



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112018014369-3 B1

(22) Data do Depósito: 13/01/2017

(45) Data de Concessão: 21/11/2023

(54) Título: INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR E MÉTODO PARA OPERAR UM INSTRUMENTO CIRÚRGICO ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR

(51) Int.Cl.: A61B 18/12; A61B 18/14; A61B 17/29; A61B 17/32.

(30) Prioridade Unionista: 02/05/2016 US 62/330,669; 15/01/2016 US 62/279,635; 16/12/2016 US 15/382,281.

(73) Titular(es): ETHICON LLC.

(72) Inventor(es): FREDERICK E. SHELTON IV.

(86) Pedido PCT: PCT US2017013300 de 13/01/2017

(87) Publicação PCT: WO 2017/123842 de 20/07/2017

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/07/2018

(57) Resumo: Um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular inclui um conjunto de cabo de controle com um processador acoplado a uma memória, um conjunto de eixo de acionamento operacionalmente acoplado ao conjunto de cabo de controle e removível do mesmo. O conjunto de eixo de acionamento inclui módulos de circuito e uma memória. Os programas de controle são configurados para operar os módulos de circuito. Os programas de controle incluem instruções executáveis por computador. O instrumento inclui, também, um conjunto de transdutor operacionalmente acoplado ao conjunto de cabo de controle e removível do mesmo. O conjunto de transdutor inclui uma memória e um transdutor configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas. Os programas de controle são configurados para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas. O instrumento inclui, também, um conjunto de bateria operacionalmente acoplado ao conjunto de cabo de controle e removível do mesmo. O conjunto de bateria compreende uma memória e é configurado para alimentar o instrumento cirúrgico.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
**"INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR
BATERIA MODULAR E MÉTODO PARA OPERAR UM
INSTRUMENTO CIRÚRGICO ALIMENTADO POR BATERIA
MODULAR".**

PRIORIDADE

[001] Este pedido reivindica o benefício do pedido provisório nº de série 62/279.635, depositado em 15 de janeiro de 2016 e do pedido provisório nº de série 62/330.669, depositado em 2 de maio de 2016, estando o conteúdo de cada um desses 3 pedidos provisórios aqui incorporados em sua totalidade, a título de referência.

ANTECEDENTES

[002] A presente invenção refere-se, de modo geral, a instrumentos cirúrgicos e técnicas cirúrgicas associadas. Mais particularmente, a presente invenção está relacionada a sistemas ultrassônicos e eletrocirúrgicos que permitem que cirurgiões realizem cortes e coagulação e adaptem e personalizem tais procedimentos com base no tipo de tecido sendo tratado.

[003] Instrumentos cirúrgicos ultrassônicos estão encontrando aplicações cada vez mais amplamente disseminadas em procedimentos cirúrgicos em virtude das características de desempenho únicas desses instrumentos. Dependendo das configurações específicas do instrumento e dos parâmetros operacionais específicos, os instrumentos cirúrgicos ultrassônicos podem substancialmente fornecer simultaneamente ou quase simultaneamente o corte e a hemostasia por coagulação, minimizando, desejavelmente, o trauma ao paciente. A ação cortante é tipicamente realizada por um atuador de extremidade, ou ponta de lâmina, na extremidade distal do instrumento, que transmite energia ultrassônica ao tecido colocado em contato com o atuador de extremidade. Instrumentos ultrassônicos dessa natureza podem ser

configurados para uso cirúrgico aberto, procedimentos cirúrgicos endoscópicos ou laparoscópicos, incluindo procedimentos assistidos por robôs.

[004] Alguns instrumentos cirúrgicos utilizam energia ultrassônica par ambos, corte preciso e coagulação controlada. A energia ultrassônica corta e coagula mediante a vibração de uma lâmina em contato com tecido. Vibrando em altas frequências (por exemplo, 55.500 vezes por segundo), a lâmina ultrassônica desnatura a proteína presente nos tecidos para formar um coágulo pegajoso. A pressão exercida sobre o tecido pela superfície da lâmina achata os vasos sanguíneos e permite que o coágulo forme um selo hemostático. A precisão do corte e da coagulação é controlada pela técnica do cirurgião e através do ajuste do nível de energia, do gume da lâmina, da tração do tecido e da pressão da lâmina.

[005] Os instrumentos eletrocirúrgicos para aplicação de energia elétrica a tecidos de modo a tratar e/ou destruir os ditos tecidos estão também encontrando aplicações cada vez mais amplamente disseminadas em procedimentos cirúrgicos. Um instrumento eletrocirúrgico tipicamente inclui uma empunhadura e um instrumento tendo um atuador de extremidade distalmente montado (por exemplo, um ou mais eletrodos). O atuador de extremidade pode ser posicionado contra o tecido, de modo que a corrente elétrica seja introduzida no tecido. Os instrumentos eletrocirúrgicos podem ser configurados para funcionamento bipolar ou monopolar. Durante o funcionamento bipolar, a corrente é introduzida no tecido e retornada a partir do mesmo pelos eletrodos ativos e de retorno, respectivamente, do atuador de extremidade. Durante o funcionamento monopolar, uma corrente é introduzida no tecido por um eletrodo ativo do atuador de extremidade e retornada através de um eletrodo de retorno (por exemplo, uma placa de aterramento) separadamente situada no corpo do paciente. O calor

gerado pela corrente que flui através do tecido pode formar selagens hemostáticas no interior do tecido e/ou entre tecidos e, dessa forma, pode ser particularmente útil para cauterização de vasos sanguíneos, por exemplo. O atuador de extremidade de um instrumento eletrocirúrgico pode incluir, também, um membro de corte que é móvel em relação ao tecido e aos eletrodos, para fazer a transeção do tecido.

[006] A energia elétrica aplicada por um instrumento eletrocirúrgico pode ser transmitida ao instrumento por um gerador em comunicação com a empunhadura. A energia elétrica pode estar sob a forma de energia de radiofrequência ("RF"). A energia de RF é uma forma de energia elétrica que pode estar na faixa de frequências de 200 quilohertz (kHz) a 1 megahertz (MHz). Em aplicação, um instrumento eletrocirúrgico pode transmitir energia de RF em baixa frequência através do tecido, o que causa atrito, ou agitação iônica, ou seja, aquecimento resistivo, o que, portanto, aumenta a temperatura do tecido. Devido ao fato de que um limite preciso é criado entre o tecido afetado e o tecido circundante, os cirurgiões podem operar com um alto nível de precisão e controle, sem sacrificar o tecido adjacente não alvo. As baixas temperaturas de operação da energia de RF são úteis para remoção, encolhimento ou escultura de tecidos moles enquanto, simultaneamente, cauterizam-se os vasos sanguíneos. A energia de RF funciona particularmente bem no tecido conjuntivo, que compreende principalmente colágeno e encolhe quando entra em contato com calor.

[007] A energia de RF pode estar em uma faixa de frequências descrita no documento EN 60601-2-2:2009+A11:2011, Definição 201.3.218 – "HIGH FREQUENCY". Por exemplo, a frequência em aplicações de RF monopolar pode ser tipicamente restrita a menos do que 5 MHz. Entretanto, em aplicações de RF bipolar, a frequência pode ser quase qualquer uma. Frequências acima de 200 kHz podem ser tipicamente usadas para aplicações monopolares a fim de evitar o

estímulo indesejado dos nervos e músculos, o que resultaria do uso de uma corrente de frequência baixa. Frequências inferiores podem ser usadas para aplicações bipolares se a análise de risco mostrar que a possibilidade de estímulo neuromuscular foi mitigada até um nível aceitável. Normalmente, frequências acima de 5 MHz não são usadas, a fim de minimizar problemas associados correntes de dispersão de alta frequência. Frequências mais altas podem, entretanto, ser usadas no caso de aplicações bipolares. É geralmente aceito que 10 mA é o limiar inferior dos efeitos térmicos em tecido.

[008] Um desafio de usar esses dispositivos médicos é a incapacidade de controlar e personalizar totalmente as funções dos instrumentos cirúrgicos. Seria desejável fornecer um instrumento cirúrgico que supere algumas das deficiências dos instrumentos atuais.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[009] Em um aspecto, a presente invenção apresenta um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular. O instrumento cirúrgico compreende um conjunto de manípulo de controle que compreende um processador acoplado a um primeiro dispositivo de memória, um conjunto de eixo de acionamento que tem uma extremidade proximal acoplada operacionalmente ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de eixo de acionamento compreende uma pluralidade de módulos de circuito e um segundo dispositivo de memória. A pluralidade de programas de controle é configurada para operar a pluralidade de módulos de circuito. Cada um dentre a pluralidade de programas de controle compreende instruções executáveis por computador. O instrumento cirúrgico compreende, também, um conjunto de transdutor operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de transdutor compreende um terceiro dispositivos de memória e um

transdutor que é configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas. A pluralidade de programas de controle é configurada para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas. O instrumento cirúrgico compreende, também, um conjunto de bateria operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de bateria compreende um quarto dispositivos de memória e o conjunto de bateria é configurado para alimentar o instrumento cirúrgico modular.

[0010] Em um outro aspecto, a presente invenção fornece um método para operar um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular. O instrumento cirúrgico compreende um conjunto de manípulo de controle que compreende um processador acoplado a um primeiro dispositivo de memória, um conjunto de eixo de acionamento que tem uma extremidade proximal acoplada operacionalmente ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de eixo de acionamento compreende uma pluralidade de módulos de circuito e um segundo dispositivo de memória. A pluralidade de programas de controle é configurada para operar a pluralidade de módulos de circuito. Cada um dentre a pluralidade de programas de controle compreende instruções executáveis por computador. O instrumento compreende, também, um conjunto de transdutor operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de transdutor compreende um terceiro dispositivos de memória e um transdutor que é configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas. O ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle é configurado para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas. O instrumento cirúrgico compreende, também, um conjunto de bateria operacionalmente

acoplado ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de bateria compreende um quarto dispositivos de memória e o conjunto de bateria é configurado para alimentar o instrumento cirúrgico modular. O método compreende identificar, por meio do processador, a pluralidade de programas de controle; selecionar, por meio do processador, ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle; e executar, por meio do processador, ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle.

[0011] Em um outro aspecto, a presente invenção fornece um método para operar um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular. O instrumento cirúrgico compreende um conjunto de manípulo de controle que compreende um processador acoplado a um primeiro dispositivo de memória e conjunto de eixo de acionamento separado do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de eixo de acionamento compreende uma pluralidade de módulos de circuito e um segundo dispositivo de memória. A pluralidade de programas de controle é configurada para operar a pluralidade de módulos de circuito. A pluralidade de programas de controle é armazenada no primeiro dispositivo de memória. Cada um dentre a pluralidade de programas de controle compreende instruções executáveis por computador. O instrumento cirúrgico também compreende um conjunto de transdutor separado do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de transdutor compreende um terceiro dispositivos de memória e um transdutor que é configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas. Ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle é configurado para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas. O instrumento cirúrgico também compreende um conjunto de bateria separado do conjunto de manípulo de controle. O conjunto de bateria compreende um quarto dispositivos de memória e o

conjunto de bateria é configurado para alimentar o instrumento cirúrgico modular. O método compreende fixar, através de um usuário do instrumento cirúrgico, uma extremidade proximal do conjunto de eixo de acionamento ao conjunto de manípulo de controle para acoplar operacionalmente o conjunto de eixo de acionamento ao conjunto de manípulo de controle; fixar, por meio do usuário do instrumento cirúrgico, o conjunto de transdutor a uma extremidade distal do conjunto de eixo de acionamento para acoplar operacionalmente o conjunto de transdutor ao conjunto de manípulo de controle; fixar, por meio do usuário do instrumento cirúrgico, o conjunto de bateria ao conjunto de manípulo de controle para acoplar operacionalmente o conjunto de bateria ao conjunto de manípulo de controle; selecionar, por meio do processador, ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle com base em uma tabela de consulta executar, por meio do processador, o ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle.

[0012] Em adição ao supracitado, vários outros aspectos de método e/ou sistema e/ou produto de programa são apresentados e descritos nas instruções, como em texto (por exemplo, concretizações e/ou descrição detalhada) e/ou desenhos da presente invenção.

[0013] O supracitado é um sumário e, portanto, pode conter simplificações, generalizações, inclusões e/ou omissões de detalhes; conseqüentemente, os versados na técnica entenderão que o sumário é somente ilustrativo e não se destina a limitar de nenhuma maneira. Outros aspectos, características e vantagens dos dispositivos e/ou processos e/ou outros assuntos aqui descritos se tornarão evidentes nas instruções aqui apresentadas.

[0014] Em um ou mais vários aspectos, os sistemas relacionados incluem, mas sem limitação, circuitos e/ou programação para realização de aspectos de método aqui mencionados; os circuitos e/ou

programação podem ser virtualmente qualquer combinação de hardware, software e/ou firmware configurados para afetar os aspectos de método aqui mencionados dependendo das escolhas de design do designer de sistemas. Em adição ao supracitado, vários outros aspectos de método e/ou sistema são apresentados e descritos nas instruções, como em texto (por exemplo, nas concretizações e/ou na descrição detalhada) e/ou desenhos da presente invenção.

[0015] Além disso, deve-se entender que um ou mais dentre as formas, as expressões de formas e os exemplos descritos a seguir podem ser combinados com qualquer um ou mais dentre as outras formas, as outras expressões de formas e os outros exemplos descritos a seguir.

[0016] O sumário supracitado é somente ilustrativo e não se destina a ser limitador de qualquer maneira. Em adição aos aspectos e recursos ilustrativos descritos acima, aspectos e recursos adicionais se tornarão evidentes através de referência aos desenhos e à descrição detalhada a seguir.

FIGURAS

[0017] As características inovadoras dos vários aspectos aqui descritos são apresentadas com particularidade nas concretizações em anexo. Vários aspectos, entretanto, tanto com relação à organização quanto aos métodos de operação podem ser melhor compreendidos por referência à descrição a seguir, tomada em conjunto com os desenhos em anexo da seguinte forma:

[0018] A Figura 1 é um diagrama de um instrumento cirúrgico ultrassônico manual alimentado por bateria modular, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0019] A Figura 2 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico mostrado na Figura 1, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0020] A Figura 3 é uma vista explodida de um conjunto de eixo de

acionamento modular do instrumento cirúrgico mostrado na Figura 1, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0021] A Figura 4 é uma vista transparente em perspectiva do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico do instrumento cirúrgico mostrado na Figura 1, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0022] A Figura 5 é uma vista de extremidade do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0023] A Figura 6 é uma vista em perspectiva do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico com a porção de invólucro de topo removida para expor o gerador ultrassônico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0024] A Figura 7 é uma vista em seção do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0025] A Figura 8 é uma vista em elevação de um conjunto de transdutor/gerador ultrassônico que é configurado para operar em frequência de ressonância de 31 kHz, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0026] A Figura 9 é uma vista em elevação de um conjunto de transdutor/gerador ultrassônico que é configurado para operar em uma frequência de ressonância de 55 kHz, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0027] As Figuras 10A e 10B ilustram um conjunto de mudança que seletivamente gira o guia de ondas de transmissão ultrassônica em relação ao transdutor ultrassônico e os força um em direção ao outro, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0028] A Figura 11 é um diagrama esquemático de um aspecto de um circuito de acionamento ultrassônico mostrado na Figura 4, adequado para acionar um transdutor ultrassônico, de acordo com um

aspecto da presente invenção.

[0029] A Figura 12 é um diagrama esquemático do transformador acoplado ao circuito de acionamento ultrassônico mostrado na Figura 11, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0030] A Figura 13 é um diagrama esquemático do transformador mostrado na Figura 12 acoplado a um circuito de teste, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0031] A Figura 14 é um diagrama esquemático de um circuito de controle, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0032] A Figura 15 mostra um diagrama de circuito de bloco simplificado que ilustra um outro circuito elétrico contido no interior de um instrumento cirúrgico ultrassônico modular, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0033] A Figura 16 mostra um conjunto de bateria para uso com o instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0034] A Figura 17 mostra um conjunto de bateria descartável para uso com o instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0035] A Figura 18 mostra um conjunto de bateria reutilizável para uso com o instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0036] A Figura 19 é uma vista em perspectiva elevada de um conjunto de bateria com ambas as metades do compartimento de proteção removidas, expondo as células de bateria acopladas a múltiplas placas de circuito que são acopladas ao terminal de bateria de múltiplos condutores, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0037] A Figura 20 ilustra um circuito de teste de bateria, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0038] A Figura 21 ilustra um circuito de fonte de alimentação suplementar para manter uma tensão de saída mínima, de acordo com

um aspecto da presente invenção.

[0039] A Figura 22 ilustra um circuito de fonte de alimentação chaveado para fornecer energia ao instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0040] A Figura 23 ilustra uma versão isolada do regulador de chaveamento mostrado na Figura 22 para fornecer energia ao instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0041] A Figura 24 ilustra um circuito linear de fonte de alimentação para fornecer energia ao instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0042] A Figura 25 é uma vista explodida em elevação do instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular que mostra a metade esquerda do compartimento removida de um conjunto de manípulo que expõe um identificador de dispositivo acoplado de forma comunicativa ao conjunto de terminal de manípulo de múltiplos condutores, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0043] A Figura 26 é uma vista em detalhe de uma porção de gatilho e chave do instrumento cirúrgico ultrassônico mostrado na Figura 25, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0044] A Figura 27 é uma vista em perspectiva ampliada fragmentada de um atuador de extremidade a partir de uma extremidade distal com um membro de garra em uma posição aberta, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0045] A Figura 28 ilustra um conjunto de eixo de acionamento modular e porções de atuador de extremidade do instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0046] A Figura 29 é uma vista em detalhe de um conjunto interno de tubo/mola, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0047] A Figura 30 ilustra um instrumento ultrassônico/eletrocirúrgico manual modular combinado alimentado por

bateria, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0048] A Figura 31 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico mostrado na Figura 30, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0049] A Figura 32 é uma vista em perspectiva parcial de um instrumento cirúrgico ultrassônico/de RF manual modular combinado alimentado por bateria, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0050] A Figura 33 ilustra uma porção de bocal dos instrumentos cirúrgicos descritos em conexão com as Figuras 30 a 32, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0051] A Figura 34 é um diagrama esquemático de um aspecto de um circuito de acionamento configurado para acionar uma corrente de alta frequência (RF), de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0052] A Figura 35 é um diagrama esquemático do transformador acoplado ao circuito de acionamento de RF mostrado na Figura 34, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0053] A Figura 36 é um diagrama esquemático de um circuito que compreende fontes de alimentação separadas para circuitos de acionamento/energia de alta potência e circuitos de baixa potência, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0054] A Figura 37 ilustra um circuito de controle que possibilita que um sistema gerador duplo alterne entre as modalidades de energia do gerador de RF e do gerador ultrassônico para o instrumento cirúrgico mostrado nas Figuras 30 e 31.

[0055] A Figura 38 é uma vista em corte de um atuador de extremidade, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0056] A Figura 39 é uma vista em corte de um atuador de extremidade, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0057] A Figura 40 é uma vista lateral em seção longitudinal parcial

que mostra uma seção de garra distal em um estado fechado, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0058] A Figura 41 é uma vista lateral em seção longitudinal parcial que mostra a seção de garra distal em um estado aberto, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0059] A Figura 42 é uma vista lateral em seção longitudinal parcial que mostra um membro de garra, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0060] A Figura 43 é uma vista em seção transversal que mostra a seção de garra distal em um estado normal, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0061] A Figura 44 é uma vista em seção transversal que mostra a seção de garra distal em um estado de uso, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0062] A Figura 45 ilustra um instrumento eletrocirúrgico manual alimentado por bateria modular com articulação distal, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0063] A Figura 46 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico mostrado na Figura 45, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0064] A Figura 47 é uma vista em perspectiva do instrumento cirúrgico mostrado nas Figuras 45 e 46 com uma tela situada no conjunto de manípulo, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0065] A Figura 48 é uma vista em perspectiva do instrumento mostrado nas Figuras 45 e 46 sem uma tela situada no conjunto de manípulo, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0066] A Figura 49 é um conjunto de motor que pode ser utilizado com o instrumento cirúrgico para acionar a faca, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0067] A Figura 50 é um diagrama de um circuito de acionamento

de motor, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0068] A Figura 51 ilustra um mecanismo de acionamento giratório para acionar a rotação da cabeça distal, a articulação e o sistema de fechamento por garra, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0069] A Figura 52 é uma vista em perspectiva esquerda ampliada de um conjunto de atuador de extremidade com os membros de garra mostrados em uma configuração aberta, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0070] A Figura 53 é uma vista lateral direita ampliada do conjunto de atuador de extremidade da Figura 52, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0071] A Figura 54 ilustra um instrumento eletrocirúrgico manual alimentado por bateria modular com articulação distal, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0072] A Figura 55 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico mostrado na Figura 54, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0073] A Figura 56 é uma vista em detalhe de área ampliada de uma seção da articulação ilustrada na Figura 54, incluindo conexões elétricas, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0074] A Figura 57 é uma vista em seção em detalhe de área ampliada da articulação ilustrada na Figura 56, incluindo conexões elétricas, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0075] A Figura 58 ilustra uma vista em perspectiva de componentes do conjunto de eixo de acionamento, do atuador de extremidade e do membro de corte do instrumento cirúrgico da Figura 54, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0076] A Figura 59 ilustra a seção de articulação em um segundo estágio de articulação, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0077] A Figura 60 inclui uma vista em perspectiva do atuador de extremidade do dispositivo das Figuras 54 a 59 em uma configuração aberta, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0078] A Figura 61 ilustra uma vista de extremidade em seção transversal do atuador de extremidade da Figura 60, em uma configuração fechada e com a lâmina em uma posição distal de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0079] A Figura 62 ilustra os componentes de um circuito de controle do instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0080] A Figura 63 é um diagrama de sistema de um circuito segmentado que compreende uma pluralidade de segmentos de circuito operados independentemente, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0081] A Figura 63 é um diagrama de uma forma de um circuito de síntese direta digital.

[0082] A Figura 64 ilustra um diagrama de um aspecto de um instrumento cirúrgico compreendendo um sistema de retroinformação para uso com qualquer um dos instrumentos cirúrgicos aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 61, que podem incluir ou implementar muitos dos recursos aqui descritos.

[0083] A Figura 65 ilustra um aspecto de uma arquitetura fundamental para um circuito de síntese digital como um circuito de síntese direta digital (DDS) configurado para gerar uma pluralidade de formas de onda para a forma de onda de sinal elétrico para uso em quaisquer dos instrumentos cirúrgicos aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 61, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0084] A Figura 66 ilustra um aspecto de circuito de síntese direta digital (DDS) configurado para gerar uma pluralidade de formas de onda para a forma de onda de sinal elétrico para uso em qualquer um dentro

os instrumentos cirúrgicos aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 61, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0085] A Figura 67 ilustra um ciclo de uma forma de onda de sinal elétrico digital de tempo isolado, de acordo com um aspecto da presente invenção, de uma forma de onda analógica (mostrada sobreposta sobre uma forma de onda de sinal elétrico digital de tempo isolado para propósitos de comparação), de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0086] A Figura 68A ilustra um circuito compreendendo um controlador compreendendo um ou mais processadores acoplados a ao menos um circuito de memória para uso em qualquer um dentre os instrumentos cirúrgicos aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 61, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0087] A Figura 68B ilustra um circuito compreendendo uma máquina de estado finito compreendendo um circuito lógico combinacional configurado para implementar quaisquer dos algoritmos, processos ou técnicas aqui descritos, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0088] A Figura 68C ilustra um circuito compreendendo uma máquina de estado finito compreendendo um circuito lógico sequencial configurado para implementar quaisquer dos algoritmos, processos ou técnicas aqui descritos, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0089] A Figura 69 é um diagrama de circuito de vários componentes de um instrumento cirúrgico com funções de controle de motor, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0090] A Figura 70 ilustra um conjunto de manípulo com um painel de serviço removível removido para mostrar os componentes internos do conjunto de manípulo, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0091] A Figura 71 é um diagrama esquemático do sistema que ilustra os componentes de um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular, como os instrumentos cirúrgicos modulares operados por bateria aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 70, de acordo com vários aspectos da presente invenção.

[0092] A Figura 72 descreve uma distribuição de pluralidades de programas de controle de acordo com um aspecto da presente invenção em que o dispositivo de memória do conjunto de manípulo de controle armazena uma pluralidade de programas de controle que compreendem programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral do instrumento cirúrgico modular, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0093] A Figura 73 descreve uma distribuição de pluralidades de programas de controle de acordo com um aspecto da presente invenção em que o dispositivo de memória do conjunto de bateria armazena uma pluralidade de programas de controle que compreendem programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral do instrumento cirúrgico modular, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0094] A Figura 74 descreve uma distribuição de pluralidades de programas de controle de acordo com um aspecto da presente invenção em que o dispositivo de memória armazena uma pluralidade de programas de controle que compreendem programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral do instrumento cirúrgico modular, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0095] A Figura 75 é um diagrama lógico de um processo para controlar a operação de um instrumento cirúrgico modular operado por conjunto de bateria com uma pluralidade de programas de controle, de acordo com um aspecto da presente invenção.

[0096] A Figura 76 é um diagrama lógico de um processo para

controlar a operação de um instrumento cirúrgico modular operado por conjunto de bateria com uma pluralidade de programas de controle, de acordo com um aspecto da presente invenção.

DESCRIÇÃO

[0097] Este pedido está relacionado aos seguintes pedidos de patente de propriedade comum depositados simultaneamente com o mesmo, o conteúdo de cada um dos quais está aqui incorporado a título de referência em sua totalidade:

[0098] N° do documento do procurador END7911USNP/160006, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR E MÉTODOS PARA OS MESMOS, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[0099] N° do documento do procurador END7911USNP1/160006-1, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM APLICAÇÃO SELETIVA DE ENERGIA COM BASE NA CARACTERIZAÇÃO DE TECIDO, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00100] N° do documento do procurador END7911USNP2/160006-2, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM APLICAÇÃO SELETIVA DE ENERGIA COM BASE NA CARACTERIZAÇÃO DE TECIDO, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al.

[00101] No. do documento do procurador END7911USNP3/160006-3, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM LIMITES VARIÁVEIS DE CONTROLE DE MOTOR, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00102] N° do documento do procurador END7911USNP4/160006-4, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR

BATERIA MODULAR COM PERFIL DE LIMITE DE CONTROLE DE MOTOR, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00103] N° do documento do procurador END7911USNP5/160006-5, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM LIMITES DE CONTROLE DE MOTOR COM BASE NA CARACTERIZAÇÃO DE TECIDO, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00104] N° do documento do procurador END7911USNP6/160006-6, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM MOTOR MULTIFUNCIONAL POR MEIO DE CONJUNTO DE ENGENHARIA DE MUDANÇA, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00105] N° do documento do procurador END7911USNP8/160006-8, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00106] N° do documento do procurador END7911USNP9/160006-9, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM BATERIA RESISTENTE À QUEDA DE TENSÃO, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00107] N° do documento do procurador END7911USNP10/160006-10, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM CIRCUITOS GERADORES DE MÚLTIPLOS ESTÁGIOS, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00108] N° do documento do procurador END7911USNP11/160006-11, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO

POR BATERIA MODULAR COM MÚLTIPLOS SENSORES MAGNÉTICOS DE POSIÇÃO, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00109] N° do documento do procurador END7911USNP12/160006-12, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR CONTENDO EIXO DE ACIONAMENTO ALONGADO EM MÚLTIPLAS CAMADAS, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00110] N° do documento do procurador END7911USNP13/160006-13, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR ACIONADO POR MOTOR, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00111] N° do documento do procurador END7911USNP14/160006-14, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM CHAVES DE CONTROLE DE AUTODIAGNÓSTICO PARA CONJUNTO DE MANÍPULO REUTILIZÁVEL, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00112] N° do documento do procurador END7911USNP15/160006-15, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM COMPARTIMENTO DO CABO ASSIMÉTRICO REUTILIZÁVEL, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00113] N° do documento do procurador END7911USNP16/160006-16, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO MANUAL ALIMENTADO POR BATERIA MODULAR COM ATUADORES DE EXTREMIDADE CURVADOS TENDO ENCAIXE ASSIMÉTRICO ENTRE A GARRA E A LÂMINA, pelos inventores Frederick E. Shelton, IV, et al., depositado em 16 de dezembro de 2016.

[00114] Na descrição detalhada a seguir, é feita referência aos

desenhos em anexo que formam uma parte da presente invenção. Nos desenhos, caracteres de referência e símbolos similares geralmente identificam componentes similares por todas as várias vistas, a menos que contexto indique o contrário. Os aspectos ilustrativos da invenção descritos na descrição detalhada, desenhos e concretizações não pretendem ser limitadores. Outros aspectos podem ser utilizados, e outras alterações podem ser feitas, sem que se afaste do escopo do assunto aqui apresentado.

[00115] Antes de explicar os vários aspectos da presente invenção em detalhes, deve-se observar que os vários aspectos revelados aqui não estão limitados, em termos de suas aplicações ou usos, aos detalhes de construção e disposição de partes ilustradas nos desenhos e na descrição em anexo. Ao invés disso, os aspectos revelados podem ser posicionados ou incorporados a outros aspectos, variações e modificações, e podem ser praticados ou executados de várias formas. Consequentemente, os aspectos aqui revelados são de natureza ilustrativa e não se destinam a limitar o escopo ou a aplicação dos mesmos. Além disso, exceto onde indicado em contrário, os termos e expressões empregadas na presente invenção foram escolhidos com o propósito de descrever os aspectos para a conveniência do leitor e não para limitar o escopo da mesma. Além disso, deve-se compreender que qualquer um ou mais dos aspectos, expressões de aspectos e/ou exemplos dos mesmos revelados, podem ser combinados com qualquer um ou mais dentre os outros aspectos, expressões de aspectos e/ou exemplos dos mesmos revelados, mas não se limitando a eles.

[00116] Além disso, na seguinte descrição, deve-se entender que os termos como frontal, posterior, dentro, fora, superior, inferior e similares são palavras de conveniência e não devem ser consideradas como termos limitadores. A terminologia usada na presente invenção não se destina a ser limitante, à medida que dispositivos descritos aqui, ou

porções dos mesmos, podem ser fixados ou utilizados em outras orientações. Vários aspectos serão descritos em mais detalhes com referência aos desenhos.

[00117] Em vários aspectos, a presente invenção é direcionada a um instrumento cirúrgico de energia mista que utiliza modalidades de energia ultrassônica e de RF. O instrumento cirúrgico de energia mista pode empregar eixos de acionamento modulares que desempenham funções existentes de atuador de extremidade, por exemplo, as funções ultrassônicas reveladas na patente US nº 9.107.690, que está aqui incorporada integralmente a título de referência, as funções de dispositivo combinadas reveladas nas patentes US nºs 8.696.666 e 8.663.223, que são ambas aqui incorporadas integralmente a título de referência, as funções de eletrodo de RF oposto reveladas nas patentes US nºs 9.028.478 e 9.113.907, que são ambas aqui incorporadas integralmente a título de referência, e as funções de eletrodo de compensação de RF de lâmina em I conforme reveladas na publicação de pedido de patente US nº nº 2013/0023868, que está aqui incorporado integralmente a título de referência.

[00118] Em vários aspectos, a presente invenção se refere a um instrumento cirúrgico ultrassônico manual alimentado por bateria modular compreendendo um primeiro gerador, um segundo gerador e um circuito de controle para controlar a modalidade de energia aplicada pelo instrumento cirúrgico. O instrumento cirúrgico é configurado para aplicar ao menos uma modalidade de energia que compreende uma modalidade de energia ultrassônica, uma modalidade de energia de radiofrequência (RF) ou modalidades combinadas de energia ultrassônica e de RF.

[00119] Em um outro aspecto, a presente invenção se refere a um instrumento cirúrgico manual alimentado por bateria modular que pode ser configurado para modalidade de energia ultrassônica, modalidade

de RF ou modalidades combinadas de energia ultrassônica e de RF. Um instrumento cirúrgico de energia mista utiliza ambas as modalidades de energia ultrassônica e de RF. O instrumento cirúrgico de energia mista pode utilizar eixos de acionamento modulares que desempenham funções de atuador de extremidade. A modalidade de energia pode ser selecionável com base em uma medida do tecido específico medido e nos parâmetros de dispositivo, como, por exemplo, impedância elétrica, impedância de tecido, corrente elétrica do motor, vão da garra, espessura do tecido, compressão do tecido, tipo de tecido, temperatura, entre outros parâmetros, ou uma combinação dos mesmos, para determinar um algoritmo de modalidade de energia adequado para empregar vibração ultrassônica e/ou corrente eletrocirúrgica de alta frequência para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação/corte no tecido vivo com base nos parâmetros de tecido medidos identificados pelo instrumento cirúrgico. Uma vez que os parâmetros de tecido tenham sido identificados, o instrumento cirúrgico pode ser configurado para controlar a energia de tratamento aplicada ao tecido em uma configuração de eletrodo de RF simples ou segmentada ou em um dispositivo ultrassônico, através da medição de parâmetros específicos de tecido/dispositivo. Os algoritmos de tratamento de tecido são descritos no pedido de patente US n°. 15/177.430, de propriedade comum, intitulado INSTRUMENTO CIRÚRGICO COM TÉCNICAS ADAPTÁVEIS AO USUÁRIO, que está aqui integralmente incorporado a título de referência.

[00120] Em um outro aspecto, a presente invenção se refere a um instrumento cirúrgico manual alimentado por bateria modular tendo um motor e um controlador, em que o primeiro limiar limitador é utilizado no motor com a finalidade de fixar um conjunto modular e um segundo limiar é utilizado no motor e está associado a uma segunda etapa do conjunto ou funcionalidade do instrumento cirúrgico. O instrumento

cirúrgico pode compreender um mecanismo de atuação pelo acionamento do motor utilizando o controle da velocidade ou torque do motor através da medição da corrente do motor ou dos parâmetros relacionados à corrente do motor, em que o controle de motor é ajustado por meio de um limiar não linear para iniciar os ajustes do motor em diferentes magnitudes com base na posição, inércia, velocidade, aceleração, ou uma combinação das mesmas. O acionamento pela atuação do motor de um mecanismo móvel e um controlador de motor podem ser empregados para controlar a velocidade ou torque do motor. Um sensor associado às propriedades físicas do mecanismo móvel fornece retroinformação ao controlador de motor. Em um aspecto, o sensor é empregado para ajustar um limiar predefinido que inicia uma alteração na operação do controlador de motor. Um motor pode ser utilizado para acionar as funções do eixo de acionamento, por exemplo, a rotação do eixo de acionamento e o fechamento da garra e chaveamento do dito motor para fornecer também uma fixação limitada pelo torque do guia de ondas a um transdutor. Um algoritmo de controle de motor pode ser utilizado para gerar retroinformação tátil para um usuário através de um trem de acionamento por motor para indicação do estado do dispositivo e/ou dos limites da atuação alimentada por energia. Um instrumento cirúrgico à base de energia avançado modular equipado com motor pode compreender uma série de programas ou algoritmos de controle para operar uma série de diferentes módulos de eixo de acionamento e transdutores. Em um aspecto, os programas ou algoritmos residem em um módulo e são carregados para um cabo de controle quando fixado. O instrumento cirúrgico manual alimentado por bateria modular acionado por motor pode compreender um acionamento giratório primário que pode ser acoplável de maneira selecionável a ao menos duas funções de atuação independentes (primeira, segunda, ambas, nenhuma) e utilizar um mecanismo de

embreagem situado em um tubo alongado modular distal.

[00121] Em um outro aspecto, a presente invenção se refere a um instrumento cirúrgico manual alimentado por bateria modular compreendendo circuitos de conservação de energia e técnicas que utilizam desenergização do modo de repouso de um circuito segmentado com cortes curtos para minimizar a drenagem de energia não utilizada e diferenciar a ordem de sequência de despertar da ordem de uma sequência de repouso. Uma bateria de célula primária descartável pode ser utilizada com um instrumento cirúrgico manual alimentado por bateria modular. A célula primária descartável pode compreender circuitos de gestão de energia para compensar uma tensão de saída da bateria com tensão adicional a fim de compensar as quedas de tensão da carga e para impedir que uma tensão de saída da bateria caia abaixo de um nível predeterminado durante a operação sob carga. O circuito do instrumento cirúrgico compreende componentes tolerantes à radiação e a amplificação de sinais elétricos pode ser dividida em múltiplos estágios. Um invólucro de transdutor ultrassônico ou invólucro de RF pode conter o estágio de amplificação final e pode compreender diferentes razões dependendo de uma modalidade de energia associada ao transdutor ultrassônico ou módulo de RF.

[00122] Em um outro aspecto, a presente invenção se refere a um instrumento cirúrgico manual alimentado por bateria modular compreendendo múltiplos sensores magnéticos de posição ao longo de um comprimento de um eixo de acionamento e pareados em diferentes configurações para permitir que múltiplos sensores detectem o mesmo magneto a fim de determinar a posição tridimensional dos componentes de atuação do eixo de acionamento a partir de um plano de referência estacionário e simultaneamente diagnosticar qualquer erro de fontes externas. O circuito eletrônico de controle e detecção pode ser incorporado no eixo de acionamento. Uma porção do circuito eletrônico

de controle do eixo de acionamento pode estar disposta ao longo do interior dos componentes móveis do eixo de acionamento e é separada do outro circuito eletrônico de controle do eixo de acionamento que está disposto ao longo do exterior dos componentes móveis do eixo de acionamento. O circuito eletrônico de controle e detecção pode estar situado e ser projetado, de modo que atuem como uma selagem do eixo de acionamento no dispositivo.

[00123] Em um outro aspecto, a presente invenção é direcionada a um instrumento cirúrgico manual alimentado por bateria modular compreendendo chaves de controle de autodiagnóstico no interior de um cabo reutilizável alimentado por bateria modular. As chaves de controle são capazes de ajustar seus limiares para disparar um evento, bem como poder indicar as influências externas sobre os controles ou prever o tempo até a substituição necessária. O compartimento de manípulo reutilizável é configurado para uso com eixos de acionamento modulares descartáveis e ao menos um chicote de controle e fiação. O cabo é configurado para se separar assimetricamente quando aberto, de modo que as chaves, o chicote de fiação e/ou os componentes eletrônicos de controle possam ser abrigados de forma apoiada em um lado, de maneira que o outro lado seja fixado de maneira removível para cobrir o compartimento primário.

[00124] A Figura 1 é um diagrama de um instrumento cirúrgico ultrassônico manual alimentado por bateria modular 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura 2 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico 100 mostrado na Figura 1, de acordo com um aspecto da presente invenção. Com referência agora às Figuras 1 e 2, o instrumento cirúrgico 100 compreende um conjunto de manípulo 102, um conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104, um conjunto de bateria 106, um conjunto de eixo de acionamento 110 e um atuador de extremidade 112. O conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104, o

conjunto de bateria 106 e o conjunto de eixo de acionamento 110 são componentes modulares que são conectáveis de maneira removível ao conjunto de manípulo 102. O conjunto de manípulo 102 compreende um conjunto de motor 160. Além disso, alguns aspectos do instrumento cirúrgico 100 incluem conjuntos de bateria 106 que contêm o gerador ultrassônico e os circuitos de controle do motor. O conjunto de bateria 106 inclui uma função de gerador de primeiro estágio com um estágio final existente como parte do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 para acionar transdutores ultrassônicos de 55 kHz e 33,1 kHz. Um gerador de estágio final diferente para uso intercambiável com o conjunto de bateria 106, componentes de gerador comuns e circuitos segmentados possibilitam que o conjunto de bateria 106 alimentem as seções dos circuitos de acionamento de maneira controlada e possibilitam a verificação dos estágios do circuito antes de alimentá-los e habilitar os modos de gestão de energia. Além disso, controles de propósitos gerais podem ser fornecidos no conjunto de manípulo 102 com controles dedicados do conjunto de eixo de acionamento 110 situados nos eixos de acionamento que têm essas funções. Por exemplo, um módulo de atuador de extremidade 112 pode compreender o componente eletrônico de rotação distal, o conjunto de eixo de acionamento 110 pode compreender o controle do eixo de acionamento giratório com chaves de articulação, e o conjunto de manípulo 102 pode compreender controles de ativação de energia e o gatilho 108 do membro de garra 114 controla a fixação e a liberação do atuador de extremidade 112.

[00125] O conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 compreende um compartimento 148, uma tela 176, como uma tela de cristal líquido (LCD), por exemplo, um transdutor ultrassônico 130 e um gerador ultrassônico 162 (Figura 4). O conjunto de eixo de acionamento 110 compreende um tubo externo 144, um guia de ondas de

transmissão ultrassônica 145 e um tubo interno (não mostrado). O atuador de extremidade 112 compreende um membro de garra 114 e uma lâmina ultrassônica 116. Conforme descrito mais adiante neste documento, um motor ou outro mecanismo operado pelo gatilho 108 pode ser empregado para fechar o membro de garra 114. A lâmina ultrassônica 116 está na extremidade distal do guia de ondas de transmissão ultrassônica 145. O membro de garra 114 é giratório de forma articulada para segurar o tecido entre o membro de garra e a lâmina ultrassônica 116. O membro de garra 114 está operacionalmente acoplado a um gatilho 108, de modo que, quando o gatilho 108 é pressionado, o membro de garra 114 se fecha para prender o tecido e quando o gatilho 108 é liberado, o membro de garra 114 se abre para liberar o tecido. Em uma configuração de gatilho de um estágio, o gatilho 108 funciona para fechar o membro de garra 114 quando o gatilho 108 é pressionado e para abrir o membro de garra 114 quando o gatilho 108 é liberado. Uma vez que o membro de garra 114 é fechado, a chave 120 é ativada para energizar o gerador ultrassônico para selar e cortar o tecido. Em uma configuração de gatilho de dois estágios, durante o primeiro estágio, o gatilho 108 é pressionado em parte da trajetória para fechar o membro de garra 114 e, durante o segundo estágio, o gatilho 108 é pressionado no restante da trajetória para energizar o gerador ultrassônico para selar e cortar o tecido. O membro de garra 114a se abre mediante a liberação do gatilho 108 para liberar o tecido. Será reconhecido que, em outros aspectos, o transdutor ultrassônico 103 pode ser ativado sem o membro de garra 114 ser fechado.

[00126] O conjunto de bateria 106 está eletricamente conectado ao conjunto de manípulo 102 por um conector elétrico 132. O conjunto de manípulo 102 é dotado de uma chave 120. A lâmina ultrassônica 116 é ativada mediante a energização do circuito de transdutor/gerador ultrassônico mediante a atuação da chave 120. O conjunto de bateria

106, de acordo com um aspecto, é uma bateria recarregável e reutilizável com saída regulada. Em alguns casos, conforme explicado abaixo, o conjunto de bateria 106 facilita as funções de interface de usuário. O conjunto de manípulo 102 é uma unidade descartável que tem baias ou acoplamentos para fixação ao conjunto de bateria 106, ao conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 e ao conjunto de eixo de acionamento 110. O conjunto de manípulo 102 também abriga vários indicadores incluindo, por exemplo, um alto-falante/alarme sonoro e chaves de ativação. Em um aspecto, o conjunto de bateria é um componente separado que é inserido no compartimento do conjunto de manípulo através de uma porta ou outra abertura definida pelo compartimento do conjunto de manípulo.

[00127] O conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 é uma unidade reutilizável que produz movimento mecânico de alta frequência em uma saída distal. O conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 está mecanicamente acoplado ao conjunto de eixo de acionamento 110 e à lâmina ultrassônica 116 e, durante o funcionamento do dispositivo, produz movimento na saída distal da lâmina ultrassônica 116. Em um aspecto, o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 também fornece uma interface de usuário com recurso visual, por exemplo, através de um diodo emissor de luz (LED) vermelho/verde/azul (RGB), LCD, ou outra tela. Dessa forma, um indicador visual do estado da bateria não está exclusivamente situado na bateria e, portanto, está distante da bateria.

[00128] De acordo com vários aspectos da presente invenção, os três componentes do instrumento cirúrgico 100, por exemplo, o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104, o conjunto de bateria 106 e o conjunto de eixo de acionamento 110, são desconectáveis um do outro de forma vantajosamente rápida. Cada um dos três componentes do instrumento cirúrgico 100 é estéril e pode ser mantido integralmente em

um campo estéril durante o uso. Uma vez que os componentes do instrumento cirúrgico 100 são separáveis, o instrumento cirúrgico 100 pode ser composto por uma ou mais porções que são itens de uso único (ou seja, descartáveis) e outros que são itens de múltiplos usos (ou seja, esterilizáveis para uso em múltiplos procedimentos cirúrgicos). Aspectos dos componentes se separam como parte do instrumento cirúrgico 100. De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, os componentes do conjunto de manípulo 102, do conjunto de bateria 106 e do conjunto de eixo de acionamento 110 são equivalentes em termos de peso total; cada um dos componentes do conjunto de manípulo 102, do conjunto de bateria 106 e do conjunto de eixo de acionamento 110 é equilibrado de modo que tenham o mesmo peso ou um peso substancialmente igual. O conjunto de manípulo 102 projeta a mão do operador para apoio, possibilitando que a mão do usuário opere mais livremente os controles do instrumento cirúrgico 100 sem sustentar o peso. Essa projeção está definida de modo a ficar muito próxima do centro de gravidade. Isto, combinado com uma configuração de conjunto triangular, faz com que o instrumento cirúrgico 100 vantajosamente tenha um centro de equilíbrio que proporciona uma sensação muito natural e confortável ao usuário que opera o dispositivo. Ou seja, quando empunhado na mão do usuário, o instrumento cirúrgico 100 não tende a se inclinar para frente ou para trás ou lateralmente, mas se mantém relativa e dinamicamente equilibrado, de modo que o guia de ondas seja mantido paralelo ao solo com pouquíssimo esforço por parte do usuário. Evidentemente, o instrumento pode ser facilmente colocado em ângulos não paralelos ao solo.

[00129] Um botão de giro 118 está operacionalmente acoplado ao conjunto de eixo de acionamento 110. A rotação do botão de giro 118 $\pm 360^\circ$ na direção indicada pelas setas 126 faz com que um tubo externo 144 gire $\pm 360^\circ$ na respectiva direção das setas 128. Em um aspecto, o

botão de giro 118 pode ser configurado para girar o membro de garra 114 enquanto a lâmina ultrassônica 116 permanece fixa e um botão de giro do eixo de acionamento separado pode ser fornecido para girar o tubo externo 144 $\pm 360^\circ$. Em vários aspectos, a lâmina ultrassônica 116 não precisa parar a $\pm 360^\circ$ e pode girar em um ângulo de rotação que é maior que $\pm 360^\circ$. O tubo externo 144 pode ter um diâmetro D_1 na faixa de 5 mm a 10 mm, por exemplo.

[00130] A lâmina ultrassônica 116 é acoplada a uma porção do transdutor ultrassônico 130 (Figura 2) do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 por um guia de ondas de transmissão ultrassônica situado no interior do conjunto de eixo de acionamento 110. A lâmina ultrassônica 116 e o guia de ondas de transmissão ultrassônica podem ser formados como uma construção unitária a partir de um material adequado para a transmissão de energia ultrassônica. Os exemplos desses materiais incluem Ti6Al4V (uma liga de titânio que inclui alumínio e vanádio), alumínio, aço inoxidável ou outros materiais adequados. Alternativamente, a lâmina ultrassônica 116 pode ser separável (e ter composição diferente) do guia de ondas de transmissão ultrassônica, e ser acoplada, por exemplo, por um pino, solda, cola, conexão rápida ou outros métodos conhecidos adequados. O comprimento do guia de ondas de transmissão ultrassônica pode ser um número integral de metade dos comprimentos de onda ($n\lambda/2$), por exemplo. O guia de ondas de transmissão ultrassônica pode ser, de preferência, fabricado de um eixo de acionamento de núcleo sólido construído de material adequado para propagar energia ultrassônica de maneira eficiente, como a liga de titânio discutida acima (isto é, Ti6Al4V) ou qualquer liga de alumínio adequada, ou outras ligas, ou outros materiais como safira, por exemplo.

[00131] O conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 compreende também um circuito eletrônico para acionar o transdutor

ultrassônico 130. A lâmina ultrassônica 116 pode ser operada em uma faixa de frequências vibracionais adequada que pode ser de cerca de 20 Hz a 120 kHz, e uma faixa de frequências vibracionais bem adequada pode ser de cerca de 30 a 100 kHz. Uma frequência vibracional operacional adequada pode ser de aproximadamente 55,5 kHz, por exemplo. O transdutor ultrassônico 130 é energizado mediante a atuação da chave 120.

[00132] Será reconhecido que os termos "proximal" e "distal" são utilizados aqui com referência ao ato do médico de apertar o conjunto de manípulo 102. Dessa forma, a lâmina ultrassônica 116 é distal em relação ao conjunto de manípulo 102, que é mais proximal. Será reconhecido ainda que, por uma questão de conveniência e clareza, termos espaciais como "topo" e "fundo" também são utilizados na presente invenção em relação ao médico segurando o conjunto de manípulo 102. Entretanto, os instrumentos cirúrgicos são usados em muitas orientações e posições, e tais termos não se destinam a serem limitadores e absolutos.

[00133] A Figura 3 é uma vista explodida de um conjunto de eixo de acionamento modular 110 do instrumento cirúrgico 100 mostrado na Figura 1, de acordo com um aspecto da presente invenção. O instrumento cirúrgico 100 usa vibração ultrassônica para realizar um tratamento cirúrgico em tecido vivo. O conjunto de eixo de acionamento 110 se acopla ao conjunto de manípulo 102 por meio das fendas 142a, 142b formadas no conjunto de manípulo 102 e das abas 134a, 134b no conjunto de eixo de acionamento 110. O conjunto de manípulo 102 compreende um membro de acoplamento macho 136 que é recebido em um membro de acoplamento fêmea correspondente 138 no conjunto de eixo de acionamento 110. O membro de acoplamento macho 136 está operacionalmente acoplado ao gatilho 108, de modo que, quando o gatilho 108 é pressionado, o membro de acoplamento macho 136

translada distalmente para acionar um mecanismo de tubo de fechamento 140 que translada uma porção do tubo externo do conjunto de eixo de acionamento 110 para fechar o membro de garra 114. Conforme anteriormente discutido, quando o gatilho 108 é liberado, o membro de garra 114 se abre. O membro de acoplamento macho 136 também se acopla ao guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 (Figura 2) situado no interior do tubo externo 144 do conjunto de eixo de acionamento 110 e se acopla ao transdutor ultrassônico 130 (Figura 2), que é recebido no interior do bocal 146 do conjunto de manípulo 102. O conjunto de eixo de acionamento 110 está acoplado eletricamente ao conjunto de manípulo 102 por meio de contatos elétricos 137.

[00134] A Figura 4 é uma vista transparente em perspectiva do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 do instrumento cirúrgico 100 mostrado na Figura 1, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura 5 é uma vista de extremidade do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104, a Figura 6 é uma vista em perspectiva do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 com a porção de topo do compartimento removida para expor o gerador ultrassônico 162, e a Figura 7 é uma vista em corte do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104. Com referência agora às Figuras 4 a 7, o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 compreende um transdutor ultrassônico 130, um gerador ultrassônico 162 para acionar o transdutor ultrassônico 130 e um compartimento 148. Um primeiro conector elétrico 158 acopla o gerador ultrassônico 162 ao conjunto de bateria 106 (Figuras 1 e 2) e um segundo conector elétrico 161 acopla o gerador ultrassônico 162 ao bocal (Figura 3). Em um aspecto, uma tela 176 pode ser fornecida em um lado do compartimento 148 do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104.

[00135] O gerador ultrassônico 162 compreende um circuito acionador ultrassônico como o circuito elétrico 177 mostrado na Figura

11 e, em alguns aspectos, um circuito amplificador de segundo estágio 178. O circuito elétrico 177 é configurado para acionar o transdutor ultrassônico 130 e forma uma porção do circuito gerador ultrassônico. O circuito elétrico 177 compreende um transformador 166 e um capacitor de bloqueio 168, entre outros componentes. O transformador 166 está acoplado eletricamente aos elementos piezoelétricos 150a, 150b, 150c, 150d do transdutor ultrassônico 130. O circuito elétrico 177 está acoplado eletricamente ao primeiro conector elétrico 158 por meio de um primeiro cabo 179. O primeiro conector elétrico 158 está acoplado eletricamente ao conjunto de bateria 106 (Figuras 1 e 2). O circuito elétrico 177 está acoplado eletricamente ao segundo conector elétrico 160 por meio de um segundo cabo 183. O segundo conector elétrico 160 está acoplado eletricamente ao bocal 146 (Figura 3). Em um aspecto, o circuito amplificador de segundo estágio 178 pode ser empregado em um sistema de amplificação de dois estágios.

[00136] O transdutor ultrassônico 130, que é conhecido como uma "pilha de Langevin", inclui, de modo geral, uma porção de transdução que compreende os elementos piezoelétricos 150a a 150d, uma primeira porção ressonadora ou sino posterior 164, e uma segunda porção ressonadora ou sino anterior 152, bem como componentes auxiliares. A construção total desses componentes consiste em um ressonador. Há outras formas de transdutores, como transdutores magneto-restritivos, que também poderiam ser utilizados. O transdutor ultrassônico 130 é, de preferência, um número integral de metade dos comprimentos de onda do sistema ($n\lambda/2$; sendo que "n" é qualquer número inteiro positivo; por exemplo, $n=1, 2, 3\dots$) de comprimento, conforme será descrito em mais detalhes posteriormente. Um conjunto acústico inclui o sino posterior 164, o transdutor ultrassônico 130, o sino anterior 152 e um transformador de velocidade 154.

[00137] A extremidade distal do sino posterior 164 está acoplada

acusticamente à extremidade proximal do elemento piezoelétrico 150a, e a extremidade proximal do sino anterior 152 está acoplada acusticamente à extremidade distal do elemento piezoelétrico 150d. O sino anterior 152 e o sino posterior 164 têm um comprimento determinado por diversas variáveis, inclusive a espessura da porção de transdução, a densidade e o módulo de elasticidade do material utilizado para fabricar o sino posterior 164 e o sino anterior 152 e a frequência de ressonância do transdutor ultrassônico 130. O sino anterior 152 pode ser afinado para dentro, de sua extremidade proximal à sua extremidade distal, para amplificar a amplitude da vibração ultrassônica no transformador de velocidade 154 ou, alternativamente, pode não ter qualquer amplificação. Uma faixa de frequências vibracionais adequada pode ser de cerca de 20 Hz a 120 kHz, e uma faixa de frequências vibracionais bem adequada pode ser de cerca de 30 a 100 kHz. Uma frequência vibracional operacional adequada pode ser de aproximadamente 55,5 kHz, por exemplo.

[00138] O transdutor ultrassônico 130 compreende vários elementos piezoelétricos 150a a 150d acoplados acusticamente ou empilhados para formar a porção de transdução. Os elementos piezoelétricos 150a a 150d podem ser fabricados a partir de qualquer material adequado como, por exemplo, zirconato-titanato de chumbo, meta-niobato de chumbo, titanato de chumbo, titanato de bário ou outro material cerâmico piezoelétrico. Os elementos eletricamente condutivos 170a, 170b, 170c, 170d são inseridos entre os elementos piezoelétricos 150a a 150d para acoplar eletricamente o circuito elétrico 177 aos elementos piezoelétricos 150a a 150d. O elemento eletricamente condutivo 170a situado entre os elementos piezoelétricos 150a, 150b e o elemento eletricamente condutivo 170d situado entre o elemento piezoelétrico 150d e o sino anterior 152 estão acoplados eletricamente ao eletrodo positivo 174a do circuito elétrico 177. O elemento eletricamente

condutivo 170b situado entre os elementos piezoelétricos 150b, 150c e o elemento eletricamente condutivo 170c situado entre os elementos piezoelétricos 150c, 150d estão acoplados eletricamente ao eletrodo negativo 174b do circuito elétrico 177. Os eletrodos positivo e negativo 174a, 174b estão acoplados eletricamente ao circuito elétrico 177 por condutores elétricos.

[00139] O transdutor ultrassônico 130 converte o sinal elétrico de acionamento do circuito elétrico 177 em energia mecânica que resulta principalmente em uma onda acústica permanente de movimento vibratório longitudinal do transdutor ultrassônico 130 e da lâmina ultrassônica 116 (Figuras 1 e 3) em frequências ultrassônicas. Em um outro aspecto, o movimento vibratório do transdutor ultrassônico 130 pode agir em uma direção diferente. Por exemplo, o movimento vibratório pode compreender um componente longitudinal local com um movimento mais complexo da lâmina ultrassônica 116. Quando o conjunto acústico é energizado, um movimento vibratório sob a forma de uma onda estacionária é gerado através do transdutor ultrassônico 130 para a lâmina ultrassônica 116 em uma ressonância e amplitude determinadas por vários parâmetros elétricos e geométricos. A amplitude do movimento vibratório em qualquer ponto ao longo do conjunto acústico depende da localização ao longo do conjunto acústico na qual o movimento vibratório é medido. Uma passagem por valor mínimo ou zero na onda estacionária de movimento vibratório é geralmente denominada um nó (isto é, onde o movimento é mínimo), e um máximo ou pico de valor absoluto local, na onda estacionária é geralmente denominado um antinó (por exemplo, onde o movimento local é máximo). A distância entre um antinó e seu nó mais próximo é de um quarto de comprimento de onda ($\lambda/4$).

[00140] Os fios transmitem um sinal elétrico de acionamento do circuito elétrico 177 para o eletrodo positivo 170a e para o eletrodo

negativo 170b. Os elementos piezoelétricos 150a a 150d são energizados pelo sinal elétrico fornecido a partir do circuito elétrico 177 em resposta a um atuador, como a chave 120, por exemplo, para produzir uma onda acústica permanente no conjunto acústico. O sinal elétrico causa, nos elementos piezoelétricos 150a a 150d, perturbações sob a forma de pequenos deslocamentos repetidos, resultando em grandes forças de compressão e tensão alternadas no interior do material. Os pequenos deslocamentos repetidos fazem com que os elementos piezoelétricos 150a a 150d se expandam e contraíam de forma contínua ao longo do eixo do gradiente de tensão, produzindo ondas longitudinais de energia ultrassônica. A energia ultrassônica é transmitida através do conjunto acústico para a lâmina ultrassônica 116 (Figuras 1 e 3) por meio de um componente de transmissão ou um guia de ondas de transmissão ultrassônica através do conjunto de eixo de acionamento 110 (Figuras 1 a 3).

[00141] Para que o conjunto acústico distribua energia para a lâmina ultrassônica 116 (Figuras 1 e 3), os componentes do conjunto acústico são acusticamente acoplados à lâmina ultrassônica 116. Um pino de acoplamento 156 do transdutor ultrassônico 130 é acusticamente acoplado ao guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 por uma conexão rosqueada como um pino. Em um aspecto, o transdutor ultrassônico 130 pode ser acoplado acusticamente ao guia de ondas de transmissão ultrassônica 145, conforme mostrado nas Figuras 10A e 10B.

[00142] Os componentes do conjunto acústico são, de preferência, acusticamente sintonizados de modo que o comprimento de qualquer conjunto seja um número integral de metade dos comprimentos de onda ($n\lambda/2$), em que o comprimento de onda λ é o comprimento de onda de uma frequência de acionamento de vibração longitudinal pré-selecionada funcional f_d do conjunto acústico. É também contemplado

que o conjunto acústico pode incorporar qualquer disposição adequada de elementos acústicos.

[00143] A lâmina ultrassônica 116 (Figuras 1 e 3) pode ter um comprimento que é um múltiplo integral de metade dos comprimentos de onda do sistema ($n\lambda/2$). Uma extremidade distal da lâmina ultrassônica 116 pode estar disposta junto a um antinó, de modo a fornecer o curso longitudinal máximo da extremidade distal. Quando o transdutor ultrassônico 130 é energizado, a extremidade distal da lâmina ultrassônica 116 pode ser configurada para mover-se na faixa de, por exemplo, aproximadamente 10 a 500 microns de pico a pico e, de preferência, na faixa de cerca de 30 a 150 microns e, em alguns aspectos, mais próximo a 100 microns, em uma frequência vibracional predeterminada de 55 kHz, por exemplo.

[00144] A Figura 8 é uma vista em elevação de um conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 que é configurado para operar em frequência de ressonância de 31 kHz, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura 9 é uma vista em elevação de um conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104' que é configurado para operar em frequência de ressonância de 55 kHz, de acordo com um aspecto da presente invenção. Conforme pode ser visto, os conjuntos de transdutor/gerador ultrassônico 104, 104' e os compartimentos 148 têm o mesmo tamanho a fim de se encaixar no bocal 146 do instrumento cirúrgico 100 mostrado na Figura 3. No entanto, os transdutores ultrassônicos individuais 130, 130' variarão de tamanho dependendo da frequência de ressonância desejada. Por exemplo, o transdutor ultrassônico 130 mostrado na Figura 8 é sintonizado em uma frequência de ressonância de 31 kHz e é fisicamente maior que o transdutor ultrassônico 130' mostrado na Figura 9, que é sintonizado em uma frequência de ressonância de 55 kHz. O pino de acoplamento 156, 156' do transdutor ultrassônico 130, 130' pode ser acusticamente acoplado

ao guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 por uma conexão rosqueada como um pino.

[00145] As Figuras 10A e 10B ilustram um conjunto de mudança 200 que seletivamente gira o guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 em relação ao transdutor ultrassônico 130 e os força um em direção ao outro, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura 10A ilustra o conjunto de mudança 200 com o guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 e o transdutor ultrassônico 130 em uma configuração desengatada e a Figura 10B ilustra o conjunto de mudança 200 com o guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 e o transdutor ultrassônico 130 em uma configuração engatada. Com referência agora a ambas as Figuras 10A e 10B, o conjunto de mudança 200 está situado no conjunto de manípulo 102 do instrumento cirúrgico 100. Uma ou mais luvas 204 mantêm o transdutor ultrassônico 130 no lugar no interior do compartimento 148. A extremidade distal do transdutor ultrassônico 130 inclui roscas 202 que são engatadas por uma engrenagem de rosca sem-fim 206. À medida que a engrenagem de rosca sem-fim 206 gira, o transdutor ultrassônico 130 é impulsionado na direção indicada pela seta 208 para rosquear o pino de acoplamento rosqueado 156 em uma extremidade rosqueada do guia de ondas de transmissão ultrassônica 145. A engrenagem de rosca sem-fim 206 pode ser acionada por um motor situado no interior do conjunto de manípulo 102 do instrumento cirúrgico 100.

[00146] Em um aspecto, o conjunto de mudança 200 pode incluir um acessório acionado por motor com torque limitado do guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 por meio do motor situado no conjunto de manípulo 102 que controla a atuação do travamento, rotação e articulação do eixo de acionamento. O conjunto de deslocamento 200 no conjunto de manípulo 102 aplica o torque adequado ao guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 no lugar com um torque mínimo

predeterminado. Por exemplo, o conjunto de manípulo 102 pode incluir um mecanismo de geração de torque do transdutor que alterna o motor primário longitudinalmente desacoplando a roda dentada do eixo de acionamento primário e acoplando a engrenagem de geração de torque do transdutor que gira o eixo de acionamento e o bocal, rosqueando, portanto, o guia de ondas no transdutor.

[00147] A Figura 11 é um diagrama esquemático de um aspecto de um circuito elétrico 177 mostrado na Figura 4, adequado para acionar um transdutor ultrassônico 130, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito elétrico 177 compreende um multiplexador analógico 180. O multiplexador analógico 180 multiplexa vários sinais dos canais a montante SCL-A/SDA-A, como circuito de controle ultrassônico, de bateria e de energia. Um sensor de corrente 182 está acoplado em série com a perna de retorno ou de aterramento do circuito de fonte de alimentação para medir a corrente fornecida pela fonte de alimentação. Um sensor de temperatura do transistor de efeito de campo (FET) 184 fornece a temperatura ambiente. Um temporizador de controle de modulação por largura de pulso (PWM) 188 gera automaticamente uma reinicialização do sistema se o programa principal negligenciar para atendê-lo periodicamente. Ele é fornecido para reiniciar automaticamente o circuito elétrico 177 quando ele trava ou congela devido a uma falha de software ou hardware. Será reconhecido que o circuito elétrico 177 pode ser configurado como um circuito acionador de RF para acionar o transdutor ultrassônico 130 ou para acionar os eletrodos de RF como o circuito elétrico 702 mostrado na Figura 34, por exemplo. Consequentemente, com referência agora novamente à Figura 11, o circuito elétrico 177 pode ser utilizado para acionar tanto os transdutores ultrassônicos quanto os eletrodos de RF de forma intercambiável. Se acionados simultaneamente, circuitos de filtro podem ser fornecidos nos circuitos de primeiro estágio

correspondentes 5504 para selecionar tanto a forma de onda ultrassônica quanto a forma de onda de RF. Essas técnicas de filtragem são descritas no pedido de patente US n° 15/265.293, de propriedade comum, intitulado TÉCNICAS PARA TOPOLOGIAS DE CIRCUITO PARA GERADOR COMBINADO, que está aqui integralmente incorporado a título de referência.

[00148] Um circuito de acionamento 186 fornece saídas de energia ultrassônica à esquerda e à direita. Um sinal digital que representa a forma de onda de sinal é fornecido às entradas SCL-A/SDA-A do multiplexador analógico 180 a partir de um circuito de controle, como o circuito de controle 210 (Figura 14). Um conversor de digital para analógico 190 (DAC) converte a entrada digital em uma saída analógica para acionar um circuito PWM 192 acoplado a um oscilador 194. O circuito de modulação por largura de pulso 192 fornece um primeiro sinal para um primeiro circuito de acionamento de porta 196a acoplado a um primeiro estágio de saída do transistor 198a para acionar uma primeira saída de energia ultrassônica (esquerda). O circuito de modulação por largura de pulso 192 também fornece um segundo sinal para um segundo circuito de acionamento de porta 196b acoplado a um segundo estágio de saída do transistor 198b para acionar uma segunda saída de energia ultrassônica (direita). Um sensor de tensão 199 é acoplado entre os terminais de saída ultrassônicos da Esquerda/Direita para medir a tensão de saída. O circuito de acionamento 186, os primeiro e segundo circuitos de acionamento 196a, 196b, e os primeiro e segundo estágios de saída do transistor 198a, 198b definem um circuito amplificador de primeiro estágio. Em funcionamento, o circuito de controle 210 (Figura 14) gera uma forma de onda digital 1800 (Figura 67) que emprega circuitos como os circuitos de síntese direta digital (DDS) 1500, 1600 (Figuras 65 e 66). O DAC 190 recebe a forma de onda digital 1800 e a converte em uma forma de onda analógica, que é

recebida e amplificada pelo circuito amplificador de primeiro estágio.

[00149] A Figura 12 é um diagrama esquemático do transformador 166 acoplado ao circuito elétrico 177 mostrado na Figura 11, de acordo com um aspecto da presente invenção. Os terminais de entrada ultrassônicos esquerdo/direito (enrolamento primário) do transformador 166 estão acoplados eletricamente aos terminais de saída ultrassônicos esquerdo/direito do circuito elétrico 177. O enrolamento secundário do transformador 166 está acoplado aos eletrodos positivo e negativo 174a, 174b. Os eletrodos positivo e negativo 174a, 174b do transformador 166 são acoplados ao terminal positivo 170a (Pilha 1) e ao terminal negativo 170b (Pilha 2) do transdutor ultrassônico 130 (Figura 4). Em um aspecto, o transformador 166 tem uma razão de voltas de $n_1:n_2$ de 1:50.

[00150] A Figura 13 é um diagrama esquemático do transformador 166 mostrado na Figura 12 acoplado a um circuito de teste 165, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito de teste 165 está acoplado aos eletrodos positivo e negativo 174a, 174b. Uma chave 167 é colocada em série com uma carga de indutor/capacitor/resistor (LCR) que simula a carga de um transdutor ultrassônico.

[00151] A Figura 14 é um diagrama esquemático de um circuito de controle 210, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito de controle 210 está situado no interior de um compartimento do conjunto de bateria 106. O conjunto de bateria 106 é a fonte de alimentação para uma variedade de fontes de alimentação locais 215. O circuito de controle compreende um processador principal 214 acoplado por meio de um mestre de interface 218 a vários circuitos a jusante por meio das saídas SCL-A/SDA-A, SCL-B/SDA-B, SCL-C/SDA-C, por exemplo. Em um aspecto, o mestre de interface 218 é uma interface serial de propósito geral, como uma interface serial I²C. O processador principal 214 também é configurado para acionar as

chaves 224 através de entrada/saída para propósitos gerais 220 (GPIO), uma tela 226 (por exemplo, uma tela de LCD), e vários indicadores 228 através de GPIO 222. Um processador de vigilância 216 é fornecido para controlar o processador principal 214. Uma chave 230 é fornecida em série com a bateria 211 para ativar o circuito de controle 212 mediante a inserção do conjunto de bateria 106 no conjunto de manípulo 102 (Figuras 1 a 3).

[00152] Em um aspecto, o processador principal 214 está acoplado ao circuito elétrico 177 (Figuras 4 e 11) por meio de terminais de saída SCL-A/SDA-A. O processador principal 214 compreende uma memória para armazenar tabelas de sinais de acionamento ou formas de ondas digitalizados que são transmitidos ao circuito elétrico 177 para acionar o transdutor ultrassônico 130 (Figuras 4 a 8), por exemplo. Em outros aspectos, o processador principal 214 pode gerar uma forma de onda digital e transmiti-la ao circuito elétrico 177 ou pode armazenar a forma de onda digital para transmissão posterior ao circuito elétrico 177. O processador principal 214 pode fornecer também acionamento por RF por meio de terminais de saída SCL-B/SDA-B e vários sensores (por exemplo, sensores de efeito Hall, sensores de fluido magnetorreológico (MRF), etc.) por meio de terminais de saída SCL-C/SDA-C. Em um aspecto, o processador principal 214 é configurado para detectar a presença de circuito de acionamento ultrassônico e/ou circuito de acionamento por RF para habilitar o software adequado e a funcionalidade de interface de usuário.

[00153] Em um aspecto, o processador principal 214 pode ser um LM4F230H5QR, disponível junto à Texas Instruments, por exemplo. Em ao menos um exemplo, o LM4F230H5QR da Texas Instruments é um núcleo processador ARM Cortex-M4F que compreende uma memória integrada de memória flash de ciclo único de 256 KB, ou outra memória não-volátil, até 40 MHz, um buffer de transferência para otimizar o

desempenho acima de 40 MHz, uma memória de acesso aleatório seriada de ciclo único de 32 KB (SRAM), memória só de leitura interna (ROM) carregada com o programa StellarisWare®, memória programável e apagável eletricamente só de leitura (EEPROM) de 2 KB, um ou mais módulos de modulação por largura de pulso (PWM), um ou mais análogos de entrada do codificador de quadratura (QED), um ou mais conversores analógico para digital (ADC) de 12 bits com 12 canais de entrada analógicos, dentre outros recursos que são prontamente disponíveis na ficha de dados do produto. Outros processadores podem ser facilmente substituídos e, conseqüentemente, a presente invenção não deve ser limitada neste contexto.

[00154] A Figura 15 mostra um diagrama de blocos de circuito simplificado que ilustra um outro circuito elétrico 300 contido no interior de um instrumento cirúrgico ultrassônico modular 334, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito elétrico 300 inclui um processador 302, um clock 330, uma memória 326, uma fonte de alimentação 304 (por exemplo, uma bateria), uma chave 306, como uma chave de energia de transistor de efeito de campo de óxido metálico semiconductor (MOSFET), um circuito de acionamento 308 (PLL), um transformador 310, um circuito de suavização de sinal 312 (também chamado de um circuito de correspondência e pode ser, por exemplo, um circuito de tanque), um circuito de detecção 314, um transdutor 130, e um conjunto de eixo de acionamento 110 compreendendo um guia de ondas de transmissão ultrassônica que termina em uma lâmina ultrassônica 116, que pode ser chamada, na presente invenção, simplesmente como o guia de ondas.

[00155] Uma característica da presente invenção que interrompe a dependência da energia de entrada de alta tensão (120 VAC) (uma característica de dispositivos de corte ultrassônicos gerais) é a utilização de chaveamento de baixa tensão ao longo de todo o processo de

formação de onda e a amplificação do sinal de acionamento apenas diretamente antes do estágio do transformador. Por essa razão, em um aspecto da presente invenção, a energia é derivada de apenas de uma bateria, ou um grupo de baterias, pequeno o suficiente para se encaixar no interior do conjunto de manípulo 102 (Figuras 1 a 3). A tecnologia de bateria do estado da técnica fornece baterias potentes de alguns centímetros de altura e largura e alguns milímetros de profundidade. Ao combinar os recursos da presente invenção para fornecer um dispositivo ultrassônico de uma peça única e auto-alimentado, uma redução no custo de produção pode ser obtida.

[00156] A saída da fonte de alimentação 304 é alimentada ao processador 302 e o energiza. O processador 302 recebe e envia sinais e, conforme será descrito abaixo, funciona de acordo com uma lógica personalizada ou de acordo com programas de computador que são executados pelo processador 302. O circuito elétrico 300 pode também incluir uma memória 326, de preferência, uma memória de acesso aleatório (RAM) que armazena instruções e dados legíveis por computador.

[00157] A saída da fonte de alimentação 304 também se refere a uma chave 306 tendo um ciclo de trabalho controlado pelo processador 302. Ao controlar o tempo de permanência da chave 306, o processador 302 é capaz de determinar a quantidade total de energia que é, por fim, fornecida ao transdutor 316. Em um aspecto, a chave 306 é um MOSFET, embora outras configurações de chave e chaveamento também sejam adaptáveis. A saída da chave 306 é alimentada a um circuito de acionamento 308 que contém, por exemplo, um circuito de detecção de fase para fase bloqueada (PLL) e/ou um filtro passa baixa e/ou um oscilador controlado por tensão. A saída da chave 306 é amostrada pelo processador 302 para determinar a tensão e a corrente do sinal de saída (V_{IN} e I_{IN} , respectivamente). Esses valores são

utilizados em uma arquitetura de retroinformação para ajustar a modulação por largura de pulso da chave 306. Por exemplo, o ciclo de trabalho da chave 306 pode variar de cerca de 20% a cerca de 80%, dependendo da saída desejada e real da chave 306.

[00158] O circuito de acionamento 308, que recebe o sinal da chave 306, inclui um circuito oscilatório que transforma a saída da chave 306 em um sinal elétrico tendo uma frequência ultrassônica, por exemplo, de 55 kHz (VCO). Conforme explicado acima, uma versão suavizada dessa forma de onda ultrassônica é, por fim, alimentada ao transdutor ultrassônico 130 para produzir uma onda senoidal ressonante ao longo do guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 (Figura 2).

[00159] Na saída do circuito de acionamento 308 existe um transformador 310 que é capaz de elevar o(s) sinal(is) de baixa tensão para uma tensão mais alta. Observa-se que o chaveamento a montante, antes do transformador 310, é realizado em baixas tensões (por exemplo, acionado por bateria), algo que, até o momento, não era possível para dispositivos ultrassônicos de corte e cauterização. Isto ocorre, ao menos parcialmente, pelo fato de que o dispositivo vantajosamente utiliza dispositivos de chaveamento MOSFET de baixa resistência. As chaves MOSFET de baixa resistência são vantajosas, uma vez que produzem menores perdas de chaveamento e menos calor que um dispositivo MOSFET tradicional e possibilitam maior corrente para passagem. Portanto, o estágio de chaveamento (pré-transformador) pode ser caracterizado como de baixa tensão/alta corrente. Para garantir a menor resistência do(s) MOSFET(s) do amplificador, o(s) MOSFET(s) é(são) executado(s), por exemplo, a 10 V. Nesse caso, uma fonte de alimentação de 10 VDC separada pode ser utilizada para alimentar a porta MOSFET, o que garante que o MOSFET esteja totalmente ligado e que uma resistência razoavelmente baixa seja atingida. Em um aspecto da presente invenção, o

transformador 310 eleva a tensão da bateria para 120 V de valor quadrático médio (RMS). Os transformadores são conhecidos na técnica e, portanto, não são aqui explicados em detalhe.

[00160] Nas configurações descritas do circuito, a degradação do componente de circuito pode afetar negativamente o desempenho de circuito do circuito. Um fator que afeta diretamente o desempenho do componente é o calor. Os circuitos conhecidos em geral monitoram as temperaturas de chaveamento (ou seja, as temperaturas do MOSFET). Entretanto, devido aos avanços tecnológicos nos projetos de MOSFET e devido à correspondente redução no tamanho, as temperaturas de MOSFET não são mais um indicador válido de cargas e de calor do circuito. Por este motivo, de acordo com um aspecto da presente invenção, um circuito de detecção 314 detecta a temperatura do transformador 310. Essa detecção de temperatura é vantajosa, pois o transformador 310 é operado na sua temperatura máxima ou muito próximo a ela, durante o uso do dispositivo. A temperatura adicional fará com que o material do núcleo, por exemplo, a ferrita, se rompa e um dano permanente pode ocorrer. A presente invenção pode responder a uma temperatura máxima do transformador 310, por exemplo, reduzindo a energia de acionamento no transformador 310, sinalizando o usuário, desligando a energia, pulsando a energia ou por meio de outras respostas apropriadas.

[00161] Em um aspecto da presente invenção, o processador 302 está acoplado de forma comunicativa ao atuador de extremidade 112, que é utilizado para colocar o material em contato físico com a lâmina ultrassônica 116, por exemplo, o mecanismo de travamento mostrado na Figura 1. São fornecidos sensores que medem, no atuador de extremidade 112, um valor de força de travamento (existente dentro de uma faixa conhecida) e, com base no valor da força de travamento recebido, o processador 302 varia uma tensão de movimento VM. Uma

vez que os altos valores de força, combinados com uma taxa de movimento definida, podem resultar em altas temperaturas da lâmina, um sensor de temperatura 336 pode ser acoplado de forma comunicativa ao processador 302, em que o processador 302 é operável para receber e interpretar um sinal que indica uma temperatura atual da lâmina a partir do sensor de temperatura 336 e para determinar uma frequência alvo de movimento da lâmina com base na temperatura recebida. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao gatilho 108 para medir a força aplicada ao gatilho 108 pelo usuário. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao botão de chave 120, de modo que a intensidade do deslocamento corresponda à força aplicada pelo usuário ao botão de chave 120.

[00162] De acordo com um aspecto da presente invenção, a porção PLL do circuito de acionamento 308, que é acoplada ao processador 302, é capaz de determinar uma frequência de movimento do guia de ondas e comunicar essa frequência ao processador 302. O processador 302 armazena o valor dessa frequência na memória 326 quando o dispositivo é desligado. Ao ler o clock 330, o processador 302 é capaz de determinar um tempo decorrido depois que o dispositivo é desligado e recuperar a última frequência de movimento do guia de ondas caso o tempo decorrido seja menor que um valor predeterminado. O dispositivo pode, então, iniciar na última frequência, que, presumivelmente, é a frequência ideal para a carga de corrente.

[00163] A Figura 16 mostra um conjunto de bateria 400 para uso com o instrumento cirúrgico 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. O conjunto de bateria 400 compreende um compartimento 402 dimensionado e configurado para conter várias células de energia. As células de energia podem incluir baterias recarregáveis e não

recarregáveis. Em um aspecto, o conjunto de bateria 400 inclui quatro baterias de íons Li não recarregáveis 404a, 404b, 404c, 404d e duas baterias de níquel-hidreto metálico (NiMH) recarregáveis 406a (a segunda bateria não é mostrada). O compartimento 402 compreende as abas 408a, 408b para conectar de maneira removível o conjunto de bateria 400 ao conjunto de manípulo 102 do instrumento cirúrgico 100 (Figuras 1 e 2).

[00164] A Figura 17 mostra um conjunto de bateria descartável 410 para uso com o instrumento cirúrgico 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. Em um aspecto, o conjunto de bateria descartável 410 compreende uma bateria de célula primária para uso com um instrumento de energia avançado alimentado por bateria, como o instrumento cirúrgico 100 (Figuras 1 e 2), compreendendo um circuito eletrônico de compensação com tensão adicional para compensar a queda de tensão do conjunto de bateria descartável 410 para evitar que uma tensão de saída caia abaixo de um nível predeterminado durante a operação sob carga. O conjunto de bateria descartável 410 compreende um compartimento 412 dimensionado e configurado para conter várias células de energia. As células de energia podem incluir baterias recarregáveis e não recarregáveis. Em um aspecto, o conjunto de bateria descartável 410 inclui quatro baterias primárias não recarregáveis de íons de Lítio (íons-Li) 414a, 414b, 414c, 414d e duas baterias secundárias recarregáveis de NiMH ou Níquel-Cádmio (NiCd) 416a e 416b. O compartimento 412 compreende o contato elétrico 418 para acoplar eletricamente o conjunto de bateria descartável 410 ao conjunto de manípulo 102 do instrumento cirúrgico 100. No exemplo ilustrado, o contato elétrico 418 compreende quatro contatos metálicos. O conjunto de bateria descartável 410 inclui, também, circuitos elétricos 419, como o circuito de controle 210 (Figura 14) e/ou o circuito elétrico 300 (Figura 15). Os circuitos elétricos 419 são reforçados contra

radiação.

[00165] Em um aspecto, o conjunto de bateria descartável 410 inclui as baterias 414a a 414d, os circuitos elétricos 419 e outros componentes que são resistentes a esterilização por radiação gama ou outra radiação. Por exemplo, uma fonte de alimentação em modo de chaveamento 460 (Figura 22) ou uma fonte de alimentação linear 470 (Figura 24) e um circuito de carga opcional podem ser incorporados no interior do compartimento 412 do conjunto de bateria descartável 410 para reduzir a queda de tensão das baterias primárias de íons Li 414a a 414d e para possibilitar que as baterias secundárias de NiMH 416a, 416b sejam utilizadas para reduzir a queda de tensão. Isso garante que as células totalmente carregadas no início de cada cirurgia sejam fáceis de introduzir no campo estéril. Um conjunto de bateria do tipo dupla, incluindo baterias primárias de íons Li 414a a 414d e baterias secundárias de NiMH 416a e 416b, pode ser utilizado com as células de energia dedicadas 416a e 416b para controlar o circuito eletrônico a partir das células de energia dedicadas 414a a 414d que operam o gerador e os circuitos de controle do motor. Em um aspecto, o sistema se alimenta das baterias envolvidas no acionamento dos circuitos eletrônicos no caso das baterias envolvidas estarem baixando. Em um aspecto, o sistema incluiria um sistema de diodo de sentido único que não permitiria que a corrente fluísse na direção oposta, por exemplo, a partir das baterias envolvidas no acionamento dos circuitos de controle de energia e/ou do motor para as baterias envolvidas no acionamento dos circuitos eletrônicos. Em um aspecto adicional, o sistema pode compreender um circuito de carga passível de exposição à radiação gama e uma fonte de alimentação chaveada utilizando diodos e componentes de tubo de vácuo que minimizariam a queda de tensão em um nível predeterminado. A fonte de alimentação chaveada pode ser eliminada pela inclusão de uma tensão de mínima queda que é uma

divisão das tensões de NiMH (por exemplo, três células NiMH). Em um outro aspecto, um sistema modular pode ser obtido, em que os componentes reforçados contra radiação estão situados em um módulo, tornando este módulo esterilizável por esterilização por radiação. Outros componentes não reforçados contra radiação são incluídos em outros componentes modulares e conexões que são feitas entre os componentes modulares, de modo que os componentes operem juntos como se os componentes estivessem situados juntos na mesma placa de circuito. Se apenas duas células das baterias secundárias de NiMH 416a e 416b forem desejadas, a fonte de alimentação chaveada com base nos diodos e tubos de vácuo possibilita a existência do circuito eletrônico esterilizável no interior das baterias primárias de íons Li 414a a 414d descartáveis.

[00166] A Figura 18 mostra um conjunto de bateria reutilizável 420 para uso com o instrumento cirúrgico 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. O conjunto de bateria reutilizável 420 compreende um compartimento 422 dimensionado e configurado para conter várias células de energia recarregáveis. As células de energia podem incluir baterias recarregáveis. Em um aspecto, o conjunto de bateria reutilizável 420 inclui cinco baterias laminadas de NiMH recarregáveis 424a, 424b, 424c, 424d, 424e. O compartimento 422 compreende o contato elétrico 428 para acoplar eletricamente o conjunto de bateria reutilizável 420 ao conjunto de manípulo 102 do instrumento cirúrgico 100 (Figuras 1 e 2). No exemplo ilustrado, o contato elétrico 428 compreende seis contatos metálicos. O conjunto de bateria reutilizável 420 inclui também até seis placas de circuito 429a, 429b, 429c, 429d, 429e, 429f que podem incluir circuitos elétricos como o circuito de controle 210 (Figura 14) e/ou o circuito elétrico 300 (Figura 15). Em um aspecto, o conjunto de bateria reutilizável 420 compreende transístores FET de acionamento e circuitos associados 429a-f no

compartimento 422 para a fácil troca e sem a necessidade de desligar o instrumento cirúrgico 100 (Figuras 1 e 2) para substituir o conjunto de bateria reutilizável 420 com fornecimento de energia.

[00167] O conjunto de bateria reutilizável 420 compreende uma chave de teste de bateria 426 e até três indicadores de LED 427a, 427b, 427c para determinar a saúde das baterias 424a-e no conjunto de bateria reutilizável 420. O primeiro indicador de LED 427a pode indicar baterias totalmente carregadas 424a-e que estão prontas para o uso. O segundo indicador de LED 427b pode indicar que a bateria precisa ser recarregada. O terceiro indicador de LED 427c pode indicar que a bateria não está boa e deve ser descartada. A indicação da saúde do conjunto de bateria reutilizável 420 possibilita que o usuário determine a saúde específica e as capacidades das baterias 424a-e antes de serem inseridas e utilizadas. Por exemplo, o estado de carga das células secundárias recarregáveis, uma tensão de queda e uma tensão da célula primária são verificadas pela ativação da chave de teste de bateria 426 que poderia medir estes valores em um estado sem carga ou com uma carga resistiva predefinida colocada no sistema. As tensões poderiam ter ao menos um, mas, com mais preferência, três limiares para comparar as verificações de tensão resultantes. No caso do primeiro indicador 427a, as baterias 424a-e indicam se elas estão ou não adequadas ao uso. Com três níveis, o conjunto de bateria reutilizável 420 poderia exibir carga total, carga mínima e algum estado de carga marginal, porém limitado. Esse monitor de saúde das baterias 424a-e seria útil tanto para o conjunto de bateria descartável 410 (Figura 17) quanto para o conjunto de bateria reutilizável 420. No caso do conjunto de bateria descartável 410, este é um indicador de bateria pronta/danificada. No caso do conjunto de bateria reutilizável 420, este poderia indicar a vida remanescente, a capacidade de recarga e mesmo a idade antes da falha, além do estado de bateria pronta/não pronta.

[00168] A Figura 19 é uma vista em perspectiva elevada de um conjunto de bateria removível 430 com ambas as metades do compartimento de proteção removidas e expondo as células de bateria acopladas a múltiplas placas de circuito que são acopladas ao terminal de bateria de múltiplos condutores, de acordo com um aspecto da presente invenção. Além disso, mais ou menos de três placas de circuito são possíveis para fornecer funcionalidade expandida ou limitada. Conforme mostrado na Figura 19, as múltiplas placas de circuito 432, 434, 436 podem ser posicionadas em uma arquitetura empilhada que oferece diversas vantagens. Por exemplo, devido ao menor tamanho de layout, as placas de circuito possuem uma área de projeção reduzida no interior do conjunto de bateria removível 430, possibilitando assim uma bateria de tamanho menor. Além disso, nessa configuração, é possível isolar facilmente as placas de energia das placas digitais para impedir qualquer ruído originário das placas de energia que danifique as placas digitais. Além disso, a configuração empilhada possibilita recursos de conexão direta entre as placas, reduzindo assim a presença de fios. Além disso, as placas de circuito podem ser configuradas como parte de um circuito rígido-flexível-rígido para permitir que partes rígidas sejam "espalhadas" em uma menor área volumétrica.

[00169] De acordo com os aspectos da presente invenção, a placa de circuito 432, 434, 436 fornece uma função específica. Por exemplo, uma placa de circuito 432 pode fornecer os componentes para executar o circuito de proteção da bateria. De modo similar, uma outra placa de circuito 434 pode fornecer os componentes para executar o controlador de bateria. Uma outra placa de circuito 436 pode, por exemplo, fornecer componentes de controlador rebaixador (buck) de alta potência. Por fim, o circuito de proteção da bateria pode fornecer vias de conexão para acoplar as células de bateria 438a-n. Ao colocar as placas de circuito em uma configuração empilhada e ao separar as placas de acordo com

suas respectivas funções, as placas podem ser estrategicamente colocadas em uma ordem específica que melhor gerencia sua geração individual de ruído e calor. Por exemplo, a placa de circuito tendo os componentes controladores rebaixadores (buck) de alta potência produz o máximo de calor e, portanto, pode ser isolada das outras placas e colocada no centro da pilha. Dessa forma, o calor pode ser mantido longe da superfície externa do dispositivo em uma tentativa de impedir que o calor seja sentido pelo médico ou operador do dispositivo. Além disso, os aterramentos da placa de bateria podem ser configurados em uma topologia de estrela com o centro situado na placa controladora rebaixadora para reduzir o ruído criado pelos circuitos de aterramento.

[00170] As placas de circuito estrategicamente empilhadas, o trajeto da baixa condutividade térmica desde as placas de circuito até o conjunto de terminal de bateria de múltiplos condutores, e um circuito flexível 3516 são recursos que ajudam a impedir que o calor atinja a superfície externa do dispositivo. As células de bateria e os componentes de neutralização estão termicamente conectadas a um circuito flexível no interior do conjunto de manípulo 102 (Figuras 1 e 2), de modo que o calor gerado pelas células e componentes rebaixadores entre em uma porção distante da mão do médico. O circuito flexível apresenta uma massa térmica relativamente alta devido à sua ampla área de exposição e às vantajosas características de condução do cobre, que redireciona, absorve e/ou dissipa o calor através de uma área mais ampla, diminuindo assim a concentração de calor e limitando as altas temperaturas sobre a superfície externa do dispositivo. Outras técnicas podem também ser implementadas, incluindo, mas não se limitando a cavidades de calor maiores, rebaixos ou isolantes, uma proteção de conector metálico e maior teor de cobre no circuito flexível ou no conjunto de manípulo 102 do dispositivo.

[00171] Uma outra vantagem do conjunto de bateria removível 430 é obtida quando são utilizadas baterias de íons Li. Conforme anteriormente descrito, as baterias de íons de Li não devem ser carregadas em uma configuração paralela de múltiplas células. Isso se deve ao fato de que, à medida que uma tensão aumenta em uma célula específica, esta começa a aceitar cargas adicionais mais rapidamente do que as outras células com menor tensão. Portanto, as células são monitoradas de modo que uma carga para aquela célula possa ser controlada individualmente. Quando uma bateria de íons de Li é formada a partir de um grupo de células 438a-n, é necessário um grande número de fios estendendo-se a partir do exterior do dispositivo até as baterias 438a-n (ao menos um fio adicional para cada célula de bateria além da primeira). Com um conjunto de bateria removível 430, uma célula de bateria 438a-n pode, em um aspecto, ter seu próprio conjunto de contatos expostos e, quando o conjunto de bateria removível 430 não está presente no interior do conjunto de manípulo 102 (Figuras 1 e 2), um conjunto de contatos pode ser acoplado a um conjunto correspondente de contatos em um dispositivo de carregamento de bateria externo não estéril. Em um outro aspecto, uma célula de bateria 438a-n pode estar eletricamente conectada ao circuito de proteção da bateria para permitir que o circuito de proteção da bateria controle e regule a recarga de uma célula 438a-n. O conjunto de bateria removível 430 é fornecido com o circuito para impedir o uso do conjunto de bateria removível 430 além da vida útil esperada. Esse período não é apenas definido pelas células, mas também é definido pelas superfícies externas, incluindo o compartimento ou compartimento da bateria e o conjunto de contatos superiores. Esse circuito será explicado em mais detalhes abaixo e incluirá, por exemplo, uma contagem de uso, uma unidade de recarga e um tempo absoluto desde a contagem da fabricação.

[00172] A Figura 19 também mostra um conjunto de terminal de bateria de múltiplos condutores 433 que é uma interface que acopla eletricamente os componentes no interior do conjunto de bateria removível 430 a uma interface elétrica do conjunto de manípulo 102 (Figuras 1 e 2). É por meio do conjunto de manípulo 102 que o conjunto de bateria removível 430 é capaz de se acoplar eletricamente (e mecanicamente) ao conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 104 (Figura 4). Tal como é explicado acima, o conjunto de bateria removível 430, por meio do conjunto de terminal de bateria de múltiplos condutores 433, fornece energia ao instrumento cirúrgico 100 (Figuras 1 e 2), bem como outras funcionalidades aqui descritas. O conjunto de terminal de bateria de múltiplos condutores 433 inclui uma pluralidade de blocos de contato 435a a 435n capazes de, separadamente, conectar eletricamente um terminal no interior do conjunto de bateria removível 430 a outro terminal fornecido por uma estação de acoplamento do conjunto de manípulo 102. Um exemplo dessas conexões elétricas acopladas à pluralidade de blocos de contato 435a a 435n como trajetórias de sinal de potência e comunicação. No aspecto do conjunto de terminal de bateria de múltiplos condutores 433, dezesseis diferentes blocos de contato 435a a 435n são mostrados. Este número é meramente ilustrativo. Em um aspecto, um lado interno do conjunto de terminal da bateria 433 tem uma cavidade formada no suporte do terminal moldado que pode ser preenchida com materiais de envasamento para criar uma selagem hermética para gás. Os blocos de contato 435a a 435n são moldados com sobreposição na tampa e se estendem através da cavidade de envasamento para o interior da bateria 430. Aqui, um circuito flexível pode ser utilizado para rearranjar a matriz de pinos e fornecer uma conexão elétrica às placas de circuito. Em um exemplo, uma matriz de 4x4 é convertida em uma matriz de 2x8. Em um exemplo, o conjunto de terminal da bateria de múltiplos

condutores 433, uma pluralidade de blocos de contato 435a a 435n do conjunto de terminal da bateria de múltiplos condutores 2804 incluem uma pluralidade correspondente de pinos internos de contato 437a a 437n. Um pino de contato 437a fornece um acoplamento elétrico direto a um dos blocos de contato 435a correspondentes.

[00173] A Figura 20 ilustra um circuito de teste de bateria 440, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito de teste de bateria 440 inclui a chave de teste de bateria 426, conforme descrito na Figura 18. A chave de teste de bateria 426 é uma chave que engata uma carga de simulação de LCR que simula um transdutor ou circuito eletrônico do conjunto de eixo de acionamento. Conforme descrito na Figura 18, circuitos indicadores adicionais podem ser acoplados ao circuito de teste de bateria 440 para fornecer uma indicação adequada da capacidade das baterias no conjunto de bateria reutilizável 420. O circuito de teste de bateria 440 ilustrado pode ser empregado em quaisquer dos conjuntos de bateria 400, 410, 420, 430 descritos em conexão com as Figuras 16 a 19, respectivamente.

[00174] A Figura 21 ilustra um circuito de fonte de alimentação suplementar 450 para manter uma tensão de saída mínima, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito de fonte de alimentação suplementar 450 pode estar incluído em quaisquer dos conjuntos de bateria 400, 410, 420, 430 descritos em conexão com as Figuras 16 a 19. O circuito de fonte de alimentação suplementar 450 impede a queda da tensão de saída V_o sob condições de alta carga. O circuito de fonte de alimentação suplementar 450 inclui um conjunto de quatro baterias primárias 452a e 452b, 452c e 452d (até n baterias podem ser utilizadas) que são ativadas quando a chave 453 se fecha após a inserção do conjunto de bateria 400, 410, 420, 430 no conjunto de manípulo 102 do instrumento cirúrgico 100 (Figuras 1 e 2). As baterias primárias 452a a 452d podem ser baterias de íons de Li, como

as baterias de íons de Li CR123A. Sob carga, as baterias primárias 452a a 452d fornecem uma tensão de saída V_o , enquanto a bateria secundária recarregável 454 é carregada pelo carregador de bateria 455. Em um aspecto, a bateria secundária recarregável 454 é uma bateria de NiMH e o carregador de bateria 455 é um carregador de NiMH adequado. Quando a tensão de saída V_o cai ou diminui devido a condições de carga altas, a tensão V_x opera a fonte de alimentação em modo de chaveamento 456 para restaurar a tensão de saída V_o mediante o fornecimento de corrente adicional à carga. O diodo 458 é fornecido para evitar que a corrente flua para a saída da fonte de alimentação em modo de chaveamento 456. Conseqüentemente, a tensão de saída V_b da fonte de alimentação em modo de chaveamento 456 deve exceder a queda de tensão através do diodo 458 ($\sim 0,7$ V) antes que a corrente suplementar possa fluir para dentro da carga. Opcionalmente, uma chave de teste de bateria 459 e um resistor de teste R_{Teste} podem ser fornecidos para testar o circuito de fonte de alimentação suplementar 450 sob condições de carga. Em particular, em vista da Figura 21, os conjuntos de bateria 400, 410, 420, 430 podem compreender um circuito de teste 457a compreendendo uma chave 457b e um resistor 457c, de modo que, quando a chave 457b for fechada (por exemplo, por meio do botão de teste 426), o resistor 457c testa se as baterias primárias 452a a 452d são capazes ou não de liberar uma tensão de saída V_o . Caso contrário, o resistor 457 testa se a bateria secundária 454, por meio da operação da fonte de alimentação chaveada 456, é capaz de liberar uma V_b , de modo que a corrente suplementar que passa através do diodo 458 recupere uma tensão de saída V_o .

[00175] A Figura 22 ilustra um circuito de fonte de alimentação em modo de chaveamento 460 para fornecer energia ao instrumento cirúrgico 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. O

circuito de fonte de alimentação em modo de chaveamento 460 pode estar disposto no interior de qualquer um dos conjuntos de bateria 400, 410, 430 descritos em conexão com as Figuras 16, 17 e 19, respectivamente. No exemplo ilustrado, o circuito de fonte de alimentação chaveado 460 compreende baterias de célula primária de Li 429a-d, em que uma tensão de saída positiva (+) é acoplada a uma V_{IN} terminal de entrada de um regulador de chaveamento 464. Será reconhecido que qualquer número adequado de células primárias pode ser empregado. O circuito de fonte de alimentação em modo de chaveamento 460 inclui uma chave LIGA/DESLIGA remota. A V_{IN} de entrada do regulador de chaveamento 464 inclui também um filtro de entrada representado pelo capacitor C_i . A V_{OUT} de saída do regulador de chaveamento 464 é acoplada a um indutor L e a um filtro de saída representado pelo capacitor C_o . Um diodo de captura D está disposto entre a V_{OUT} e o aterramento. Um sinal de retroinformação é fornecido a partir do filtro de saída C_o para a entrada FB do regulador de chaveamento 464. Um resistor de carga R_L representa uma carga. Em um aspecto, a carga mínima é de cerca de 200 mA. Em um aspecto, a tensão de saída V_{OUT} é de 3,3 VDC em 800 mA.

[00176] A Figura 23 ilustra uma versão isolada do regulador de chaveamento 464 mostrado na Figura 22 para fornecer energia ao instrumento cirúrgico 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. O regulador de chaveamento 464 recebe uma tensão de entrada de um conjunto de bateria 400, 410, 420, 430 no terminal de V_{IN} . O sinal na entrada liga/desliga habilita ou desabilita a operação do regulador de chaveamento 464 mediante o controle do estado da chave 471. Um sinal de retroinformação é recebido a partir da carga na entrada FB onde é dividido por um circuito divisor de tensão 463. A tensão do divisor de tensão 463 é aplicada à entrada positiva de um amplificador de ganho fixo 465. A entrada negativa do amplificador de ganho fixo 465

é acoplada a um diodo de referência de intervalo de banda 469 (por exemplo, 1,23 V). A saída amplificada do amplificador de ganho fixo 465 é aplicada à entrada positiva de um comparador 466. A entrada negativa do comparador 466 recebe uma entrada de oscilador 467 de 50 kHz. A saída do comparador 466 é aplicada a um acionador 468 que aciona o transistor de saída 461. O transistor de saída 461 fornece tensão e corrente à carga por meio do terminal de V_{OUT} .

[00177] A Figura 24 ilustra um circuito linear de fonte de alimentação 470 para fornecer energia ao instrumento cirúrgico 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito de fonte de alimentação linear 470 pode estar disposto no interior de qualquer um dos conjuntos de bateria 400, 410, 430 descritos em conexão com as Figuras 16, 17, 18 e 19, respectivamente. No exemplo ilustrado, o circuito de fonte de alimentação linear 470 compreende baterias primárias de célula de íons Li 462a a 462d onde a tensão de saída positiva (+) é acoplada ao terminal do V_{IN} do transistor 472. A saída do transistor 472 fornece a corrente e tensão para a carga por meio do terminal de V_{OUT} do circuito linear de fonte de alimentação 470. Um filtro de entrada C_i é fornecido no lado de entrada e um filtro de saída C_o é fornecido em um lado de saída. Um diodo Zener D_z aplica uma tensão regulada à base do transistor 472. Um resistor de polarização polariza o diodo Zener D_z e o transistor 472.

[00178] A Figura 25 é uma vista explodida em elevação do instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular 480 mostrando a metade esquerda do compartimento removida de um conjunto de manípulo 482 e expondo um identificador de dispositivo acoplado de forma comunicativa ao conjunto de terminal de manípulo de múltiplos condutores, de acordo com um aspecto da presente invenção. Em aspectos adicionais da presente invenção, uma bateria inteligente (ou "smart") é utilizada para alimentar o instrumento cirúrgico ultrassônico

manual modular 480. Entretanto, a bateria inteligente não se limita ao instrumento cirúrgico ultrassônico modular manual 480 e, como será explicado, pode ser usada em uma variedade de dispositivos, que podem ou não ter requisitos de potência (por exemplo, corrente e tensão) que variam um do outro. O conjunto de bateria inteligente 486, de acordo com um aspecto da presente invenção, é vantajosamente capaz de identificar o dispositivo específico ao qual ele está acoplado eletricamente. Isso é feito através de métodos de identificação encriptada ou não encriptada. Por exemplo, um conjunto de bateria inteligente 486 pode ter uma porção de conexão, como a porção de conexão 488. O conjunto de manípulo 482 pode também ser dotado de um identificador de dispositivo acoplado de forma comunicativa ao conjunto de terminal de manípulo de múltiplos condutores 491 e operável para comunicar ao menos uma informação sobre o conjunto de manípulo 482. Essa informação pode se referir ao número de vezes que o conjunto de manípulo 482 foi utilizado, ao número de vezes que um conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 (atualmente desconectado do conjunto de manípulo 482) foi utilizado, o número de vezes que um conjunto de guia de ondas do eixo de acionamento 490 (atualmente conectado ao conjunto de manípulo 482) foi utilizado, o tipo de conjunto de guia de ondas do eixo de acionamento 490 que está atualmente conectado ao conjunto de manípulo 482, o tipo ou identidade do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 que está atualmente conectado ao conjunto de manípulo 482 e/ou muitas outras características. Quando o conjunto de bateria inteligente 486 é inserido no conjunto de manípulo 482, a porção de conexão 488 no interior do conjunto de bateria inteligente 486 faz contato de comunicação com o identificador de dispositivo do conjunto de manípulo 482. O conjunto de manípulo 482, por meio do hardware, software, ou de uma combinação dos mesmos, é capaz de transmitir informações ao conjunto de bateria

inteligente 486 (seja por autoiniciação ou em resposta a uma solicitação do conjunto de bateria inteligente 486). Esse identificador comunicado é recebido pela porção de conexão 488 do conjunto de bateria inteligente 486. Em um aspecto, uma vez que o conjunto de bateria inteligente 486 recebe a informação, a porção de comunicação é operável para controlar a saída do conjunto de bateria inteligente 486 para atender às exigências de energia específicas do dispositivo.

[00179] Em um aspecto, a porção de comunicação inclui um processador 493 e uma memória 497 que podem ser separados ou um componente único. O processador 493, em combinação com a memória, é capaz de fornecer gerenciamento de energia inteligente para o instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular 480. Esse aspecto é particularmente vantajoso devido ao fato de que um dispositivo ultrassônico, como o instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular 480, tem uma exigência de energia (frequência, corrente e tensão) que pode ser única para o instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular 480. De fato, o instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular 480 pode ter uma exigência específica de energia ou limitação para uma dimensão ou tipo de tubo externo 494 e uma segunda exigência diferente de energia para um segundo tipo de guia de ondas tendo uma dimensão, um formato e/ou uma configuração diferentes.

[00180] Um conjunto de bateria inteligente 486, de acordo com um aspecto da presente invenção, portanto, possibilita que um conjunto de bateria seja utilizado entre vários instrumentos cirúrgicos. Devido ao fato de que o conjunto de bateria inteligente 486 é capaz de identificar em qual dispositivo está fixado e é conseqüentemente capaz de alterar sua saída, os operadores de vários instrumentos cirúrgicos diferentes que utilizam o conjunto de bateria inteligente 486 não precisam mais se preocupar com qual fonte de energia estão tentando instalar no interior

do dispositivo eletrônico que está sendo utilizado. Isto é particularmente vantajoso em um ambiente operacional onde um conjunto de bateria precisa ser substituído ou intercambiado com um outro instrumento cirúrgico no meio de um procedimento cirúrgico complexo.

[00181] Em um outro aspecto da presente invenção, o conjunto de bateria inteligente 486 armazena, em uma memória 497, um registro cada vez que um dispositivo específico é utilizado. Esse registro pode ser útil para avaliar o final da vida útil ou permitida de um dispositivo. Por exemplo, uma vez que um dispositivo é utilizado 20 vezes, as baterias no conjunto de bateria inteligente 486 conectado ao dispositivo, se recusarão em fornecer energia a ele – uma vez que o dispositivo é definido como um instrumento cirúrgico "não mais confiável". A confiabilidade é determinada com base em vários fatores. Um fator pode ser o desgaste, que pode ser estimado de diversas maneiras, incluindo o número de vezes que o dispositivo foi utilizado ou ativado. Após um certo número de usos, as peças do dispositivo podem ficar desgastadas e as tolerâncias entre as peças podem ser excedidas. Por exemplo, o conjunto de bateria inteligente 486 pode detectar o número de vezes que o botão é pressionado pelo conjunto de manípulo 482 e pode determinar quando um número máximo de vezes que o botão é pressionado foi atingido ou excedido. O conjunto de bateria inteligente 486 pode também monitorar uma impedância do mecanismo de botão que pode sofrer alteração, por exemplo, se o cabo for contaminado, por exemplo, com solução salina.

[00182] Esse desgaste pode levar a uma falha inaceitável durante um procedimento. Em alguns aspectos, o conjunto de bateria inteligente 486 pode reconhecer quais partes são combinadas em um dispositivo e mesmo quantos usos uma parte experimentou. Por exemplo, se o conjunto de bateria inteligente 486 for uma bateria inteligente, de acordo com a presente invenção, esta pode identificar o conjunto de manípulo

482, o conjunto de guia de ondas do eixo de acionamento 490, bem como o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484, muito antes que o usuário tente utilizar o dispositivo composto. A memória 497 no interior do conjunto de bateria inteligente 486 pode, por exemplo, registrar um horário em que o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 é operado e como, quando e por quanto tempo é operado. Se o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 tiver um identificador individual, o conjunto de bateria inteligente 486 pode monitorar o uso do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 e recusar o fornecimento de energia àquele conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 quando o conjunto de manípulo 482 ou o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 exceder seu número máximo de utilizações. O conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484, o conjunto de manípulo 482, o conjunto de guia de ondas do eixo de acionamento 490, ou outros componentes podem incluir um circuito integrado (chip) de memória que também registra essas informações. Dessa forma, qualquer quantidade de baterias inteligentes no conjunto de bateria inteligente 486 pode ser utilizada com qualquer quantidade de conjuntos de transdutor/gerador ultrassônico 484, grampeadores, seladores de vaso, etc. e ainda poder determinar o número total de utilizações, ou o tempo total de uso (através do uso do clock), ou o número total de atuações, etc. do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484, do grampeador, do selador de vaso, etc. ou ciclos de carga ou descarga. A funcionalidade inteligente pode residir fora do conjunto de bateria 486 e pode residir no conjunto de manípulo 482, no conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 e/ou no conjunto de eixo de acionamento 490, por exemplo.

[00183] Ao contabilizar os usos do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 para encerrar de forma inteligente a vida útil do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484, o instrumento cirúrgico

faz uma distinção precisa entre a conclusão de um uso real do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 em um procedimento cirúrgico e um lapso momentâneo na atuação do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 devido a, por exemplo, uma troca de bateria ou um atraso temporário no procedimento cirúrgico. Portanto, como uma alternativa a simplesmente contar o número de ativações do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484, um circuito de clock em tempo real (RTC) pode ser implementado para monitorar a quantidade de tempo que o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 está de fato desligado. A partir da extensão de tempo medida, pode-se determinar, por meio de lógica adequada, se o desligamento foi significativo o bastante para ser considerado o final de um uso real ou se o desligamento foi muito curto em termos de tempo para ser considerado o fim de um uso. Dessa forma, em algumas aplicações, este método pode ser uma determinação mais precisa da vida útil do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 do que um algoritmo simples "baseado em ativações", o que pode, por exemplo, informar que dez "ativações" ocorrem em um procedimento cirúrgico e, portanto, dez ativações devem indicar que o contador é incrementado de um em um. De modo geral, esse tipo de sistema de contagem interna de tempo impedirá o uso incorreto do dispositivo que é projetado para enganar um algoritmo simples "baseado em ativações" e impedirá o registro incorreto de um uso completo em casos em que houve apenas uma simples perda de correspondência do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 ou o conjunto de bateria inteligente 486 que foi exigido por motivos legítimos.

[00184] Embora os conjuntos de transdutor/gerador ultrassônico 484 do instrumento cirúrgico 480 sejam reutilizáveis, em um aspecto um número finito de usos pode ser definido uma vez que o instrumento cirúrgico 480 está sujeito a condições rigorosas durante a limpeza e a

esterilização. Mais especificamente, a bateria é configurada para ser esterilizada. Independente do material empregado para as superfícies externas, há uma vida útil esperada limitada para os reais materiais utilizados. Essa vida útil é determinada por várias características que poderiam incluir, por exemplo, o número de vezes que a bateria foi de fato esterilizada, o tempo desde que a bateria foi fabricada e o número de vezes que a bateria foi recarregada, para citar algumas. Além disso, a vida útil das células de bateria em si é limitada. O software da presente invenção incorpora algoritmos da invenção que verificam o número de usos do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 e do conjunto de bateria inteligente 486 e desabilita o dispositivo quando esse número de usos foi atingido ou excedido. A análise do exterior da bateria em cada um dos possíveis métodos de esterilização pode ser realizada. Com base no procedimento de esterilização mais rigoroso, o número máximo de esterilizações permitido pode ser definido e esse número pode ser armazenado em uma memória do conjunto de bateria inteligente 486. Presume-se um carregador é não estéril e que o conjunto de bateria inteligente 486 deve ser utilizado depois de ser carregado, então a contagem de cargas pode ser definida como sendo igual ao número de esterilizações encontradas para aquela bateria específica.

[00185] Em um aspecto, o hardware na bateria pode ser desabilitado para minimizar ou eliminar questões de segurança devido ao esgotamento contínuo das células de bateria depois que a bateria tiver sido desabilitada pelo software. Pode haver uma situação em que o hardware interno da bateria é incapaz de desabilitar a bateria sob determinadas condições de baixa tensão. Nessa situação, em um aspecto, o carregador pode ser utilizado para "matar" a bateria. Devido ao fato de que o microcontrolador da bateria está desligado enquanto a bateria está em seu carregador, memória programável e apagável

eletricamente só de leitura (EEPROM) não volátil baseada em Barramento de Gerenciamento do Sistema (SMB) pode ser utilizada para troca de informações entre o microcontrolador da bateria e o carregador. Dessa forma, uma EEPROM serial pode ser utilizada para armazenar informações que podem ser gravadas e lidas mesmo quando o microcontrolador da bateria está desligado, o que é muito benéfico ao se tentar trocar informações com o carregador ou com outros dispositivos periféricos. Essa EEPROM exemplificadora pode ser configurada para conter registros de memória suficientes para armazenar ao menos (a) um limite de contagem de uso no qual a bateria deve ser desabilitada (Contagem de Uso da Bateria), (b) o número de procedimentos aos quais a bateria foi submetida (Contagem de Procedimentos da Bateria) e/ou (c) um número de cargas as quais a bateria foi submetida (Contagem de Cargas), entre outros. Algumas das informações armazenadas na EEPROM, como o Registro de Contagem de Uso e o Registro de Contagem de Carga, são armazenadas em seções protegidas de gravação de EEPROM para evitar que os usuários alterem as informações. Em um aspecto, o uso e os contadores são armazenados com registros secundários invertidos por bit correspondentes para detectar o corrompimento de dados.

[00186] Qualquer tensão residual nas linhas de SMBus (barramento de gerenciamento do sistema) poderia danificar o microcontrolador e corromper o sinal dos SMBus. Portanto, para garantir que as linhas de SMBus do controlador de bateria 703 não contenham uma tensão enquanto o microcontrolador está desligado, são fornecidos relés entre as linhas de SMBus externas e a microplaca controladora da bateria.

[00187] Durante o carregamento do conjunto de bateria inteligente 486, uma condição de "final de carga" das baterias no interior do conjunto de bateria inteligente 486 é determinada quando, por exemplo, a corrente que flui para o interior da bateria cai abaixo de um limiar

determinado de uma maneira afunilada ao empregar um esquema de carregamento de corrente constante/tensão constante. Para detectar com precisão essa condição de "final de carga", o microcontrolador da bateria e as placas rebaixadoras são desenergizadas e desligadas durante o carregamento da bateria para reduzir qualquer drenagem de corrente que possa ser causada pelas placas e que possa interferir na detecção da corrente decrescente. Ainda, o microcontrolador e as placas rebaixadoras são desenergizadas durante o carregamento para impedir qualquer corrompimento resultante do sinal de SMBus.

[00188] Em relação ao carregador, em um aspecto, o conjunto de bateria inteligente 486 é impedido de ser inserido no carregador de uma maneira diferente da posição de inserção correta. Consequentemente, o exterior do conjunto de bateria inteligente 486 é dotado de recursos de fixação do carregador. Um recipiente para fixar o conjunto de bateria inteligente 486 de maneira segura no carregador é configurado com uma geometria cônica de correspondência de contorno para impedir a inserção acidental do conjunto de bateria inteligente 486 de qualquer forma que não a correta (pretendida). É contemplado ainda que a presença do conjunto de bateria inteligente 486 pode ser detectável pelo próprio carregador. Por exemplo, o carregador pode ser configurado para detectar a presença da transmissão de SMBus a partir do circuito de proteção da bateria, bem como dos resistores que estão localizados na placa de proteção. Nesse caso, o carregador seria habilitado para controlar uma tensão que é exposta nos pinos do carregador até que o conjunto de bateria inteligente 486 fique corretamente encaixado ou no local no carregador. Isso se deve ao fato de que uma tensão exposta nos pinos do carregador pode apresentar um perigo e um risco de que um curto-circuito elétrico possa ocorrer através dos pinos e faça com que o carregador fosse inadvertidamente carregado.

[00189] Em alguns aspectos, o conjunto de bateria inteligente 486

pode se comunicar com o usuário através de retroinformação auditiva e/ou visual. Por exemplo, o conjunto de bateria inteligente 486 pode fazer com que os LEDs emitam luz de uma forma predefinida. Nesse caso, embora o microcontrolador no conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 controle os LEDs, o microcontrolador recebe instruções a serem executadas diretamente a partir do conjunto de bateria inteligente 486.

[00190] Ainda em um outro aspecto da presente invenção, o microcontrolador no conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484, quando não estiver em uso por um período predeterminado, entra no modo suspenso. Vantajosamente, quando no modo suspenso, a velocidade do clock do microcontrolador é reduzida, cortando significativamente a drenagem de corrente. Alguma corrente continua sendo consumida porque o processador continua enviando sinal, aguardando para detectar uma entrada. Vantajosamente, quando o microcontrolador está neste modo suspenso de economia de energia, o microcontrolador e o controlador de bateria podem controlar diretamente os LEDs. Por exemplo, um circuito de decodificador poderia ser construído no conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 e conectado às linhas de comunicação de modo que os LEDs possam ser controlados independentemente pelo processador 493 enquanto o microcontrolador do conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 está "DESLIGADO" ou em um "modo suspenso". Este é um recurso de economia de energia que elimina a necessidade de acionar o microcontrolador no conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484. A energia é poupada ao permitir que o gerador seja desligado enquanto ainda é capaz de controlar ativamente os indicadores de interface de usuário.

[00191] Um outro aspecto retarda um ou mais dos microcontroladores para conservar energia quando não está em uso.

Por exemplo, as frequências do clock de ambos os microcontroladores podem ser reduzidas para economizar energia. Para manter uma operação sincronizada, os microcontroladores coordenam a mudança de suas respectivas frequências de clock para que ocorram aproximadamente ao mesmo tempo, tanto a redução quanto o subsequente aumento na frequência quando a operação em velocidade total é exigida. Por exemplo, ao entrar no modo ocioso, as frequências de clock são diminuídas e ao sair do modo ocioso, as frequências são aumentadas.

[00192] Em um aspecto adicional, o conjunto de bateria inteligente 486 é capaz de determinar a quantidade de energia útil remanescente no interior de suas células e é programado para apenas operar o instrumento cirúrgico ao qual está conectado caso determine que há energia de bateria remanescente suficiente para previsivelmente operar o dispositivo durante todo o procedimento previsto. Por exemplo, o conjunto de bateria inteligente 486 é capaz de permanecer em um estado não operacional se não houver energia suficiente no interior das células para operar o instrumento cirúrgico durante 20 segundos. De acordo com um aspecto, o conjunto de bateria inteligente 486 determina a quantidade de energia remanescente no interior das células ao final da sua função anterior mais recente, por exemplo, um corte cirúrgico. Neste aspecto, portanto, o conjunto de bateria inteligente 486 não permitiria que uma função subsequente fosse realizada se, por exemplo, durante aquele procedimento, o conjunto determinasse que as células não têm energia suficiente. Alternativamente, se o conjunto de bateria inteligente 486 determinar que há energia suficiente para um procedimento subsequente e ficar abaixo daquele limiar durante o procedimento, ele não interrompe o procedimento em andamento e, em vez disso, possibilita o término do procedimento e, posteriormente, impede que novos procedimentos ocorram.

[00193] O exposto a seguir explica uma vantagem de maximizar o uso do dispositivo com o conjunto de bateria inteligente 486 da presente invenção. Neste exemplo, um conjunto de diferentes dispositivos tem diferentes guias de ondas de transmissão ultrassônica. Por definição, os guias de ondas poderiam ter um respectivo limite de energia máximo permissível, em que exceder o dito limite de energia sobrecarrega o guia de ondas e, por fim, provoca sua fratura. Um guia de onda do conjunto de guias de onda terá, naturalmente, a menor tolerância máxima de energia. Uma vez que as baterias da técnica anterior não possuem a gestão de energia de bateria inteligente, a saída das baterias da técnica anterior deve ser limitada por um valor da menor entrada de energia máxima permissível para o guia de ondas menor/mais estreito/mais frágil no conjunto que se pretende utilizar com o dispositivo/bateria. Isto seria verdadeiro mesmo se guias de ondas maiores e mais grossos pudessem ser posteriormente fixados àquele cabo e, por definição, possibilitar que uma maior força fosse aplicada. Esta limitação também é verdadeira para a potência máxima da bateria. Por exemplo, se uma bateria for projetada para ser utilizada em múltiplos dispositivos, sua máxima energia de saída será limitada à menor classificação de energia máxima de quaisquer dos dispositivos em que deve ser utilizada. Com essa configuração, um ou mais dispositivos ou configurações de dispositivo não seriam capazes de maximizar o uso da bateria, uma vez que a bateria não conhece os limites específicos do dispositivo específico.

[00194] Em um aspecto, o conjunto de bateria inteligente 486 pode ser empregado para contornar de maneira inteligente as limitações acima mencionadas do dispositivo ultrassônico. O conjunto de bateria inteligente 486 pode produzir uma saída para um dispositivo ou uma configuração de dispositivo específica e o mesmo conjunto de bateria inteligente 486 pode posteriormente produzir uma saída diferente para

um segundo dispositivo ou configuração de dispositivo. Esse sistema universal de bateria cirúrgica inteligente se presta bem às modernas salas de cirurgia em que o espaço e o tempo são limitados. Ao ter uma bateria inteligente alimentando vários dispositivos diferentes, as equipes de enfermagem podem facilmente gerenciar o armazenamento, a recuperação e o estoque dessas baterias. Vantajosamente, em um aspecto, o sistema de bateria inteligente, de acordo com a presente invenção, pode empregar um tipo de estação de carregamento, aumentando dessa forma a facilidade e a eficiência do uso e diminuindo os custos dos equipamentos de carregamento das salas de cirurgia.

[00195] Além disso, outros instrumentos cirúrgicos, por exemplo, um grampeador elétrico, podem ter uma exigência de energia diferente daquela do instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular 480. De acordo com vários aspectos da presente invenção, um conjunto de bateria inteligente 486 pode ser utilizado com qualquer um de uma série de instrumentos cirúrgicos e pode ser produzido para adaptar sua própria saída de energia ao dispositivo específico no qual está instalado. Em um aspecto, essa adaptação de energia é obtida mediante o controle do ciclo de trabalho de uma fonte de alimentação em modo chaveado, por exemplo, uma configuração rebaixadora (buck), rebaixadora-elevadora (buck-boost), elevadora (boost), ou outra configuração, integrada ou de outra forma acoplada ao conjunto de bateria inteligente 486 e controlada por ele. Em outros aspectos, o conjunto de bateria inteligente 486 pode alterar dinamicamente sua saída de energia durante a operação do dispositivo. Por exemplo, em dispositivos de selagem de vasos, a gestão de energia possibilita uma selagem aprimorada do tecido. Nesses dispositivos, altos valores de corrente constante são necessários. A saída de potência total precisa ser ajustada dinamicamente porque, à medida que o tecido é vedado, sua impedância se altera. Aspectos da presente invenção fornecem o

conjunto de bateria inteligente 486 com um limite máximo de corrente variável. O limite de corrente pode variar de uma aplicação (ou dispositivo) para outra, com base nas exigências da aplicação ou do dispositivo.

[00196] A Figura 26 é uma vista em detalhe de uma porção de gatilho 483 e de uma chave do instrumento cirúrgico ultrassônico 480 mostradas na Figura 25, de acordo com um aspecto da presente invenção. O gatilho 483 está operacionalmente acoplado ao membro de garra 495 do atuador de extremidade 492. A lâmina ultrassônica 496 é energizada pelo conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484 mediante a ativação da chave de ativação 485. Continuando agora com a Figura 25, e também olhando para a Figura 26, o gatilho 483 e a chave de ativação 485 são mostrados como componentes do conjunto de manípulo 482. O gatilho 483 ativa o atuador de extremidade 492, que tem uma associação cooperativa com a lâmina ultrassônica 496 do conjunto de guia de ondas do eixo de acionamento 490 para permitir que vários tipos de contato entre o membro de garra 495 do atuador de extremidade e a lâmina ultrassônica 496 com tecido e/ou outras substâncias. O membro de garra 495 do atuador de extremidade 492 é, em geral, uma garra articulada que atua para prender ou segurar o tecido disposto entre a garra e a lâmina ultrassônica 496. Em um aspecto, uma retroinformação audível é fornecida no gatilho que faz um "clique" quando o gatilho é completamente pressionado. O ruído pode ser gerado por uma fina peça metálica que o gatilho toca durante o fechamento. Esse recurso acrescenta um componente audível à retroinformação do usuário que informa o usuário que a garra está completamente pressionada contra o guia de ondas e que uma pressão de travamento suficiente está sendo aplicada para selar o vaso. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao gatilho 483

para medir a força aplicada ao gatilho 483 pelo usuário. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao botão da chave 485 de modo que a intensidade do deslocamento corresponda à força aplicada pelo usuário ao botão de chave 485.

[00197] A chave de ativação 485, quando pressionada, coloca o instrumento cirúrgico ultrassônico manual modular 480 em um modo de operação ultrassônica, o que causa movimento ultrassônico no conjunto de guia de ondas do eixo de acionamento 490. Em um aspecto, o pressionamento da chave de ativação 485 faz com que os contatos elétricos no interior da chave se fechem, completando assim um circuito entre o conjunto de bateria inteligente 486 e o conjunto de transdutor/gerador ultrassônico 484, de maneira que a energia elétrica seja aplicada ao transdutor ultrassônico, conforme anteriormente descrito. Em um outro aspecto, o pressionamento da chave de ativação 485 fecha os contatos elétricos para o conjunto de bateria inteligente 486. Evidentemente, dos contatos elétricos de fechamento em um circuito é, aqui, meramente um exemplo de descrição geral de operação da chave. Há muitos aspectos alternativos que podem incluir a abertura de contatos ou de fornecimento de energia controlada por processador que recebe informações da chave e direciona uma reação de circuito correspondente com base na informação.

[00198] A Figura 27 é uma vista em perspectiva ampliada fragmentada de um atuador de extremidade 492, de acordo com um aspecto da presente invenção, a partir de uma extremidade distal com um membro de garra 495 em uma posição aberta. Com referência à Figura 27, é mostrada uma vista parcial em perspectiva da extremidade distal 498 do conjunto de guia de ondas do eixo de acionamento 490. O conjunto de eixo de acionamento de guia de ondas 490 inclui um tubo externo 494 que circunda uma porção do guia de ondas. A porção de

lâmina ultrassônica 496 do guia de ondas 499 se projeta a partir da extremidade distal 498 do tubo externo 494. É a porção de lâmina ultrassônica 496 que entra em contato com o tecido durante um procedimento médico e transfere sua energia ultrassônica ao tecido. O conjunto de eixo de acionamento de guia de ondas 490 inclui também um membro de garra 495 que está acoplado ao tubo externo 494 e um tubo interno (não visível nesta vista). O membro de garra 495, com os tubos internos e externos e com a porção de lâmina ultrassônica 496 do guia de ondas 499, pode ser chamado de um atuador de extremidade 492. Conforme será explicado abaixo, o tubo externo 494 e o tubo interno não ilustrado deslizam longitudinalmente um em relação ao outro. À medida que o movimento relativo entre o tubo externo 494 e o tubo interno não ilustrado ocorre, o membro de garra 495 se articula sobre um ponto de pivô, fazendo assim com que o membro de garra 495 se abra e se feche. Quando fechado, o membro de garra 495 confere uma força de aperto sobre o tecido situado entre o membro de garra 495 e a lâmina ultrassônica 496, garantindo um contato positivo e eficiente entre a lâmina e o tecido.

[00199] A Figura 28 ilustra um conjunto de eixo de acionamento modular 110 e porções do atuador de extremidade 112 do instrumento cirúrgico 100, de acordo com um aspecto da presente invenção. O conjunto de eixo de acionamento 110 compreende um tubo externo 144, um tubo interno 147 e um guia de ondas de transmissão ultrassônica 145. O conjunto de eixo de acionamento 110 é montado de maneira removível ao conjunto de manípulo 102. O tubo interno 147 é recebido de forma deslizante no interior do tubo externo 144. O guia de ondas de transmissão ultrassônica 145 é posicionado no interior do tubo interno 147. O membro de garra 114 do atuador de extremidade 112 está acoplado de modo pivotante ao tubo externo 144 em um ponto de pivô 151. O membro de garra 114 também está acoplado ao tubo interno 147

por um pino 153, de modo que, à medida que o tubo interno 147 desliza no interior da fenda 155, o membro de garra se abre e se fecha. Na configuração ilustrada, o tubo interno 147 está em sua posição distal e o membro de garra 114 está aberto. Para fechar o membro de garra 114, o tubo interno 147 é retraído na direção proximal 157 e, para abrir, o membro de garra é avançado na direção distal 159. A extremidade proximal do conjunto de eixo de acionamento 110 compreende um conjunto de tubo de membro de garra (por exemplo, tubo interno)/mola 141. Uma mola 139 é fornecida para aplicar um mecanismo de controle de força constante para uso com diferentes conjuntos de eixo de acionamento, sistemas de fechamento de motor para controlar sistemas de fechamento de força constante, mecanismos de duas barras para acionar sistemas de fechamento, ressaltos de came para empurrar e puxar o sistema de fechamento, projetos de rosca de acionamento para acionar o sistema de fechamento ou projetos de mola de onda para controlar a força constante.

[00200] A Figura 29 é uma vista em detalhe do conjunto do tubo interno/mola 141. Um mecanismo de fechamento 149 está operacionalmente acoplado ao gatilho 108 (Figuras 1 a 3). Conseqüentemente, à medida que o gatilho 108 é pressionado, o tubo interno 143 é retraído na direção proximal 157 para fechar o membro de garra 114. Conseqüentemente, à medida que o gatilho 108 é liberado, o tubo interno 143 é avançado na direção distal 159 para abrir o membro de garra 114.

[00201] Para uma descrição mais detalhada de um instrumento ultrassônico/eletrocirúrgico combinado, é feita referência à patente US nº 9.107.690, que está aqui incorporada a título de referência.

[00202] A Figura 30 ilustra um instrumento ultrassônico/eletrocirúrgico manual modular combinado alimentado por bateria 500, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura

31 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico 500 mostrado na Figura 30, de acordo com um aspecto da presente invenção. Com referência agora às Figuras 30 e 31, o instrumento cirúrgico 500 compreende um conjunto de manípulo 502, um conjunto de transdutor/gerador de RF ultrassônico 504, um conjunto de bateria 506, um conjunto de eixo de acionamento 510 e um atuador de extremidade 512. O conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 504, o conjunto de bateria 506 e o conjunto de eixo de acionamento 510 são componentes modulares que são conectáveis de maneira removível ao conjunto de manípulo 502. O conjunto de manípulo 502 compreende também um conjunto de motor 560. O instrumento cirúrgico 500 é configurado para utilizar tanto vibração ultrassônica quanto corrente eletrocirúrgica de alta frequência para realizar tratamentos de coagulação/corte cirúrgico em tecido vivo, e utiliza corrente de alta frequência para realizar um tratamento de coagulação cirúrgica em tecido vivo. As vibrações ultrassônicas e a corrente de alta frequência (por exemplo, RF) podem ser aplicadas independentemente ou em combinação, de acordo com algoritmos ou controle de dados inseridos pelo usuário.

[00203] O conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 504 compreende um compartimento 548, uma tela 576, como uma tela de LCD, por exemplo, um transdutor ultrassônico 530, um circuito elétrico 177 (Figuras 4, 10 e/ou circuito elétrico 300 na Figura 14) e um circuito elétrico 702 (Figura 34) configurado para acionar um eletrodo de RF e formar uma porção de um circuito gerador de RF. O conjunto de eixo de acionamento 510 compreende um tubo externo 544, um guia de ondas de transmissão ultrassônica 545 e um tubo interno (não mostrado). O atuador de extremidade 512 compreende um membro de garra 514 e uma lâmina ultrassônica 516. O membro de garra 514 compreende um eletrodo 515 que está acoplado a um circuito gerador de RF. A lâmina

ultrassônica 516 está na extremidade distal do guia de ondas de transmissão ultrassônicas 545. O membro de garra 514 é giratório de forma articulada para segurar o tecido entre o membro de garra 514 e a lâmina ultrassônica 516. O membro de garra 514 está operacionalmente acoplado a um gatilho 508. O gatilho 508 funciona para fechar o membro de garra 514 quando o gatilho 508 é pressionado e para abrir o membro de garra 514 quando o gatilho 508 é liberado para liberar o tecido. Em uma configuração de gatilho de um estágio, o gatilho 508 é pressionado para fechar o membro de garra 514 e, uma vez que o membro de garra 514 é fechado, uma primeira chave 521a de uma seção de chave é ativada para energizar o gerador de RF para selar o tecido. Depois que o tecido é selado, uma segunda chave 521b da seção de chave 520 é ativada para energizar o gerador ultrassônico para cortar o tecido. Em vários aspectos, o gatilho 508 pode ser um gatilho de dois estágios, ou de múltiplos estágios. Em uma configuração de gatilho de dois estágios, durante o primeiro estágio o gatilho 508 é pressionado em parte da trajetória para fechar o membro de garra 514 e, durante o segundo estágio, o gatilho 508 é pressionado no restante da trajetória para energizar o circuito gerador de RF para selar o tecido. Depois que o tecido é selado, uma das chaves 521a, 521b pode ser ativada para energizar o gerador ultrassônico para cortar o tecido. Depois que o tecido é cortado, o membro de garra 514 é aberto mediante a liberação do gatilho 508 para liberar o tecido. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao gatilho 508 para medir a força aplicada ao gatilho 508 pelo usuário. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao botão de chave 520, de modo que a intensidade do deslocamento corresponda à força aplicada pelo usuário ao botão de chave 520.

[00204] O conjunto de bateria 506 está eletricamente conectado ao conjunto de manípulo 502 por um conector elétrico 532. O conjunto de manípulo 502 é dotado de uma seção de chave 520. Uma primeira chave 520a e uma segunda chave 520b são fornecidas na seção de chave 520. O gerador de RF é ativado mediante a atuação da primeira chave 520a e a lâmina ultrassônica 516 é ativada mediante a atuação da segunda chave 520b. Conseqüentemente, a primeira chave 520a energiza o circuito de RF para acionar a corrente de alta frequência através do tecido para formar uma selagem e a segunda chave 520b energiza o transdutor ultrassônico 530 para vibrar a lâmina ultrassônica 516 e cortar o tecido.

[00205] Um botão de giro 518 está operacionalmente acoplado ao conjunto de eixo de acionamento 510. A rotação do botão de giro 518 $\pm 360^\circ$ na direção indicada pelas setas 526 faz com que um tubo externo 544 gire $\pm 360^\circ$ na respectiva direção das setas 528. Em um aspecto, um outro botão de giro 522 pode ser configurado para girar o membro de garra 514 enquanto a lâmina ultrassônica 516 permanece fixa e o botão de giro 518 gira o tubo externo 144 $\pm 360^\circ$. O tubo externo 144 pode ter um diâmetro D_1 na faixa de 5 mm a 10 mm, por exemplo.

[00206] A Figura 32 é uma vista em perspectiva parcial de um instrumento cirúrgico ultrassônico/de RF manual modular combinado alimentado por bateria 600, de acordo com um aspecto da presente invenção. O instrumento cirúrgico 600 é configurado tanto para utilizar vibração ultrassônica quanto corrente de alta frequência para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação/corte em tecido vivo, e utiliza corrente de alta frequência para realizar um tratamento de coagulação cirúrgica em tecido vivo. As vibrações ultrassônicas e a corrente de alta frequência (por exemplo, RF) podem ser aplicadas independentemente ou em combinação, de acordo com algoritmos ou controle de dados inseridos pelo usuário. O instrumento cirúrgico 600 compreende um

conjunto de manípulo 602, um conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 604, um conjunto de bateria 606, um conjunto de eixo de acionamento (não mostrado) e um atuador de extremidade (não mostrado). O conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 604, o conjunto de bateria 606 e o conjunto de eixo de acionamento são componentes modulares que são conectáveis de maneira removível ao conjunto de manípulo 602. Um gatilho 608 está acoplado de modo operacional ao conjunto de manípulo 602. Conforme anteriormente descrito, o gatilho opera o atuador de extremidade.

[00207] O conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 604 compreende um compartimento 648 e uma tela 676, por exemplo, uma tela de LCD. A tela 676 fornece uma exibição visual dos parâmetros do procedimento cirúrgico, como espessura do tecido, situação da selagem, situação do corte, espessura do tecido, impedância do tecido, algoritmo sendo executado, capacidade da bateria, energia sendo aplicada (tanto vibração ultrassônica quanto corrente de RF), entre outros parâmetros. O conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 604 compreende também dois indicadores visuais de retroinformação 678, 679 para indicar a modalidade de energia sendo atualmente aplicada no procedimento cirúrgico. Por exemplo, um indicador 678 mostra quando a energia de RF está sendo utilizada e um outro indicador 679 mostra quando a energia ultrassônica está sendo utilizada. Será reconhecido que quando ambas as modalidades de energia de RF e ultrassônica estiverem sendo aplicadas, ambos os indicadores mostrarão essa condição. O instrumento cirúrgico 600 compreende também um transdutor ultrassônico, um circuito gerador ultrassônico e/ou circuito elétrico, um conjunto de eixo de acionamento e um atuador de extremidade compreendendo um membro de garra e uma lâmina ultrassônica, os componentes modulares sendo similar

àqueles descritos em relação às Figuras 30 e 31 e a descrição não será aqui repetida para propósitos de concisão e clareza da descrição.

[00208] O conjunto de bateria 606 está eletricamente conectado ao conjunto de manípulo 602 por um conector elétrico. O conjunto de manípulo 602 é dotado de uma seção de chave 620. Uma primeira chave 620a e uma segunda chave 620b são fornecidas na seção de chave 620. A lâmina ultrassônica é ativada mediante a atuação da primeira chave 620a e o gerador de RF é ativado mediante a atuação da segunda chave 620b. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao gatilho 608 para medir a força aplicada ao gatilho 608 pelo usuário. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao botão da chave 620 de modo que a intensidade do deslocamento corresponda à força aplicada pelo usuário ao botão de chave 620.

[00209] Um botão de giro 618 está operacionalmente acoplado ao conjunto de eixo de acionamento. A rotação do botão de giro 618 $\pm 360^\circ$ faz com que um tubo externo gire $\pm 360^\circ$ na respectiva direção, conforme descrito na presente invenção em relação às Figuras 30 e 31. Em um aspecto, um outro botão de giro pode ser configurado para girar o membro de garra enquanto a lâmina ultrassônica permanece fixa e o botão de giro 618 gira o tubo externo $\pm 360^\circ$. Um botão 673 é utilizado para conectar e reter o conjunto de eixo de acionamento no conjunto de manípulo 602. Uma outra chave deslizante 675 é utilizada para travar e liberar o conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 604.

[00210] Em um aspecto, o instrumento cirúrgico 500, 600 inclui uma energia avançada alimentada por bateria (vibração ultrassônica mais corrente de alta frequência) com amplificação do acionador dividida em múltiplos estágios. Os diferentes estágios de amplificação podem residir em diferentes componentes modulares do instrumento cirúrgico 500,

600 como o conjunto de manípulo 502, 602, o conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 504, 604, o conjunto de bateria 506, 606, o conjunto de eixo de acionamento 510 e/ou o atuador de extremidade 112. Em um aspecto, o conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 504, 604 pode incluir um estágio de amplificação no transdutor ultrassônico e/ou circuitos eletrônicos de RF no interior do compartimento 548, 648 e diferentes razões de amplificação com base na modalidade de energia associada ao modo de energia específico. O estágio final pode ser controlado por meio de sinais provenientes do sistema eletrônico do instrumento cirúrgico 100 situado no conjunto de manípulo 502, 602 e/ou do conjunto de bateria 506, 606 através de uma estrutura de barramento, como I²C, conforme anteriormente descrito. O sistema de chaves de estágio final pode ser empregado para aplicar energia ao transformador e aos capacitores de bloqueio para formar a forma de onda de RF. As medições da saída de RF, como tensão e corrente, são alimentadas de volta ao sistema eletrônico através do barramento. O conjunto de manípulo 502, 602 e/ou o conjunto de bateria 506, 606 podem conter a maior parte dos circuitos de amplificação primários incluindo quaisquer componentes elétricos de isolamento, controle de motor e gerador de forma de onda. Os dois transdutores ultrassônicos diferentes (por exemplo, o transdutor ultrassônico 130, 130' mostrado nas Figuras 8 e 9) e o transdutor de RF contêm o circuito eletrônico para utilizar os sinais do gerador de pré-condições e realizar o condicionamento final para alimentar diferentes transdutores de frequência de sinais de RF nas faixas de frequência e amplitudes desejadas. Isso minimiza o peso, o tamanho e o custo do circuito eletrônico que reside apenas nos próprios transdutores. Possibilita também que placas processadoras primárias ocupem as áreas do cabo que têm o espaço mais útil que raramente é onde o transdutor está, devido ao seu tamanho. Possibilita também que o circuito eletrônico seja

dividido de modo que os elementos de alto desgaste e alto ciclo de trabalho possam ser fixados apenas de forma conectiva ao circuito eletrônico primário, facilitando a realização de manutenção e reparos uma vez que o sistema é projetado para vários ciclos de uso repetido antes do descarte.

[00211] Os instrumentos cirúrgicos 500, 600 descritos em relação às Figuras 30 a 32 são configurados para utilizar corrente de alta frequência para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação/corte em tecido vivo, e utilizam corrente de alta frequência para realizar um tratamento de coagulação cirúrgica em tecido vivo. Conseqüentemente, outros componentes estruturais e funcionais para realizar essa funcionalidade adicional serão descritos mais adiante neste documento em relação às Figuras 33 a 44.

[00212] Os aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 506, 606 são similares àqueles do conjunto de bateria 106 para o instrumento cirúrgico 100 descrito em relação às Figuras 1, 2, e 16 a 24, incluindo os circuitos de bateria descritos em relação às Figuras 20 a 24. Conseqüentemente, para propósitos de concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 106 são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos. De modo similar, exceto onde especificado em contrário, os aspectos estruturais e funcionais do conjunto de eixo de acionamento 510 são similares àqueles do conjunto de eixo de acionamento 110 para o instrumento cirúrgico 100 descrito em relação às Figuras 1 a 3. Conseqüentemente, para concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais do conjunto de eixo de acionamento 110 são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos. Além disso, os aspectos estruturais e funcionais dos circuitos geradores do transdutor ultrassônico 530 são similares àqueles dos circuitos geradores do transdutor ultrassônico 130 para o instrumento

cirúrgico 100 descrito em relação às Figuras 1, 2 e 4 a 15. Consequentemente, para concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais do transdutor ultrassônico 130 e dos circuitos geradores são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos. Além disso, os instrumentos cirúrgicos 500, 600 incluem os circuitos descritos em relação às Figuras 12 a 15, incluindo, por exemplo, o circuito de controle 210 descrito em relação à Figura 14 e o circuito elétrico 300 descrito em relação à Figura 15. Consequentemente, para concisão e clareza da descrição, a descrição dos circuitos descritos em relação às Figuras 12 a 15 é aqui incorporada a título de referência e não será aqui repetida.

[00213] Com referência agora à Figura 33, é mostrada uma porção de bocal 700 dos instrumentos cirúrgicos 500, 600 descritos em conexão com as Figuras 30 a 32, de acordo com um aspecto da presente invenção. O bocal 700 contém um circuito elétrico 702 configurado para direcionar a corrente de RF de alta frequência para um eletrodo situado no atuador de extremidade, conforme descrito mais adiante neste documento em relação às Figuras 38 a 44. O circuito elétrico 702 está acoplado ao enrolamento primário de um transformador 704. O lado positivo do enrolamento do transformador secundário 704 está acoplado ao primeiro e ao segundo capacitor de bloqueio 706, 708 conectados em série. O lado de carga do segundo capacitor de bloqueio 708 está acoplado ao terminal positivo de RF(+) que está acoplado ao lado positivo do eletrodo do atuador de extremidade. O lado negativo do enrolamento do transformador secundário 704 está acoplado ao terminal negativo de RF(-), de outro modo chamado de aterramento. Será reconhecido que o terminal RF(-) ou de aterramento da energia do circuito de RF está acoplado a um tubo externo 744, que é feito de um metal eletricamente condutivo. Consequentemente, durante o uso, a corrente de alta frequência é

conduzida a partir do eletrodo do atuador de extremidade RF(+) através do tecido e retorna através do eletrodo negativo RF(-).

[00214] Com referência agora também às Figuras 30, 31, em um aspecto, o tubo externo 744 está operacionalmente acoplado à porção de membro de garra 514 do atuador de extremidade 512, de modo que o membro de garra 514 se abra quando o tubo externo 744 for avançado na direção distal 722 e que o membro de garra 514 se feche quando o tubo externo 744 for retraído na direção proximal 724. Embora não mostrado na Figura 33, o tubo externo 744 está operacionalmente acoplado ao gatilho 508, que é utilizado para abrir e fechar a porção de membro de garra 514 do atuador de extremidade 512. Exemplos de mecanismos de atuação para uso com instrumentos cirúrgicos ultrassônicos, conforme descrito aqui, são revelados na publicação US nº 2006/0079879 e na publicação US nº 2015/0164532, que estão aqui incorporadas a título de referência.

[00215] Ainda com referência às Figuras 30, 31 e 33, em um aspecto, um tubo interno 714 está disposto de forma deslizante no interior do tubo externo 744. O tubo interno 714 está operacionalmente acoplado ao membro de garra 514 para girar o membro de garra 514 enquanto mantém a lâmina ultrassônica 516 fixa. No aspecto mostrado nas Figuras 30 e 31, o tubo interno 714 é girado pelo botão de giro 522. No aspecto mostrado na Figura 33, um motor 719 pode ser fornecido no interior do conjunto de manípulo 502 para engatar uma engrenagem 721 na extremidade proximal do tubo externo 744, opcionalmente através de uma engrenagem de roldana 725.

[00216] Ainda com referência às Figuras 30, 31 e 33, em um aspecto, um tubo interno eletricamente isolante (por exemplo, borracha, plástico) 716 está disposto de forma deslizante no interior do tubo interno 714. Um circuito flexível 728 pode estar disposto no interior do tubo interno eletricamente isolante 716 para acoplar eletricamente os circuitos de

energia e o sensor ao atuador de extremidade 512. Por exemplo, o membro de garra 514 pode compreender um eletrodo acoplado aos condutores no circuito flexível 728. Em outros aspectos, o atuador de extremidade 512, o membro de garra 514 ou a lâmina ultrassônica 516 podem compreender vários sensores ou outros elementos elétricos que podem estar interconectados a circuitos e componentes elétricos no conjunto de eixo de acionamento 510, no conjunto de manípulo 502, no conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 504 e/ou no conjunto de bateria 506, por exemplo.

[00217] Ainda com referência às Figuras 30, 31 e 33, em um aspecto, o guia de ondas de transmissão ultrassônica 545 (mostrado apenas na Figura 32; não mostrado na Figura 33 para maior clareza) está disposto no interior do tubo interno eletricamente isolante 716. Em um aspecto, o eletrodo positivo RF(+) do circuito elétrico 702 está acoplado eletricamente ao guia de ondas de transmissão ultrassônica 545 e o eletrodo negativo RF(-) do circuito elétrico 702 está acoplado eletricamente a um eletrodo disposto no membro de garra 514, que está acoplado eletricamente ao tubo externo 744. Em funcionamento, depois que o tecido é preso entre a lâmina ultrassônica 516 e o membro de garra 514, os circuitos de controle do instrumento cirúrgico 500 podem executar vários algoritmos para selar e cortar o tecido. As vibrações ultrassônicas e a energia de alta frequência podem ser aplicadas ao tecido de acordo com condições de tecido monitoradas, por exemplo, impedância de tecido, atrito e similares. Em algumas situações, a corrente de alta frequência é aplicada ao tecido através da lâmina ultrassônica 516 e de volta à trajetória de retorno do tubo externo 744. A impedância de tecido é monitorada e quando uma selagem de tecido é formada, conforme pode ser determinado pela impedância do tecido, a lâmina ultrassônica 516 é mecanicamente energizada para induzir a energia vibracional no tecido para cortá-lo. Em outros aspectos, as

vibrações ultrassônicas e a alta frequência podem ser aplicadas por pulsação destas modalidades de energia, aplicando as modalidades de energia alternativa ou simultaneamente. Em situações relativamente exclusivas, um algoritmo pode detectar quando a impedância do tecido está extremamente baixa para fornecer energia ao tecido. Em resposta, o algoritmo energiza a lâmina ultrassônica 516 mecanicamente para aplicar energia vibratória ao tecido até o momento em que a impedância exceder um limiar adequado para a aplicação da corrente de alta frequência. Ao atingir este limiar, o algoritmo altera o modo de fornecimento de energia para corrente de alta frequência para selar o tecido.

[00218] A Figura 34 é um diagrama esquemático de um aspecto de um circuito elétrico 702 configurado para acionar uma corrente de alta frequência (RF), de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito elétrico 702 compreende um multiplexador analógico 580. O multiplexador analógico 580 multiplexa vários sinais a partir dos canais a montante SCL-A/SDA-A como circuitos de RF, de bateria e de controle de energia. Um sensor de corrente 582 está acoplado em série à perna de retorno ou de aterramento do circuito de fonte de alimentação para medir a corrente fornecida pela fonte de alimentação. Um sensor de temperatura 584 de transistor de efeito de campo (FET) fornece a temperatura ambiente. Um temporizador de vigilância de modulação por largura de pulso (PWM) 588 gera automaticamente uma reinicialização do sistema se o programa principal deixar de repará-lo periodicamente. Ele é fornecido para reiniciar automaticamente o circuito elétrico 702 quando ele trava ou congela devido a uma falha de software ou hardware. Será reconhecido que o circuito elétrico 702 pode ser configurado para acionar eletrodos de RF ou para acionar o transdutor ultrassônico 130 conforme descrito em conexão com a Figura 11, por exemplo. Conseqüentemente, com referência agora novamente à

Figura 34, o circuito elétrico 702 pode ser utilizado para acionar tanto eletrodos ultrassônicos quanto de RF de forma intercambiável.

[00219] Um circuito de acionamento 586 fornece saídas de energia de RF à esquerda e à direita. Um sinal digital que representa a forma de onda de sinal é fornecido às entradas SCL-A/SDA-A do multiplexador analógico 580 a partir de um circuito de controle, como o circuito de controle 210 (Figura 14). Um conversor de digital para analógico (DAC) 590 converte a entrada digital em uma saída analógica para gerar um circuito de modulação por largura de pulso 592 acoplado a um oscilador 594. O circuito de modulação por largura de pulso 592 fornece um primeiro sinal para um primeiro circuito de acionamento de porta 596a acoplado a um primeiro estágio de saída do transistor 598a para acionar uma primeira saída de energia de RF+ (esquerda). O circuito de modulação por largura de pulso 592 também fornece um segundo sinal para um segundo circuito de acionamento de porta 596b acoplado a um segundo estágio de saída do transistor 598b para acionar uma segunda saída de energia de RF- (direita). Um sensor de tensão 599 está acoplado entre os terminais de saída de RF à esquerda/RF para medir a tensão de saída. O circuito de acionamento 186, os primeiro e segundo circuitos de acionamento 196a, 196b, e os primeiro e segundo estágios de saída do transistor 198a, 198b definem um circuito amplificador de primeiro estágio. Em funcionamento, o circuito de controle 210 (Figura 14) gera uma forma de onda digital 1800 (Figura 67) que emprega circuitos como os circuitos de síntese direta digital (DDS) 1500, 1600 (Figuras 65 e 66). O DAC 590 recebe a forma de onda digital 1800 e a converte em uma forma de onda analógica, que é recebida e amplificada pelo circuito amplificador de primeiro estágio.

[00220] A Figura 35 é um diagrama esquemático do transformador 704 acoplado ao circuito elétrico 702 mostrado na Figura 34, de acordo com um aspecto da presente invenção. Os terminais de RF esquerdo/de

entrada de RF (enrolamento primário) do transformador 704 estão acoplados eletricamente aos terminais de RF esquerdo/de saída de RF do circuito elétrico 702. Um lado do enrolamento secundário está acoplado em série ao primeiro e ao segundo capacitor de bloqueio 706, 708. O segundo capacitor de bloqueio está acoplado ao terminal de RF+ 574a. O outro lado do enrolamento secundário está acoplado ao terminal de RF- 574b. Conforme anteriormente discutido, a saída de RF+ 574a está acoplada à lâmina ultrassônica 516 (Figura 30) e o terminal de aterramento RF- 574b está acoplado ao tubo externo 544 (Figura 30). Em um aspecto, o transformador 166 tem uma razão de voltas de $n_1:n_2$ de 1:50.

[00221] A Figura 36 é um diagrama esquemático de um circuito 710 compreendendo fontes separadas de alimentação para circuitos energia de alta potência/de acionamento e circuitos de baixa potência, de acordo com um aspecto da presente invenção. A fonte de alimentação 712 inclui uma bateria primária compreendendo as primeira e segunda baterias primárias 715, 717 (por exemplo, baterias de íons de Li) que estão conectadas ao circuito 710 por uma chave 718 e uma bateria secundária compreendendo uma bateria secundária 720 que está conectada ao circuito por uma chave 723 quando a fonte de alimentação 712 é inserida no conjunto de bateria. A bateria secundária 720 é uma bateria de prevenção de queda que tem componentes resistentes a esterilização por radiação gama ou outra radiação. Por exemplo, uma fonte de alimentação chaveada 727 e um circuito de carga opcional no interior do conjunto de bateria podem ser incorporados para permitir que a bateria secundária 720 reduza a queda de tensão das baterias primárias 715, 717. Isso garante células totalmente carregadas no início de uma cirurgia que são fáceis de introduzir no campo estéril. As baterias primárias 715, 717 podem ser utilizadas para alimentar os circuitos de controle do motor 726 e os circuitos de energia 732

diretamente. A fonte de alimentação/bateria 712 pode compreender um conjunto de bateria do tipo dupla incluindo baterias primárias de íons de Li 715, 717 e baterias secundárias de NiMH 720 com células de energia dedicadas 720 para controlar os circuitos eletrônicos do cabo 730 a partir das células de energia dedicadas 715, 717 para operar os circuitos de controle do motor 726 e os circuitos de energia 732. Nesse caso, o circuito 710 se alimenta das baterias secundárias 720 envolvidas no acionamento dos circuitos eletrônicos do cabo 730 quando as baterias primárias 715, 717 envolvidas no acionamento dos circuitos de energia 732 e/ou circuitos de controle do motor 726 estão baixando. Em um aspecto diferente, o circuito 710 pode incluir um diodo de sentido único que não possibilita que a corrente flua na direção oposta (por exemplo, a partir das baterias envolvidas no acionamento da energia e/ou circuitos de controle do motor para as baterias envolvidas no acionamento dos circuitos eletrônicos).

[00222] Ainda, pode ser fornecido um circuito de carga passível de exposição à radiação gama que inclui uma fonte de alimentação chaveada 727 utilizando diodos e componentes de tubo de vácuo para minimizar a queda de tensão em um nível predeterminado. Com a inclusão de uma mínima queda de tensão que é uma divisão das tensões de NiMH (3 células de NiMH), a fonte de alimentação chaveada 727 poderia ser eliminada. Ainda, pode ser fornecido um sistema modular em que os componentes reforçados contra radiação estão situados em um módulo, tornando o módulo esterilizável por esterilização por radiação. Outros componentes não reforçados contra radiação podem estar incluídos em outros componentes modulares e conexões feitas entre os componentes modulares, de modo que o componente opere junto como se os componentes estivessem situados juntos na mesma placa de circuito. Se apenas duas células de NiMH forem desejadas, a fonte de alimentação chaveada 727 baseada em

diodos e tubos de vácuo possibilita o circuito eletrônico esterilizável no interior da bateria primária descartável.

[00223] Com referência agora à Figura 37, é mostrado um circuito de controle 800 para operação de um circuito gerador de RF 802 alimentado pela bateria 801 para uso com o instrumento cirúrgico 500 mostrado nas Figuras 30 e 31, de acordo com um aspecto da presente invenção. O instrumento cirúrgico 500 é configurado tanto para utilizar vibração ultrassônica quanto corrente de alta frequência para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação/corte em tecido vivo, e utiliza corrente de alta frequência para realizar um tratamento de coagulação cirúrgica em tecido vivo.

[00224] A Figura 37 ilustra um circuito de controle 800 que possibilita que um sistema gerador duplo alterne entre as modalidades de energia do circuito gerador de RF 802 e do circuito gerador ultrassônico 820 (similar ao circuito elétrico 177 mostrado nas Figuras 11 e 12) para o instrumento cirúrgico 500 mostrado nas Figuras 30 e 31. Em um aspecto, um limiar de corrente em um sinal de RF é detectado. Quando a impedância do tecido for baixa, a corrente de alta frequência através do tecido é alta quando a energia de RF for utilizada como a fonte para o tratamento do tecido. De acordo com um aspecto, um indicador visual 812 ou luz situado no instrumento cirúrgico 500 pode ser configurado para entrar em um estado ligado durante esse período de alta corrente. Quando a corrente cai abaixo de um limiar, o indicador visual 812 entra em um estado desligado. Consequentemente, um fototransistor 814 pode ser configurado para detectar a transição de um estado ligado para um estado desligado e desativar a energia de RF, conforme mostrado no circuito de controle 800 mostrado na Figura 37. Portanto, quando o botão de energia é liberado e a chave de energia 826 é aberta, o circuito de controle 800 é reinicializado e ambos os circuitos de RF e de gerador ultrassônico 802, 820 são mantidos desligados.

[00225] Com referência às Figuras 30 a 33 e 37, em um aspecto, é fornecido um método de gerenciamento de um circuito gerador de RF 802 e de um circuito gerador de ultrassom 820. Conforme anteriormente descrito, o circuito gerador de RF 802 e/ou o circuito gerador de ultrassom 820 podem estar situados no conjunto de manípulo 502, no conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 504, no conjunto de bateria 506, no conjunto de eixo de acionamento 510 e/ou no bocal 700. O circuito de controle 800 é mantido em um estado reinicializado se a chave de energia 826 estiver desligada (ou seja, aberta). Dessa forma, quando a chave de energia 826 estiver aberta, o circuito de controle 800 é reinicializado e ambos os circuitos geradores de RF e ultrassônicos 802, 820 são desligados. Quando a chave de energia 826 é pressionada e a chave de energia 826 é engatada (ou seja, fechada), a energia de RF é distribuída ao tecido e um indicador visual 812 operado por um transformador de aumento de detecção de corrente 804 ficará aceso enquanto a impedância de tecido estiver baixa. A luz do indicador visual 812 fornece um sinal lógico para manter o circuito gerador ultrassônico 820 no estado desligado. Uma vez que a impedância de tecido aumenta além de um limiar e a corrente de alta frequência através do tecido diminui abaixo de um limiar, o indicador visual 812 desliga e luz passa para um estado desligado. Um sinal lógico gerado por essa transição desliga o relé 808, por meio do que o circuito gerador de RF 802 é desligado e o circuito gerador ultrassônico 820 é ligado, para concluir o ciclo de coagulação e corte.

[00226] Ainda com referência às Figuras 30 a 33 e 37, em um aspecto, a configuração do circuito gerador duplo 802, 820 emprega um circuito gerador de RF 802 na placa, o qual é alimentado pela bateria 801, para uma modalidade, e um segundo circuito gerador de ultrassom 820 na placa, que pode estar incluído no conjunto de manípulo 502, no conjunto de bateria 506, no conjunto de eixo de acionamento 510, no

bocal 700 e/ou no conjunto de transdutor ultrassônico/gerador de RF 504. O circuito gerador ultrassônico 820 também é operado por bateria 801. Em vários aspectos, o circuito gerador de RF 802 e o circuito gerador ultrassônico 820 podem ser um componente do conjunto de manípulo 502 integrado ou separável. De acordo com vários aspectos, ter os circuitos geradores de RF/ultrassônicos duplos 802, 820 como parte do conjunto de manípulo 502 pode eliminar a necessidade de fiação complicada em um ambiente em que está o instrumento cirúrgico 500. Os circuitos geradores de RF/ultrassônicos 802, 820 podem ser configurados para fornecer as capacidades totais de um gerador existente, enquanto se utilizam as capacidades de um sistema gerador sem fio simultaneamente.

[00227] Qualquer tipo de sistema pode ter controles separados para as modalidades que não estão se comunicando entre si. O cirurgião ativa a energia de RF e ultrassônica separadamente e a seu critério. Uma outra abordagem seria fornecer esquemas de comunicação completamente integrados que compartilham botões, estados do tecido, parâmetros operacionais do instrumento (como sistema de fechamento por garra, forças, etc.) e algoritmos para gerenciar o tratamento de tecido. Diversas combinações dessa integração podem ser implementadas para fornecer o nível adequado de funcionamento e desempenho.

[00228] Em um aspecto, o circuito de controle 800 inclui um circuito gerador de RF 802 alimentado pela bateria 801 compreendendo uma bateria como uma fonte de energia. Conforme mostrado, o circuito gerador de RF 802 está acoplado a duas superfícies eletricamente condutivas aqui chamadas de eletrodos 806a, 806b e é configurado para acionar os eletrodos 806a, 806b com energia de RF (ou seja, corrente de alta frequência). Um primeiro enrolamento 810a de um transformador de elevação 804 é conectado em série com um polo do

circuito gerador de RF bipolar 802 e o eletrodo de retorno 806b. Em um aspecto, o primeiro enrolamento 810a e o eletrodo de retorno 806b são conectados ao polo negativo do circuito gerador de RF bipolar 802. O outro polo do circuito gerador de RF bipolar 802 é conectado ao eletrodo ativo 806a através de um contato de chave 809 de um relé 808, ou qualquer dispositivo de chaveamento eletromagnético adequado compreendendo uma armadura que é movida por um eletromagneto 836 para operar o contato de chave 809. O contato de chave 809 é fechado quando o eletromagneto 836 é energizado e o contato de chave 809 é aberto quando o eletromagneto 836 é desenergizado. Quando o contato de chave é fechado, a corrente de RF flui através do tecido condutivo (não mostrado) situado entre os eletrodos 806a, 806b. Será reconhecido que, em um aspecto, o eletrodo ativo 806a é conectado ao polo positivo do circuito gerador de RF bipolar 802.

[00229] Um circuito indicador visual 805 compreende um transformador de elevação 804, um resistor em série R2 e um indicador visual 812. O indicador visual 812 pode ser adaptado para uso com o instrumento cirúrgico 500 e outros sistemas e ferramentas eletrocirúrgicos, como aqueles aqui descritos. O primeiro enrolamento 810a do transformador de elevação 804 está conectado em série ao eletrodo de retorno 806b e um segundo enrolamento 810b do transformador de elevação 804 está conectado em série a um resistor R2 e a um indicador visual 812 compreendendo uma lâmpada de neon do tipo NE-2, por exemplo.

[00230] Em funcionamento, quando o contato de chave 809 do relé 808 é aberto, o eletrodo ativo 806a é desconectado do polo positivo do circuito gerador de RF bipolar 802 e nenhuma corrente flui através do tecido, do eletrodo de retorno 806b e do primeiro enrolamento 810a do transformador de elevação 804. Conseqüentemente, o indicador visual 812 não é energizado e não emite luz. Quando o contato de chave 809

do relé 808 é fechado, o eletrodo ativo 806a é conectado ao polo positivo do circuito gerador de RF bipolar 802, possibilitando que a corrente flua através do tecido, do eletrodo de retorno 806b e do primeiro enrolamento 810a do transformador de elevação 804 para funcionar sobre o tecido, por exemplo, cortar e cauterizar o tecido.

[00231] Uma primeira corrente flui através do primeiro enrolamento 810a em função da impedância do tecido situado entre os eletrodos ativo e de retorno 806a, 806b fornecendo uma primeira tensão através do primeiro enrolamento 810a do transformador de elevação 804. Uma segunda tensão elevada é induzida através do segundo enrolamento 810b do transformador de elevação 804. A tensão secundária aparece através do resistor R2 e energiza o indicador visual 812, fazendo com que a lâmpada de neon acenda quando a corrente através do tecido é maior que um limiar predeterminado. Será reconhecido que o circuito e os valores de componente são ilustrativos e não limitados a eles. Quando o contato de chave 809 do relé 808 é fechado, a corrente flui através do tecido e o indicador visual 812 é ligado.

[00232] Referindo-se agora à porção da chave de energia 826 do circuito de controle 800, quando a chave de energia 826 está na posição aberta, uma lógica alta é aplicada à entrada de um primeiro inversor 828 e uma lógica baixa é aplicada a uma das duas entradas da porta AND 832. Dessa forma, a saída da porta AND 832 é baixa e o transístor 834 é desligado para impedir que a corrente flua através do enrolamento do eletromagneto 836. Com o eletromagneto 836 no estado desenergizado, o contato de chave 809 do relé 808 permanece aberto e impede que a corrente flua através dos eletrodos 806a, 806b. A saída de lógica baixa do primeiro inversor 828 também é aplicada a um segundo inversor 830, fazendo com que a saída aumente e reinicializando um "flip-flop" 818 (por exemplo, um "flip-flop" do tipo D). Nesse momento, a saída Q passa para um estado lógico baixo para

desligar o circuito gerador de ultrassom 820 e a saída \bar{Q} passa para um estado lógico alto e é aplicada à outra entrada da porta AND 832.

[00233] Quando o usuário pressiona a chave de energia 826 no cabo do instrumento para aplicar energia ao tecido entre os eletrodos 806a, 806b, a chave de energia 826 se fecha e aplica uma lógica baixa na entrada do primeiro inversor 828, que aplica uma lógica alta à outra entrada da porta AND 832, fazendo com que a saída da porta AND 832 aumente e ligue o transistor 834. No estado ligado, o transistor 834 conduz e reduz a corrente através do enrolamento do eletromagneto 836 para energizar o eletromagneto 836 e fechar o contato de chave 809 do relé 808. Conforme discutido acima, quando o contato de chave 809 é fechado, a corrente pode fluir através dos eletrodos 806a, 806b e do primeiro enrolamento 810a do transformador de elevação 804 quando o tecido está situado entre os eletrodos 806a, 806b.

[00234] Conforme discutido acima, a magnitude da corrente que flui através dos eletrodos 806a, 806b depende da impedância do tecido situado entre os eletrodos 806a, 806b. Inicialmente, a impedância de tecido é baixa e a magnitude da corrente é alta através do tecido e do primeiro enrolamento 810a. Consequentemente, uma tensão aplicada ao segundo enrolamento 810b é alta o suficiente para ligar o indicador visual 812. A luz emitida pelo indicador visual 812 liga o fototransistor 814, o que reduz a entrada do inversor 816 e faz com que a saída do inversor 816 aumente. Uma entrada no estado lógico alto aplicada ao CLK do flip-flop 818 não tem efeito sobre Q ou as saídas \bar{Q} do flip-flop 818 e a saída Q permanece no estado lógico baixo e a saída \bar{Q} permanece no estado lógico alto. Consequentemente, enquanto o indicador visual 812 permanece energizado, o circuito gerador de ultrassom 820 é desligado e o transdutor ultrassônico 822 e a lâmina ultrassônica 824 não são ativados.

[00235] Conforme o tecido entre os eletrodos 806a, 806b seca

devido ao calor gerado pela corrente que flui através do tecido, a impedância do tecido aumenta e a corrente através dele diminui. Quando a corrente através do primeiro enrolamento 810a diminui, uma tensão através do segundo enrolamento 810b também diminui e quando uma tensão cai abaixo de um limiar mínimo exigido para operar o indicador visual 812, o indicador visual 812 e o fototransistor 814 desligam. Quando o fototransistor 814 se desliga, uma lógica alta é aplicada à entrada do inversor 816 e uma lógica baixa é aplicada à entrada *CLK* do flip-flop 818 para registrar o tempo de uma lógica alta para a saída *Q* e uma lógica baixa para a saída \bar{Q} . A lógica alta na saída *Q* liga o circuito gerador de ultrassom 820 para ativar o transdutor ultrassônico 822 e a lâmina ultrassônica 824 para iniciar o corte do tecido localizado entre os eletrodos 806a, 806a. Simultaneamente ou quase simultaneamente com o circuito gerador de ultrassom 820 se ligando, a saída \bar{Q} do flip-flop 818 passa o estado lógico baixo e faz com que a saída da porta AND 832 passe para o estado lógico baixo e desligue o transistor 834, desenergizando, assim, o eletroímã 836 e abrindo o contato de chave 809 do relê 808 para cortar o fluxo de corrente através dos eletrodos 806a, 806b.

[00236] Enquanto o contato de chave 809 do relê 808 estiver aberto, nenhuma corrente flui através dos eletrodos 806a, 806b, do tecido e do primeiro enrolamento 810a do transformador de elevação 804. Portanto, nenhuma tensão é desenvolvida através do segundo enrolamento 810b e nenhuma corrente flui através o indicador visual 812.

[00237] O estado de *Q* as saídas \bar{Q} do flip-flop 818 permanecem os mesmos enquanto o usuário pressiona a chave de energia 826 no cabo do instrumento para manter a chave de energia 826 fechada. Dessa forma, a lâmina ultrassônica 824 permanece ativada e continua a cortar o tecido entre as garras do atuador de extremidade, enquanto nenhuma corrente flui através dos eletrodos 806a, 806b a partir do circuito gerador

de RF bipolar 802. Quando o usuário libera a chave de energia 826 no cabo do instrumento, a chave de energia 826 se abre e a saída do primeiro inversor 828 passa para o estado lógico baixo e a saída do segundo inversor 830 passa para o estado lógico alto para reiniciar o flip-flop 818, fazendo com que a saída Q passe para o estado lógico baixo e desligue o circuito gerador de ultrassom 820. Ao mesmo tempo, a saída \bar{Q} passa para o estado lógico alto e o circuito está agora em um estado desligado e pronto para o usuário acionar a chave de energia 826 no cabo do instrumento para fechar a chave de energia 826, aplicar a corrente ao tecido localizado entre os eletrodos 806a, 806b, e repetir o ciclo de aplicação de energia de RF ao tecido e energia ultrassônica ao tecido conforme descrito acima.

[00238] A Figura 38 é uma vista em corte de um atuador de extremidade 900, de acordo com um aspecto da presente invenção. O atuador de extremidade 900 compreende uma lâmina ultrassônica 902 e um membro de garra 904. O membro de garra 904 tem um sulco em formato de canal 906 em que parte do atuador de extremidade 900 é engatada, ao longo de uma direção axial. O sulco em formato de canal 906 tem um formato de canal amplo com uma ampla abertura em uma seção ortogonal a um eixo geométrico do membro de garra 904. O membro de garra 904 é produzido a partir de um material condutivo e um membro isolante 910 é fornecido em uma faixa onde a lâmina ultrassônica 902 está em contato ao longo da direção axial sobre uma porção de superfície de fundo 912 do formato de canal.

[00239] A lâmina ultrassônica 902 tem um formato rômbo parcialmente recortado na seção ortogonal à direção axial. O formato seccional da lâmina ultrassônica 902 é um formato que é cortado na direção ortogonal a uma linha diagonal mais longa do formato rômbo, conforme mostrado na Figura 38. A lâmina ultrassônica 902, com parte do formato rômbo cortado no formato seccional, tem uma porção

trapezoidal 914 que é encaixada no sulco em formato de canal 906 do membro de garra 904. Uma porção, na qual parte do formato retângulo não é cortada no formato seccional, é uma porção em triângulo isósceles 916 da lâmina ultrassônica 902.

[00240] Quando o gatilho do conjunto de manípulo é fechado, a lâmina ultrassônica 902 e o membro de garra 904 são encaixados um no outro. Quando estão encaixadas, a porção de superfície de fundo 912 do sulco em formato de canal 906 está em contiguidade sobre uma porção de superfície de topo 918 da porção trapezoidal 914 da lâmina ultrassônica 902, e duas porções de parede interna 920 do sulco em formato de canal 906 são contíguas sobre porções de superfície inclinada 922 da porção trapezoidal 914.

[00241] Ainda, uma porção de ápice 924 da porção em triângulo isósceles 916 da lâmina ultrassônica 902 é formada para ser arredondada, porém a porção de ápice 924 tem um ângulo ligeiramente agudo.

[00242] Quando o instrumento cirúrgico é utilizado como um instrumento em forma de espátula para tratamento ultrassônico, a lâmina ultrassônica 902 atua como uma porção para tratamento ultrassônico por vibração e a porção de ápice 924 e sua porção periférica (mostrada pela linha pontilhada) atuam particularmente como um bisturi para o tecido do objeto de tratamento.

[00243] Ainda, quando o instrumento cirúrgico é utilizado como um instrumento em forma de espátula para tratamento de alta frequência, a porção de ápice 924 e sua porção periférica (mostrada pela linha pontilhada) atuam como um bisturi elétrico para o tecido do objeto de tratamento.

[00244] Em um aspecto, a porção de superfície de fundo 912 e as porções de parede interna 920, bem como a porção de superfície de topo 918 e as porções de superfície inclinada 922, atuam como as

superfícies de trabalho de uma vibração ultrassônica.

[00245] Ainda, em um aspecto, as porções de parede interna 920 e as porções de superfície inclinada 922 atuam como as superfícies de trabalho de uma corrente bipolar de alta frequência.

[00246] Em um aspecto, o instrumento cirúrgico pode ser utilizado como um o instrumento de tratamento em forma de espátula de saída simultânea de ultrassom e corrente de alta frequência, a lâmina ultrassônica 902 atua como a porção para tratamento ultrassônico por vibração, e a porção de ápice 924 e sua porção periférica (mostrada pela linha pontilhada) atuam particularmente como um bisturi elétrico para o tecido do objeto de tratamento.

[00247] Ainda, quando o instrumento cirúrgico fornece saída simultânea de ultrassom e corrente de alta frequência, a porção de superfície de fundo 912 e a porção de superfície de topo 918 atuam como as superfícies de trabalho de uma vibração ultrassônica, e as porções de parede interna 920 e as porções de superfície inclinada 922 atuam como as superfícies de trabalho de uma corrente bipolar de alta frequência.

[00248] Consequentemente, de acordo com a configuração da porção de tratamento mostrada na Figura 37, é oferecida excelente operabilidade não apenas no caso do uso do instrumento cirúrgico como um instrumento de tratamento por ultrassom ou um instrumento de tratamento de alta frequência, mas também no caso do uso do instrumento cirúrgico como um instrumento de tratamento por ultrassom ou instrumento de tratamento por corrente de alta frequência, e ainda no caso do uso do instrumento cirúrgico para o momento de saída simultânea de ultrassom e de alta frequência.

[00249] Quando o instrumento cirúrgico executa saída de corrente de alta frequência ou saída simultânea de corrente de alta frequência e ultrassom, a saída monopolar pode ser ativada em vez de uma saída

bipolar como a saída de alta frequência.

[00250] A Figura 39 é uma vista em seção de um atuador de extremidade 930, de acordo com um aspecto da presente invenção. O membro de garra 932 é produzido a partir de um material condutivo e um membro isolante 934 é fornecido ao longo da direção axial em uma porção de superfície de fundo 936 do formato de canal.

[00251] A lâmina ultrassônica 938 tem um formato rômbo parcialmente recortado na seção ortogonal à direção axial. O formato seccional da lâmina ultrassônica 938 é um formato no qual parte do formato rômbo é cortado na direção ortogonal a uma linha diagonal, conforme mostrado na Figura 39. A lâmina ultrassônica 938 com parte do formato rômbo recortado no formato seccional tem uma porção trapezoidal 940 que é engatada em um sulco em formato de canal 942 do membro de garra 932. Uma porção na qual parte do formato rômbo não é recortada no formato seccional é uma porção em triângulo isósceles 944 do atuador de extremidade 900.

[00252] Quando o gatilho do conjunto de manípulo é fechado, a lâmina ultrassônica 938 e o membro de garra 906 são encaixados um no outro. Quando estão encaixadas, a porção de superfície de fundo 936 do sulco em formato de canal 942 está em contiguidade em uma porção de superfície de topo 946 da porção trapezoidal 940 da lâmina ultrassônica 938, e duas porções de parede interna 954 do sulco em formato de canal 932 são contíguas em porções de superfície inclinada 948 da porção trapezoidal 940.

[00253] Ainda, uma porção de ápice 950 da porção em triângulo isósceles 944 da lâmina ultrassônica 938 é formada para ser arredondada, porém uma porção de ápice 952 do lado interno do formato de gancho tem um ângulo ligeiramente agudo. Um ângulo θ da porção de ápice 952 é, de preferência, de 45° a 100°. 45° é um limiar de resistência da lâmina ultrassônica 938. Conforme mencionado

acima, a porção de ápice 952 da lâmina ultrassônica 938 configura uma porção protuberante tendo um ângulo predeterminado no lado interno da porção com formato de gancho, ou seja, uma porção de borda.

[00254] A porção de tratamento no formato de gancho é frequentemente utilizada para dissecação. A porção de ápice 952 do atuador de extremidade 930 se torna uma porção de trabalho no momento da dissecação. Uma vez que a porção de ápice 952 tem o ângulo ligeiramente agudo θ , a porção de ápice 952 é eficaz para o tratamento por dissecação.

[00255] A lâmina ultrassônica 938 e o membro de garra 932 mostrados na Figura 39 realizam a mesma operação que a lâmina ultrassônica 938 e o membro de garra 932 mostrados na Figura 38 no momento da saída de ultrassom, no momento da saída de alta frequência e no momento da saída simultânea de ultrassom e de alta frequência, respectivamente, exceto para a operação acima mencionada no momento da dissecação.

[00256] Agora, com referência às Figuras 40 a 43, é mostrado um atuador de extremidade 1000 operacionalmente acoplado a uma bainha de inserção 1001, que é formada por uma bainha externa 1002 e uma bainha interna 1004. O atuador de extremidade 1000 compreende uma lâmina ultrassônica 1006 e um membro de garra 1014. Na bainha externa 1002, a parte externa de um tubo de metal condutivo está coberta com um tubo de resina isolante. A bainha interna 1004 é uma tubulação de metal condutor. A bainha interna 1004 pode ser axialmente movida para trás e para frente em relação à bainha externa 1002.

[00257] A lâmina ultrassônica 1006 é produzida a partir de um material condutor que tem altos efeitos acústicos e biocompatibilidade, por exemplo, uma liga de titânio como uma liga de Ti-6Al-4V. Na lâmina ultrassônica 1006, um revestimento de borracha isolante e elástico 1008 é externamente equipado na posição de nós da vibração ultrassônica.

O revestimento de borracha 1008 está disposto entre a bainha interna 1004 e a lâmina ultrassônica 1006 em um estado comprimido. A lâmina ultrassônica 1006 é mantida na bainha interna 1004 pelo revestimento de borracha 1008. Uma distância é mantida entre a bainha interna 1004 e a lâmina ultrassônica 1006.

[00258] Uma porção em contiguidade 1010 é formada pela parte da lâmina ultrassônica 1012 voltada para o membro de garra 1014 na porção de extremidade distal da lâmina ultrassônica 1006. Aqui, a lâmina ultrassônica 1012 é octogonal em sua seção transversal perpendicular às direções axiais da lâmina ultrassônica 1006. Uma superfície em contiguidade 1016 é formada por uma superfície da porção em contiguidade 1010 voltada para o membro de garra 1014. Um par de superfícies de eletrodo 1018 é formado pelas superfícies fornecidas às laterais da superfície em contiguidade 1016.

[00259] O membro de garra 1014 é formado por um membro de corpo 1020, um membro de eletrodo 1022, um membro de bloco 1024 e um membro de regulação 1026 como uma seção de regulação.

[00260] O membro de corpo 1020 é produzido a partir de um material rígido e condutor. Uma porção de extremidade proximal do membro de corpo 1020 constitui uma porção de conexão por pivô 1028. A porção de conexão por pivô 1028 é conectada de modo pivotante a uma porção de extremidade distal da bainha externa 1002 por meio de um eixo de acionamento de conexão por pivô 1030. A haste de conexão por pivô 1030 se estende em direções de largura perpendiculares às direções axiais e às direções de abertura/fechamento. O membro de corpo 1020 pode girar ao redor do eixo de acionamento de conexão por pivô 1030 nas direções de abertura/fechamento em relação à bainha externa 1002. Uma porção de extremidade distal da bainha interna 1004 é conectada de modo pivotante à porção de conexão por pivô 1028 do membro de corpo 1020 em uma posição fornecida ao lado distal e ao

lado da direção de abertura do eixo de acionamento de conexão por pivô 1030. Se o cabo móvel for girado em relação ao cabo fixo na unidade de manípulo, a bainha interna 1004 é movimentada para trás e para frente em relação à bainha externa 1002, e o membro de corpo 1020 é acionado pela bainha interna 1004 para girar ao redor do eixo de acionamento de conexão por pivô 1030 nas direções de abertura/fechamento em relação à bainha externa 1002. Em um aspecto, uma parte distal do membro de corpo 1020 constitui um par de mancais de pivô 1032. O par de mancais de pivô 1032 está sob a forma de placas que se estendem nas direções axiais e que são perpendiculares às direções da largura, e são dispostas separadas entre si nas direções da largura.

[00261] O membro de eletrodo 1022 é produzido a partir de um material rígido e condutor. A parte do membro de eletrodo 1022 fornecida no lado da direção de abertura constitui um suporte de pivô 1034. Um orifício de inserção 1036 é formado através do suporte de pivô 1034 nas direções de largura. Um eixo de acionamento do suporte de pivô 1038 é inserido através do orifício de inserção 1036 e se estende nas direções da largura. O suporte de pivô 1034 está disposto entre o par de mancais de pivô 1032 do membro de corpo 1020, e é apoiado de modo pivotante sobre o par de mancais de pivô 1032 por meio do eixo de acionamento do suporte de pivô 1038. O membro de eletrodo 1022 pode oscilar ao redor do eixo de acionamento do suporte de pivô 1038 em relação ao membro de corpo 1020. Ainda, a parte do membro de eletrodo 1022 fornecida na lateral da direção de fechamento constitui uma seção de eletrodo 1040. A seção de eletrodo 1040 se estende nas direções axiais e se projeta para as laterais nas direções da largura. Um sulco rebaixado 1042, que é aberto no sentido da direção de fechamento, se estende nas direções axiais na parte da seção de eletrodo 1040 fornecida na lateral da direção de fechamento. Os dentes

são fornecidos axialmente nas partes do sulco 1042 fornecidas no lado de direção de fechamento, formando assim uma porção de dente 1044. As superfícies laterais que definem o sulco 1042 constituem um par de superfícies receptoras de eletrodo 1046 que são inclinadas a partir da direção de fechamento no sentido das laterais nas direções da largura. Um receptáculo de encaixe rebaixado 1048 que é aberto no sentido da direção de fechamento se estende axialmente em uma porção de fundo que define o sulco 1042. Um orifício de inserção 1050 é formado através do suporte de pivô 1034 do membro de eletrodo 1022 nas direções de abertura/fechamento perpendicularmente ao orifício de inserção 1036. O orifício de inserção 1050 é aberto para o receptáculo de encaixe 1048.

[00262] O membro de bloco 1024 é mais macio do que a lâmina ultrassônica 1006 e é produzido a partir de um material isolante tendo biocompatibilidade, por exemplo, politetrafluoretileno. O membro de bloco 1024 é encaixado no receptáculo de encaixe 1048 do membro de eletrodo 1022. A parte do membro de bloco 1024 fornecida na lateral da direção de fechamento se projeta desde o membro de eletrodo 1022 até a direção de fechamento, formando assim um receptáculo em contiguidade 1052. Na seção transversal perpendicular às direções axiais, o receptáculo em contiguidade 1052 está em um formato rebaixado correspondente ao formato em projeção da porção em contiguidade 1010 da lâmina ultrassônica 1012. Quando o membro de garra 1014 está fechado em relação à lâmina ultrassônica 1012, a porção em contiguidade 1010 da lâmina ultrassônica 1012 está em contiguidade e se encaixa ao receptáculo em contiguidade 1052 do membro de bloco 1024. O par de superfícies de eletrodo 1018 da lâmina ultrassônica 1012 está disposto paralelo ao par de superfícies receptoras de eletrodo 1046 da seção de eletrodo 1040, e uma distância é mantida entre a seção de eletrodo 1040 e a lâmina ultrassônica 1012.

[00263] O membro de regulação 1026 é mais rígido que a lâmina

ultrassônica 1006 e é produzido a partir de um material isolante de alta resistência, por exemplo, cerâmica. O membro de regulação de bloco 1024 tem formato de pino. O membro de regulação de bloco 1024 é inserido no orifício de inserção 1050 do suporte de pivô 1034 do membro de eletrodo 1022, se projeta em direção ao receptáculo de encaixe 1048 da seção de eletrodo 1040 e é inserido no receptáculo em contiguidade 1052 do membro de bloco 1024 no receptáculo de encaixe 1048. Uma extremidade na direção de fechamento do membro de regulação 1026 constitui uma extremidade de regulação 1054. A extremidade de regulação 1054 não se projeta a partir do receptáculo em contiguidade 1052 para a direção de fechamento e é acomodada no receptáculo em contiguidade 1052. O orifício de inserção 1036 também é formado através do membro de regulação 1026, e o eixo de acionamento do suporte de pivô 1038 é inserido através do orifício de inserção 1036 do membro de regulação 1026.

[00264] Aqui, a bainha interna 1004, o membro de corpo 1020 e o membro de eletrodo 1022 estão eletricamente conectados entre si, e constituem a primeira trajetória elétrica 1056 utilizada em um tratamento cirúrgico de alta frequência. A seção de eletrodo 1040 do membro de eletrodo 1022 funciona como um dos eletrodos bipolares utilizados em um tratamento cirúrgico de alta frequência. Em um aspecto, a lâmina ultrassônica 1006 constitui a segunda trajetória elétrica 1058 utilizada no tratamento de alta frequência. A lâmina ultrassônica 1012 fornecida à porção de extremidade distal da lâmina ultrassônica 1006 funciona como o outro eletrodo bipolar utilizado em um tratamento de alta frequência. Conforme descrito acima, a lâmina ultrassônica 1006 é mantida na bainha interna 1004 pelo revestimento de borracha isolante 1008 e uma distância é mantida entre a bainha interna 1004 e a lâmina ultrassônica 1006. Isso evita um curto-circuito entre a bainha interna 1004 e a lâmina ultrassônica 1006. Quando o membro de garra 1014

está fechado em relação à lâmina ultrassônica 1012, a porção em contiguidade 1010 da lâmina ultrassônica 1012 está em contiguidade e se encaixa ao receptáculo em contiguidade 1052 do membro de bloco 1024. Dessa forma, o par de superfícies de eletrodo 1018 da lâmina ultrassônica 1012 está disposto paralelo ao par de superfícies receptoras de eletrodo 1046 da seção de eletrodo 1040, e a distância é mantida entre a seção de eletrodo 1040 e a lâmina ultrassônica 1012. Isso evita um curto-circuito entre a seção de eletrodos 1040 e a lâmina ultrassônica 1012.

[00265] Com referência à Figura 44, o membro de bloco 1024 é mais macio que a lâmina ultrassônica 1006. Portanto, o receptáculo em contiguidade 1052 é utilizado pela lâmina ultrassônica 1012 no caso em que a lâmina ultrassônica 1012 é ultrassonicamente vibrada quando o membro de garra 1014 está fechado em relação à lâmina ultrassônica 1012 e a porção em contiguidade 1010 da lâmina ultrassônica 1012 está em contiguidade e se encaixa no receptáculo em contiguidade 1052 do membro de bloco 1024. Conforme o receptáculo em contiguidade 1052 é utilizado, a distância entre a seção de eletrodo 1040 e a lâmina ultrassônica 1012 é gradualmente reduzida quando a porção em contiguidade 1010 está em um engate por atrito com o receptáculo em contiguidade 1052. Quando o receptáculo em contiguidade 1052 é desgastado mais do que uma quantidade predeterminada, a extremidade de regulação 1054 do membro de regulação 1026 é exposta a partir do receptáculo em contiguidade 1052 na direção de fechamento. Quando a extremidade de regulação 1054 é exposta a partir do receptáculo em contiguidade 1052 na direção de fechamento, a extremidade de regulação 1054 entra em contato com a lâmina ultrassônica 1012 antes que a seção de eletrodo 1040 entre em contato com a lâmina ultrassônica 1012, caso o membro de garra 1014 esteja fechado em relação à lâmina ultrassônica 1012. Como resultado, o

contato entre a lâmina ultrassônica 1012 e a seção de eletrodo 1040 é regulado. Aqui, a seção de eletrodo 1040 e a lâmina ultrassônica 1012 são rígidas. Portanto, quando a lâmina ultrassônica ultrassonicamente vibrada 1012 entra em contato com a seção de eletrodo 1040, a lâmina ultrassônica 1012 rápida e repetidamente estabelece e interrompe o contato com a seção de eletrodo 58. Quando uma tensão de alta frequência é aplicada entre a seção de eletrodo 1040 e a lâmina ultrassônica 1012, ocorre uma centelha entre a lâmina ultrassônica 1012 e a seção de eletrodo 1040. Em um aspecto, o contato entre a lâmina ultrassônica 1012 e a seção de eletrodo 1040 é regulado pela extremidade de regulação 1054 do membro de regulação 1026, de modo que a centelha é evitada. O membro de regulação 1026 é produzido a partir de um material isolante e é eletricamente isolado em relação ao membro de eletrodo 1022. Dessa forma, se a lâmina ultrassônica ultrassonicamente vibrada 1012 entra em contato com a extremidade de regulação 1054 do membro de regulação 1026, nenhuma centelha ocorre entre a extremidade de regulação 1054 e a lâmina ultrassônica 1012 mesmo quando a lâmina ultrassônica 1012 rápida e repetidamente estabelece e interrompe o contato com a extremidade de regulação 1054. Isso evita a ocorrência de centelha entre a lâmina ultrassônica 1012 e o membro de garra 1014.

[00266] O membro de regulação 1026 é produzido a partir de um material de alta resistência mais rígido que a lâmina ultrassônica 1006. Portanto, quando a extremidade de regulação 1054 entra em contato com a lâmina ultrassônica ultrassonicamente vibrada 1012, o membro de regulação 1026 não é desgastado e a lâmina ultrassônica 1006 se rompe. No sistema de tratamento cirúrgico, de acordo com um aspecto, quando o receptáculo em contiguidade 1052 é desgastado mais que uma quantidade predeterminada, a extremidade de regulação 1054 entra em contato com a lâmina ultrassônica 1012 para intencionalmente

romper a lâmina ultrassônica 1006. Ao detectar essa rachadura, o fim da vida útil do instrumento de tratamento cirúrgico é detectado. Portanto, a posição do contato entre a lâmina ultrassônica 1012 e a extremidade de regulação 1054 é definida na região de concentração de fadiga na lâmina ultrassônica 1012 para garantir que a lâmina ultrassônica 1006 se romperá quando a extremidade de regulação 1054 entrar em contato com a lâmina ultrassônica 1012. Em uma lâmina ultrassônica linear 1006, o estresse se concentra nas posições dos nós da vibração ultrassônica, e a região de concentração de fadiga está situada na porção de extremidade proximal da lâmina ultrassônica 1012.

[00267] Para uma descrição mais detalhada de um instrumento ultrassônico/eletrocirúrgico combinado, é feita referência à patente US nº 8.696.666 e à patente US nº 8.663.223, sendo cada uma aqui incorporada a título de referência.

[00268] A Figura 45 ilustra um instrumento eletrocirúrgico manual alimentado por bateria modular 1100 com articulação distal, de acordo com um aspecto da presente invenção. O instrumento cirúrgico 1100 compreende um conjunto de manípulo 1102, um conjunto de acionamento de faca 1104, um conjunto de bateria 1106, um conjunto de eixo de acionamento 1110 e um atuador de extremidade 1112. O atuador de extremidade 1112 compreende um par de membros de garra 1114a, 1114b afixado em relação de oposição a uma extremidade distal do mesmo. O atuador de extremidade 1112 é configurado para articular e girar. A Figura 46 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico 1100 mostrado na Figura 45, de acordo com ao menos um aspecto da presente invenção. O atuador de extremidade 1112 para uso com o instrumento cirúrgico 1100 para selagem e corte de tecido inclui um par de membros de garra 1114a, 1114b que, estando em relação de oposição e sendo móveis um em relação ao outro para prender o tecido entre eles. Um membro de garra 1114a, 1114b inclui um compartimento

de garra e uma superfície eletricamente condutiva 1116a, 1116b, por exemplo, eletrodos, adaptada para se conectar a uma fonte de energia eletrocirúrgica (fonte de RF), de modo que as superfícies eletricamente condutivas sejam capazes de conduzir energia eletrocirúrgica através do tecido preso entre elas para selar o tecido. Uma das superfícies eletricamente condutivas 1116b inclui um canal nela definido e que se estende ao longo de um comprimento da mesma que se comunica com um eixo de acionamento 1145 conectado a um motor disposto no conjunto de acionamento de faca 1104. A faca é configurada para transladar e reciprocicar ao longo do canal para cortar o tecido preso entre os membros de garra 1114a, 1114b.

[00269] A Figura 47 é uma vista em perspectiva do instrumento cirúrgico 1100 mostrado nas Figuras 45 e 46 com uma tela situada no conjunto de manípulo 1102, de acordo com um aspecto da presente invenção. O conjunto de manípulo 1102 do instrumento cirúrgico mostrado nas Figuras 45 a 47 compreende um conjunto de motor 1160 e um conjunto de tela. O conjunto de tela compreende uma tela 1176, como uma tela de LCD, por exemplo, que é conectável de maneira removível a uma porção de compartimento 1148 do conjunto de manípulo 1102. A tela 1176 fornece uma exibição visual dos parâmetros do procedimento cirúrgico, como espessura do tecido, situação da selagem, situação do corte, espessura do tecido, impedância do tecido, algoritmo sendo executado, capacidade da bateria, entre outros parâmetros.

[00270] A Figura 48 é uma vista em perspectiva do instrumento mostrado nas Figuras 45 e 46 sem uma tela situada no conjunto de manípulo 1102, de acordo com um aspecto da presente invenção. O conjunto de manípulo 1102 do instrumento cirúrgico 1150 mostrado na Figura 48 inclui um conjunto de tela 1154 diferente em um compartimento 1156 separado. Com referência agora às Figuras 45 a

48, o instrumento cirúrgico 1100, 1150 é configurado para utilizar corrente de alta frequência (RF) e uma faca para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação/corte em tecido vivo, e utiliza corrente de alta frequência para realizar um tratamento de coagulação cirúrgica em tecido vivo. A corrente de alta frequência (RF) pode ser aplicada independentemente ou em combinação com algoritmos ou controle de dados inseridos pelo usuário. O conjunto de tela, o conjunto de bateria 1106 e o conjunto de eixo de acionamento 1110 são componentes modulares que são conectáveis de maneira removível ao conjunto de manípulo 1102. Um motor 1140 está situado no interior do conjunto de manípulo 1102. Circuitos geradores de RF e circuitos de acionamento do motor são aqui descritos em relação às Figuras 34 a 37 e 50, por exemplo, e estão situados no interior do compartimento 1148.

[00271] O conjunto de eixo de acionamento 1110 compreende um tubo externo 1144, uma haste de acionamento da faca 1145 e um tubo interno (não mostrado). O conjunto de eixo de acionamento 1110 compreende uma seção de articulação 1130 e uma seção de rotação distal 1134. O atuador de extremidade 1112 compreende membros de garra 1114a, 1114b em relação de oposição e uma faca acionada por motor. Os membros de garra 1114a, 1114b compreendem uma superfície eletricamente condutiva 1116a, 1116b acoplada ao circuito gerador de RF para fornecer corrente de alta frequência ao tecido preso entre os membros de garra opostos 1114a, 1114b. Os membros de garra 1114a, 1114b são giratórios de modo pivotante ao redor de um pino de pivô 1136 para prender o tecido entre os membros de garra 1114a, 1114b. Os membros de garra 1114a, 1114b estão operacionalmente acoplados a um gatilho 1108, de modo que, quando o gatilho 1108 é pressionado, os membros de garra 1114a, 1114b se fecham para prender o tecido e, quando o gatilho 1108 é liberado, os membros de garra 1114a, 1114b se abrem para liberar o tecido.

[00272] Os membros de garra 1114a, 1114b estão operacionalmente acoplados a um gatilho 1108, de modo que, quando o gatilho 1108 é pressionado, os membros de garra 1114a, 1114b se fecham para prender o tecido e, quando o gatilho 1108 é liberado, os membros de garra 1114a, 1114b se abrem para liberar o tecido. Em uma configuração de gatilho de um estágio, o gatilho 1108 é pressionado para fechar os membros de garra 1114a, 1114b e, quando os membros de garra 1114a, 1114b são fechados, uma primeira chave 1121a de uma seção de chave 1121 é ativada para energizar o gerador de RF para selar o tecido. Após o tecido ser selado, uma segunda chave 1121b da seção de chave 1120 é ativada para avançar uma faca para cortar o tecido. Em vários aspectos, o gatilho 1108 pode ser um gatilho de dois estágios ou de múltiplos estágios. Em uma configuração de gatilho de dois estágios, durante o primeiro estágio, o gatilho 1108 é pressionado em parte da trajetória para fechar os membros de garra 1114a, 1114b e, durante o segundo estágio, o gatilho 1108 é pressionado no restante da trajetória para energizar o circuito gerador de RF para selar o tecido. Após o tecido ser selado, uma dentre as primeira e segunda chaves 1121a, 1121b pode ser ativada para avançar a faca para cortar o tecido. Após o tecido ser cortado, os membros de garra 1114a, 1114b são abertos mediante a liberação do gatilho 1108 para liberar o tecido. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao gatilho 1108 para medir a força aplicada ao gatilho 1108 pelo usuário. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados aos botões da primeira seção de chave 1120 e da segunda seção de chave 1121a, 1121b, de modo que a intensidade do deslocamento corresponda à força aplicada pelo usuário aos botões da primeira seção de chave 1120 e da segunda seção de chave 1121a, 1121b.

[00273] O conjunto de bateria 1106 está eletricamente conectado ao conjunto de manípulo 1102 por um conector elétrico 1132. O conjunto de manípulo 1102 é dotado de uma seção de chave 1120. Uma primeira chave 1121a e uma segunda chave 1121b são fornecidas na seção de chave 1120. O gerador de RF é energizado mediante a atuação da primeira chave 1121a e a faca é ativada mediante a energização do motor 1140 mediante a atuação da segunda chave 1121b. Conseqüentemente, a primeira chave 1121a energiza o circuito de RF para acionar a corrente de alta frequência através do tecido para formar uma selagem e a segunda chave 1121b energiza o motor para acionar a faca para cortar o tecido. Os aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 1106 são similares àqueles do conjunto de bateria 106 do instrumento cirúrgico 100 descrito em relação às Figuras 1, 2, e 16 a 24. Conseqüentemente, para propósitos de concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 106 são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos.

[00274] Um botão de giro 1118 está operacionalmente acoplado ao conjunto de eixo de acionamento 1110. A rotação do botão de giro 1118 $\pm 360^\circ$ na direção indicada pelas setas 1126 faz com que o tubo externo 1144 gire $\pm 360^\circ$ na respectiva direção das setas 1119. Em um aspecto, um outro botão de giro 1122 pode ser configurado para girar o atuador de extremidade 1112 $\pm 360^\circ$ na direção indicada pelas setas 1128 independentemente da rotação do tubo externo 1144. O atuador de extremidade 1112 pode ser articulado por meio de uma primeira e uma segunda chave de controle 1124a, 1124b, de modo que a atuação da primeira chave de controle 1124a articule o atuador de extremidade 1112 ao redor de um pivô 1138 na direção indicada pela seta 1132a e de modo que a atuação da segunda chave de controle 1124b articule o atuador de extremidade 1112 ao redor do pivô 1138 na direção indicada

pela seta 1132b. Ainda, o tubo externo 1144 pode ter um diâmetro D_3 na faixa de 5 mm a 10 mm, por exemplo.

[00275] A Figura 49 é um conjunto de motor 1160 que pode ser utilizado com o instrumento cirúrgico 1100, 1150 para acionar a faca, de acordo com um aspecto da presente invenção. O conjunto de motor 1160 compreende um motor 1162, uma engrenagem planetária 1164, um eixo de acionamento 1166 e uma engrenagem de acionamento 1168. A engrenagem pode estar operacionalmente acoplada para acionar a barra de faca 1145 (Figura 46). Em um aspecto, a engrenagem de acionamento 1168 ou o eixo de acionamento 1166 está operacionalmente acoplado a um mecanismo de acionamento giratório 1170 descrito em relação à Figura 50 para acionar a rotação da cabeça distal, a articulação e o sistema de fechamento por garra.

[00276] A Figura 50 é um diagrama de um circuito de acionamento do motor 1165, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito de acionamento de motor 1165 é adequado para acionar o motor M, que pode ser empregado nos instrumentos cirúrgicos 1100, 1150 aqui descritos. O motor M é acionado por uma ponte em H compreendendo quatro chaves S_1 a S_4 . As chaves S_1 a S_4 são, de modo geral, chaves em estado sólido, como chaves MOSFET. Para girar o motor M em uma direção, duas chaves S_1 , S_4 são ligadas e as outras duas chaves S_3 , S_2 são desligadas. Para inverter a direção do motor M, o estado das chaves S_1 a S_4 é invertido, de modo que as chaves S_1 , S_4 sejam desligadas e as outras duas chaves S_3 , S_2 sejam ligadas. Os circuitos de detecção de corrente podem ser colocados no circuito de acionamento de motor 1165 para detectar as correntes de motor i_{1a} , i_{2a} , i_{1b} , i_{2b} .

[00277] A Figura 51 ilustra um mecanismo de acionamento giratório 1170 para acionar a rotação da cabeça distal, a articulação e o sistema de fechamento por garra, de acordo com um aspecto da presente

invenção. O mecanismo de acionamento giratório 1170 tem um eixo de acionamento giratório primário 1172 que está operacionalmente acoplado ao conjunto de motor 1160. O eixo de acionamento giratório primário 1172 pode ser seletivamente acoplado a ao menos dois mecanismos de atuação independentes (primeiro, segundo, ambos, nenhum) com um mecanismo de embreagem situado no interior do tubo externo 1144 do conjunto de eixo de acionamento 1110. O eixo de acionamento giratório primário 1172 está acoplado a embreagens independentes que possibilitam que as funções do eixo de acionamento sejam independentemente acopladas ao eixo de acionamento giratório 1172. Por exemplo, a embreagem de garras 1174 é engatada para articular o conjunto de eixo de acionamento 1110 ao redor do eixo geométrico de articulação 1175 da seção de articulação 1130. A embreagem de rotação de cabeça distal 1178 é engatada para girar a seção de rotação distal 1134 e a embreagem de fechamento da garra 1179 é engatada para fechar os membros de garra 1114a, 1114b do atuador de extremidade 1112. A faca é avançada e retraída pela haste de acionamento de faca 1145. Todos, nenhum, ou qualquer combinação de mecanismos giratórios podem ser acoplados a qualquer momento.

[00278] Em um aspecto, uma configuração de uso de embreagem microelétrica possibilita a rotação da seção distal de rotação 1134 e a articulação da seção de articulação 1130 ao redor do pivô 1138 e do eixo geométrico de articulação 1175. Em um aspecto, uma embreagem de ferrofluido acopla a embreagem ao eixo de acionamento giratório primário 1172 por meio de uma bomba para fluidos. O ferrofluido da embreagem é ativado por bobinas elétricas 1181, 1183, 1185 que são enroladas ao redor da haste de acionamento da faca 1145. As outras extremidades das bobinas 1181, 1183, 1185 são conectadas a três circuitos de controle separados para atuam independentemente as embreagens 1174, 1178, 1179. Em funcionamento, quando as bobinas

1181, 1183, 1185 não estão energizadas, as embreagens 1174, 1178, 1179 são desengatadas e não há movimentos de articulação, rotação ou das garras.

[00279] Quando a embreagem de garras 1174 é engatada mediante a energização da bobina 1181 e quando a embreagem com rotação da cabeça distal 1178 e a embreagem do sistema de fechamento por garra 1179 são desengatadas pela desenergização das bobinas 1183, 1185, uma engrenagem 1180 é mecanicamente acoplada ao eixo de acionamento giratório primário 1172 para articular a seção de articulação 1130. Na orientação ilustrada, quando o eixo de acionamento giratório primário 1172 gira no sentido horário, a engrenagem 1180 gira no sentido horário e o eixo de acionamento articula na direção direita ao redor do eixo geométrico de articulação 1175 e quando o eixo de acionamento giratório primário 1172 gira no sentido anti-horário, a engrenagem 1180 gira no sentido anti-horário e o eixo de acionamento articula na direção esquerda ao redor do eixo geométrico de articulação 1175. Será reconhecido que a articulação à esquerda/direita depende da orientação do instrumento cirúrgico 1100, 1150.

[00280] Quando a embreagem de garras 1174 e a embreagem do sistema de fechamento por garra 1179 são desengatados pela desenergização das bobinas 1181, 1185, e quando a embreagem com rotação da cabeça distal 1178 é engatada mediante a energização da bobina 1183, o eixo de acionamento giratório primário 1172 gira a seção distal de rotação 1134 na mesma direção de rotação. Quando a bobina 1183 está energizada, a embreagem com rotação da cabeça distal 1178 engata o eixo de acionamento giratório primário 1172 à seção distal de rotação 1134. Conseqüentemente, a seção distal de rotação 1134 gira com o eixo de acionamento giratório primário 1172.

[00281] Quando a embreagem de articulação 1174 e a embreagem

com rotação da cabeça distal 1178 são desengatadas pela desenergização das bobinas 1181, 1183, e quando a embreagem do sistema de fechamento por garra 1179 é engatada mediante a energização da bobina 1185, os membros de garra 1114a, 1114b podem ser abertos ou fechados, dependendo da rotação do eixo de acionamento giratório primário 1172. Quando a bobina 1185 está energizada, a embreagem do sistema de fechamento por garra 1179 engata um membro de acionamento rosqueado interno aprisionado 1186 que gira no local na direção do eixo de acionamento giratório primário 1172. O membro de acionamento rosqueado interno aprisionado 1186 inclui roscas externas que estão em encaixe rosqueado com um membro de acionamento rosqueado externo 1188 que inclui uma superfície rosqueada interna. Conforme o eixo de acionamento giratório primário 1172 gira no sentido horário, o membro de acionamento rosqueado externo 1188 que está em encaixe rosqueado com o membro de acionamento rosqueado interno aprisionado 1186, será acionado em uma direção proximal 1187 para fechar os membros de garra 1114a, 1114b. Conforme o eixo de acionamento giratório primário 1172 gira no sentido anti-horário, o membro de acionamento rosqueado externo 1188, que está em encaixe rosqueado com o membro de acionamento rosqueado interno aprisionado 1186, será acionado em uma direção distal 1189 para abrir os membros de garra 1114a, 1114b.

[00282] A Figura 52 é uma vista em perspectiva esquerda ampliada de um conjunto de atuador de extremidade com os membros de garra mostrados em uma configuração aberta, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura 53 é uma vista lateral direita ampliada do conjunto de atuador de extremidade da Figura 52, de acordo com um aspecto da presente invenção. Agora, com referência às Figuras 52 e 53, vistas ampliadas de um atuador de extremidade 1112 são mostradas

em uma posição aberta para o tecido que se aproxima. Os membros de garra 1114, 1114b são, de modo geral, simétricos e incluem recursos de componente similares que cooperam para permitir a fácil rotação ao redor do pino pivô 1136 para realizar a selagem e a divisão do tecido. Como resultado e exceto onde especificado em contrário, apenas o membro de garra 1114a e as recursos operacionais associados a ele são descritos em detalhe neste documento, mas conforme pode ser entendido, muitos desses recursos se aplicam também ao outro membro de garra 1114b.

[00283] O membro de garra 1114a inclui também um compartimento de garra 1115a, um substrato de isolamento ou isolante 1117a e uma superfície eletricamente condutiva 1116a. O isolante 1117a é configurado para engatar firmemente à superfície vedante eletricamente condutiva 1116a. Isto pode ser realizado por estampagem, por moldagem com sobreposição, por moldagem com sobreposição de uma placa de selagem condutiva eletricamente estampada e/ou por moldagem com sobreposição de uma placa de selagem moldada por injeção de metal. Essas técnicas de fabricação produzem um eletrodo tendo uma superfície eletricamente condutiva 1116a que é envolvida por um isolante 1117a.

[00284] Conforme acima mencionado, o membro de garra 1114a inclui elementos similares que incluem: um compartimento de garra 1115b; um isolante 1117b; e uma superfície eletricamente condutiva 1116b que é dimensionada para engatar firmemente o isolante 1117b. A superfície eletricamente condutiva 1116b e o isolante 1117b, quando montados, formam um canal de faca orientado longitudinalmente 1113 definido através deles para reciprocação da lâmina de faca 1123. O canal de faca 1113 facilita a reciprocação longitudinal da lâmina de faca 1123 ao longo de um plano de corte predeterminado para eficaz e precisamente separar o tecido ao longo da selagem formada no tecido.

Embora não mostrado, o membro de garra 1114a pode incluir também um canal de faca que coopera com o canal de faca 1113 para facilitar a translação da faca através do tecido.

[00285] Os membros de garra 1114a, 1114b estão eletricamente isolados um do outro de modo que a energia eletrocirúrgica possa ser eficazmente transferida através do tecido para formar uma selagem de tecido. As superfícies eletricamente condutivas 1116a, 1116b também são isoladas dos demais componentes operacionais do atuador de extremidade 1112 e do tubo externo 1144. Uma pluralidade de membros de parada pode ser empregada para regular a distância de vão entre as superfícies eletricamente condutivas 1116a, 1116b para garantir selagens de tecido precisas, consistentes e confiáveis.

[00286] Os aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 1106 são similares àqueles do conjunto de bateria 106 do instrumento cirúrgico 100 descrito em relação às Figuras 1, 2 e 16 a 24, incluindo os circuitos de bateria descritos em relação às Figuras 20 a 24. Conseqüentemente, para propósitos de concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 106 são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos. Além disso, os aspectos estruturais e funcionais dos circuitos geradores de RF são similares àqueles dos circuitos geradores de RF descritos para os instrumentos cirúrgicos 500, 600 descritos em relação às Figuras 34 a 37. Conseqüentemente, para concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais dos circuitos geradores de RF são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos. Além disso, o instrumento cirúrgico 1100 inclui a bateria e os circuitos de controle descritos em relação às Figuras 12 a 15, incluindo, por exemplo, o circuito de controle 210 descrito em conexão com a Figura 14 e o circuito elétrico 300 descrito em conexão com a Figura 15. Conseqüentemente, para concisão e clareza da

descrição, a descrição dos circuitos descritos em relação às Figuras 12 a 15 é aqui incorporada a título de referência e não será aqui repetida.

[00287] Para uma descrição mais detalhada de um instrumento eletrocirúrgico compreendendo um mecanismo de corte e uma seção de articulação que é operável para defletir o atuador de extremidade afastando-o do eixo geométrico longitudinal do eixo de acionamento, é feita referência à patente US nº 9.028.478 e à patente US nº 9.113.907, estando cada uma aqui incorporada a título de referência.

[00288] A Figura 54 ilustra um instrumento eletrocirúrgico manual alimentado por bateria modular 1200 com articulação distal, de acordo com um aspecto da presente invenção. O instrumento cirúrgico 1200 compreende um conjunto de manípulo 1202, um conjunto de acionamento de faca 1204, um conjunto de bateria 1206, um conjunto de eixo de acionamento 1210 e um atuador de extremidade 1212. O atuador de extremidade 1112 compreende um par de membros de garra 1114a, 1114b afixado em relação de oposição a uma extremidade distal do mesmo. O atuador de extremidade 1212 é configurado para articular e girar. A Figura 55 é uma vista explodida do instrumento cirúrgico 1200 mostrado na Figura 54, de acordo com ao menos um aspecto da presente invenção. O atuador de extremidade 1212 para uso com o instrumento cirúrgico 1200 para selagem e corte do tecido inclui um par de membros de garra 1214a, 1214b em relação de oposição móvel entre si para prender o tecido entre eles. Um dos membros de garra 1214a, 1214b pode incluir um compartimento de garra e uma superfície eletricamente condutiva 1216a, 1216b, por exemplo, eletrodos, adaptada para se conectar a uma fonte de energia eletrocirúrgica (fonte de RF), de modo que as superfícies eletricamente condutivas sejam capazes de conduzir energia eletrocirúrgica através do tecido preso entre elas para realizar uma selagem de tecido. Os membros de garra 1214a, 1214b e as superfícies eletricamente condutivas 1216a, 1216b

incluem um canal definido nelas e se estendo ao longo de um comprimento das mesmas que se comunica com uma haste de acionamento da faca 1245 conectado a um conjunto de acionamento de faca 1204. A faca 1274 (Figuras 60 e 61) é configurada para transladar e reciprocado ao longo de canais para cortar o tecido preso entre os membros de garra 1214a, 1214b. A faca tem uma configuração de feixe em I, de modo que os membros de garra 1214a, 1214b sejam aproximados conforme a faca 1274 avança através dos canais. Em um aspecto, as superfícies eletricamente condutivas 1216a, 1216b são desviadas uma em relação à outra. A faca 1274 inclui uma extremidade distal aguda.

[00289] O conjunto de manípulo 1202 do instrumento cirúrgico mostrado nas Figuras 54 e 55 compreende um conjunto de motor 1260 e um conjunto de acionamento de faca 1204. Em um aspecto, um conjunto de tela pode ser fornecido no compartimento 1248. O conjunto de tela pode compreender uma tela, como uma tela de LCD, por exemplo, que é conectável de maneira removível a uma porção de compartimento 1248 do conjunto de manípulo 1202. A tela de LCD fornece uma exibição visual dos parâmetros do procedimento cirúrgico, como espessura do tecido, situação da selagem, situação do corte, impedância do tecido, algoritmo sendo executado, capacidade da bateria, entre outros parâmetros. Com referência agora às Figuras 54 a 55, o instrumento cirúrgico 1200 é configurado para utilizar corrente de alta frequência (RF) e uma faca 1274 (Figuras 60 e 61) para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação/corte em tecido vivo, e utilizar corrente de alta frequência para realizar um tratamento de coagulação cirúrgica em tecido vivo. A corrente de alta frequência (RF) pode ser aplicada independentemente ou em combinação com algoritmos ou controle de dados inseridos pelo usuário. O conjunto de acionamento de faca 1204, o conjunto de bateria 1206 e o conjunto de

eixo de acionamento 1210 são componentes modulares que são conectáveis de maneira removível ao conjunto de manípulo 1202. Um conjunto de motor 1240 pode estar situado no interior do conjunto de manípulo 1202. Os circuitos geradores de RF e de acionamento de motor que são aqui descritos em conexão com as Figuras 34 a 37 e 50, por exemplo, estão situados no interior do compartimento 1248. O compartimento 1248 inclui uma placa de cobertura removível 1276 para fornecer acesso aos circuitos e mecanismos situados no interior do compartimento 1248. O conjunto de acionamento de faca 1204 inclui engrenagens e ligações operacionalmente acopladas ao conjunto de manípulo 1202 e à seção de chave 1220 para ativar e acionar a faca 1274. Conforme discutido em maiores detalhes mais adiante neste documento, a faca 1274 tem uma configuração de feixe I.

[00290] O conjunto de eixo de acionamento 1210 compreende um tubo externo 1244, uma haste de acionamento da faca 1245 e um tubo interno (não mostrado). O conjunto de eixo de acionamento 1210 compreende uma seção de articulação 1230. O atuador de extremidade 1212 compreende um par de membros de garra 1214a, 1214b e uma faca 1274 configurados para reciprocitar com os canais formados nos membros de garra 1214a, 1214b. Em um aspecto, a faca 1274 pode ser acionada por um motor. O membro de garra 1214a, 1214b compreende uma superfície eletricamente condutiva 1216a, 1216b acoplada ao circuito gerador de RF para fornecer corrente de alta frequência ao tecido preso entre os membros de garra 1214a, 1214b. Os membros de garra 1114a, 1114b são giratórios de modo pivotante ao redor de um pino de pivô 1136 para prender o tecido entre os membros de garra 1114a, 1114b. Os membros de garra 1214a, 1214b estão operacionalmente acoplados a um gatilho 1208, de modo que, quando o gatilho 1208 é pressionado, um ou ambos os membros de garra 1214a, 1214b se fecham para prender o tecido e, quando o gatilho 1208

é liberado, os membros de garra 1214a, 1214b se abrem para liberar o tecido. No exemplo ilustrado, um membro de garra 1214a é móvel em relação ao outro membro de garra 1214b. Em outros aspectos, ambos os membros de garra 1214a, 1214b podem ser móveis um em relação ao outro. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados ao gatilho 1208 para medir a força aplicada ao gatilho 1208 pelo usuário. Em um outro aspecto, sensores de força, como manômetros de tensão mecânica ou sensores de pressão, podem ser acoplados aos botões da primeira seção de chave 1120 e da segunda seção de chave 1221a, 1121b, de modo que a intensidade do deslocamento corresponda à força aplicada pelo usuário aos botões da primeira seção de chave 1120 e da segunda seção de chave 1121a, 1121b.

[00291] O membro de garra 1214a está operacionalmente acoplado a um gatilho 1208, de modo que, quando o gatilho 1208 é pressionado, o membro de garra 1214a se fecha para prender o tecido e, quando o gatilho 1208 é liberado, o membro de garra 1214a se abre para liberar o tecido. Em uma configuração de gatilho de um estágio, o gatilho 1208 é pressionado para fechar o membro de garra 1214a e, uma vez que o membro de garra 1214a é fechado, a primeira chave 1221a de uma seção de chave 1220 é ativada para energizar o gerador de RF para selar o tecido. Após o tecido ser selado, uma segunda chave 1221b da seção de chave 1220 é ativada para avançar uma faca para cortar o tecido. Em vários aspectos, o gatilho 1208 pode ser um gatilho de dois estágios ou de múltiplos estágios. Em uma configuração de gatilho de dois estágios, durante o primeiro estágio, o gatilho 1208 é pressionado em parte da trajetória para fechar o membro de garra 1214a e, durante o segundo estágio, o gatilho 1208 é pressionado no restante da trajetória para energizar o circuito gerador de RF para selar o tecido. Após o tecido ser selado, uma das chaves 1221a, 1221b pode ser

ativada para avançar a faca para cortar o tecido. Após o tecido ser cortado, o membro de garra 1214a é aberto mediante a liberação do gatilho 1208 para liberar o tecido.

[00292] O conjunto de eixo de acionamento 1210 inclui uma seção de articulação 1230 que é operável para defletir o atuador de extremidade 1212 na direção oposta à do eixo geométrico longitudinal "A" do conjunto de eixo de acionamento 1210. Os discos 1232a, 1232b são operáveis para articular a seção de articulação 1230 na extremidade distal do conjunto de eixo de acionamento alongado 1210 em várias orientações articuladas em relação ao eixo geométrico longitudinal A-A. Mais particularmente, os discos de articulação 1232a, 1232b se acoplam operacionalmente a uma pluralidade de manípulos ou tendões que estão em comunicação operacional com a seção de articulação 1230 do conjunto de eixo de acionamento 1210, conforme descrito com mais detalhes abaixo. Um disco de articulação 1232a pode ser girado na direção das setas "C0" para induzir movimento pivotante em um primeiro plano, por exemplo, um plano vertical, conforme indicado pelas setas "C1". De modo similar, um outro disco de articulação 1232b pode ser girado na direção das setas "D0" para induzir movimento pivotante em um segundo plano, por exemplo, um plano horizontal, conforme indicado pelas setas "D1". A rotação dos discos de articulação 1232a, 1232b em qualquer direção das setas "C0" ou "D0" resulta nos tendões pivotando ou articulando o conjunto de eixo de acionamento 1210 ao redor da seção de articulação 1230.

[00293] O conjunto de bateria 1206 está eletricamente conectado ao conjunto de manípulo 1202 por um conector elétrico 1231. O conjunto de manípulo 1202 é dotado de uma seção de chave 1220. A primeira chave 1221a e a segunda chave 1221b são fornecidas na seção de chave 1220. O gerador de RF é energizado mediante a atuação da primeira chave 1221a e a faca 1274 pode ser ativada mediante a

energização do conjunto de motor 1240 mediante a atuação da segunda chave 1221b. Conseqüentemente, a primeira chave 1221a energiza o circuito de RF para acionar a corrente de alta frequência através do tecido para formar uma selagem e a segunda chave 1221b energiza o motor para acionar a faca 1274 para cortar o tecido. Em outros aspectos, a faca 1274 pode ser disparada manualmente utilizando uma configuração de gatilho de dois estágios 1208. Os aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 1206 são similares àqueles do conjunto de bateria 106 do instrumento cirúrgico 100 descrito em relação às Figuras 1, 2 e 16 a 24. Conseqüentemente, para propósitos de concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 106 são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos.

[00294] Um botão de giro 1218 está operacionalmente acoplado ao conjunto de eixo de acionamento 1210. A rotação do botão de giro 1218 $\pm 360^\circ$ na direção indicada pelas setas 1226 faz com que o tubo externo 1244 gire $\pm 360^\circ$ na respectiva direção das setas 1228. O atuador de extremidade 1212 pode ser articulado por meio de botões de controle, de modo que a atuação dos botões de controle articule o atuador de extremidade 1212 em uma direção indicada pelas setas C1 e D1. Ainda, o tubo externo 1244 pode ter um diâmetro D_3 na faixa de 5 mm a 10 mm, por exemplo.

[00295] A Figura 56 é uma vista em detalhe de área ampliada de uma seção da articulação ilustrada na Figura 54, incluindo conexões elétricas, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura 57 é uma vista em seção em detalhe de área ampliada da articulação ilustrada na Figura 56, incluindo conexões elétricas, de acordo com um aspecto da presente invenção. Com referência agora às Figuras 56 e 57, é mostrado que a seção de articulação 1230 está operacionalmente disposta ou acoplada ao conjunto de eixo de acionamento 1210 entre a

extremidade proximal e a extremidade distal 1222, respectivamente. No aspecto ilustrado nas Figuras 56 e 57, a seção de articulação 1230 é definida por uma pluralidade de elos articulantes 1233 (elos 1233). Os elos 1233 são configurados para articular o conjunto de eixo de acionamento 1210 transversalmente ao longo do eixo geométrico longitudinal "A-A" tanto em um plano horizontal quanto vertical, vide a Figura 54. Para propósitos de ilustração, o conjunto de eixo de acionamento 1210 é mostrado articulado ao longo do plano horizontal.

[00296] Os elos 1233 coletivamente definem um anel central 1238 através deles que é configurado para receber um mecanismo de acionamento, por exemplo, um eixo de acionamento, através deles. Conforme pode ser entendido, a configuração do anel central 1238 fornece uma distância adequada para o eixo de acionamento através dele. O anel central 1238 define um eixo geométrico "B-B" através dele que é paralelo ao eixo geométrico longitudinal "A-A" quando o conjunto de eixo de acionamento 1210 está em uma configuração não articulada, vide a Figura 54.

[00297] Ainda com referência às Figuras 56 e 57, os elos 1233 estão operacionalmente acoplados aos discos de articulação 1232a, 1232b por meio de tendões 1234. Para propósitos de ilustração, quatro (4) tendões 1234 são mostrados. Os tendões 1234 podem ser produzidos a partir de fio de aço inoxidável ou outro material adequado para transmitir as forças de tração para uma ligação mais distal dos elos 1233. Independente dos materiais de construção, os tendões 1234 apresentam um coeficiente de mola que é amplificado sobre o comprimento dos tendões 1234 e, dessa forma, os tendões 1234 podem tender a sofrer estiramento quando cargas externas são aplicadas ao conjunto de eixo de acionamento alongado 1210. Essa tendência ao estiramento pode ser associada a uma alteração não intencional na orientação da extremidade distal 1222 do conjunto de eixo de

acionamento alongado 1210, por exemplo, sem um movimento correspondente dos discos de articulação 1232a, 1232b iniciado pelo cirurgião.

[00298] Os tendões 1234 se acoplam operacionalmente aos discos articulantes 1232a, 1232b que são configurados para atuar os tendões 1234, por exemplo, "puxar" os tendões 1234, quando os discos articulantes 1232a, 1232b são girados. Uma pluralidade de tendões 1234 se acopla operacionalmente aos elos 1233 por meio de um ou mais métodos adequados de acoplamento. Mais particularmente, o elo 1233 inclui uma pluralidade correspondente de primeiras aberturas ou orifícios 1236a nele definidos (4 (quatro) orifícios 1236a são mostrados nas figuras representativas) que são radialmente dispostos ao longo dos elos 1233 e centralmente alinhados ao longo de um eixo geométrico comum, vide a Figura 56. Um orifício da pluralidade de orifícios 1236a é configurado para receber um tendão 1234. Uma extremidade distal de um tendão 1234 está operacionalmente acoplada a um elo mais distal dos elos 1233 por métodos adequados, por exemplo, um ou mais dos métodos de acoplamento descritos acima.

[00299] Ainda com referência às Figuras 56 e 57, um elo 1233 inclui uma segunda pluralidade de orifícios 1236b (4 (quatro) orifícios 1236b são mostrados nos desenhos representativos, conforme se pode observar melhor na Figura 56). Um orifício 1236b é configurado para receber um fio condutor correspondente de uma pluralidade de fios condutores 1237 (quatro (4) fios condutores 1237 são mostrados nos desenhos representativos). Os fios condutores 1237 são configurados para transicionar entre os primeiro e segundo estados no interior da segunda pluralidade de orifícios 1236b. Para facilitar a transição dos fios condutores 1237, um orifício 1236b inclui um diâmetro que é maior que um diâmetro dos fios condutores 1237 quando os fios condutores 1237 estão no primeiro estado.

[00300] O instrumento cirúrgico 1220 inclui um circuito elétrico que é configurado para induzir seletivamente uma tensão e fluxo de corrente para a pluralidade de fios condutores 1237 de modo que um fio condutor 1237 transita do primeiro estado para o segundo estado. Para esta finalidade, o gerador G fornece um potencial de tensão E_o de proporção adequada. Uma tensão é induzida em um fio condutor 1237 e a corrente flui através do mesmo. A corrente que flui através de um fio condutor 1237 faz com que o fio condutor 1237 faça a transição do primeiro estado (Figura 56) para o segundo estado (Figura 57). No segundo estado, o fio condutor 1237 fornece um encaixe por interferência entre o fio condutor 1237 e os orifícios correspondentes 1236b, conforme se pode observar melhor na Figura 57.

[00301] A Figura 58 ilustra uma vista em perspectiva de componentes do conjunto de eixo de acionamento 1210, do atuador de extremidade 1212 e do membro de corte 1254 do instrumento cirúrgico 1200 da Figura 54, de acordo com um aspecto da presente invenção. A Figura 59 ilustra a seção de articulação em um segundo estágio de articulação, de acordo com um aspecto da presente invenção. Com referência agora às Figuras 58 e 59, uma banda de articulação 1256a está disposta de maneira deslizante em uma reentrância lateral de um separador 1261 enquanto uma segunda banda de articulação 1256b (Figura 59) está disposta de forma deslizante na outra reentrância lateral do separador 1261. Um tubo condutor do membro de corte é móvel longitudinalmente para conduzir um bloco condutor 1258 longitudinalmente, para desse modo mover o membro de corte 1254 longitudinalmente. As reentrâncias laterais incluem sulcos que se estendem longitudinalmente que são configurados para reduzir a área superficial de contato com as faixas de articulação 1256a, 1256b, assim reduzindo o atrito entre o separador 1261 e as faixas de articulação 1256a, 1256b. O separador 1261 pode também ser feito de um material

de baixo atrito e/ou incluir um tratamento de superfície para reduzir o atrito. As bandas de articulação 1256a, 1256b estendem-se longitudinalmente ao longo do comprimento do conjunto de eixo de acionamento 1210, inclusive através da seção de articulação 1230. A extremidade distal 1252 de uma banda de articulação 1256a é fixada a um lado da porção proximal 1250 do atuador de extremidade 1212 em um ponto de ancoragem. A extremidade distal 1262 da segunda banda de articulação 1256a é fixada ao outro lado da porção proximal 1250 do atuador de extremidade 1212 em um ponto de ancoragem. Um botão de articulação giratório é operável para avançar seletivamente a banda de articulação 1256a distalmente, enquanto simultaneamente retrai a segunda banda de articulação 1256b proximalmente e vice-versa. Deve-se compreender que essa translação oposta fará com que a seção de articulação 1230 se flexione, articulando, assim, o atuador de extremidade 1212. Em particular, o atuador de extremidade 1212 defletirá em direção de qualquer uma das bandas de articulação 1256a, 1256b que estiver sendo retraída proximalmente; e na direção contrária de qualquer banda de articulação 1256a, 1256b que estiver sendo distalmente avançada.

[00302] Ainda com referência às Figuras 58 a 59, vários dos componentes descritos acima são mostrados interagindo para dobrar a seção de articulação 1230 para articular o atuador de extremidade 1212. Na Figura 58, a articulação 1230 está em uma configuração reta. Então, um dos discos de articulação 1232a, 1232b (Figuras 54 e 55) é girado, o que faz com que um parafuso de acionamento translate proximalmente e que um outro parafuso de acionamento avance distalmente. Esta translação proximal de um parafuso de acionamento puxa a banda de articulação 1256b de maneira proximal, o que faz com que a seção de articulação 1230 comece a se flexionar conforme mostrado na Figura 59. Esta flexão da seção de articulação 1230 puxa

a outra banda de articulação 1256a em posição distal. O avanço distal do parafuso de acionamento em resposta à rotação dos discos de articulação 1232a, 1232b possibilita que a banda de articulação 1256a e o membro de acionamento avancem distalmente. Em algumas outras versões, o avanço distal do parafuso de acionamento ativamente conduz o membro de acionamento e a banda de articulação 1256a em posição distal. Conforme o usuário continua a girar um dos discos de articulação 1232a, 1232b, as interações descritas acima continuam da mesma maneira, resultando na flexão adicional da seção de articulação 1230, conforme mostrado na Figura 59. Deve-se compreender que girar os discos de articulação 1232a, 1232b na direção oposta fará a seção de articulação 1230 endireitar-se e a rotação adicional na direção oposta fará com que a seção de articulação 1230 se flexione na direção oposta.

[00303] A Figura 60 ilustra uma vista em perspectiva do atuador de extremidade 1212 do dispositivo das Figuras 54 a 59 em uma configuração aberta, de acordo com um aspecto da presente invenção. O atuador de extremidade 1212 do presente exemplo compreende um par de membros de garra 1214a, 1214b. No presente exemplo, um membro de garra 1214b é fixo em relação ao conjunto de eixo de acionamento; enquanto o outro membro de garra 1214a pivota em relação ao conjunto de eixo de acionamento, em direção a outro membro de garra 1214b e na direção oposta a ele. Em algumas versões, atuadores, como hastes ou cabos, etc., podem se estender através de uma bainha e ser unidos com um membro de garra 1214a em um acoplamento pivotante, de modo que o movimento longitudinal das hastes/cabos/etc. do atuador, através do conjunto de eixo de acionamento, permita o movimento pivotante do membro de garra 1214a em relação ao conjunto de eixo de acionamento e em relação ao segundo membro de garra 1214b. Obviamente, os membros de garra 1214a, 1214b podem, em vez disso, ter qualquer outro tipo adequado

de movimento e podem ser atuados de qualquer outra forma adequada. Somente a título de exemplo, os membros de garra 1214a, 1214b podem ser atuados e, dessa forma, fechados pela translação longitudinal de um braço de disparo 1266, de modo que as hastes/cabos/etc. do atuador possam simplesmente ser eliminados em algumas versões. O lado superior de um membro de garra 1214a inclui uma pluralidade de serreados de dentes 1272. Deve-se compreender que o lado inferior do outro membro de garra 1214b pode incluir serreados complementares 1277 que se aninham com os serreados 1272, para melhorar a fixação do tecido capturado entre os membros de garra 1214a, 1214b, sem necessariamente rasgar o tecido.

[00304] A Figura 61 ilustra uma vista de extremidade em seção transversal do atuador de extremidade 1212 da Figura 60, em uma configuração fechada e com a lâmina 1274 em uma posição distal, de acordo com um aspecto da presente invenção. Com referência agora às Figuras 60 e 61, um membro de garra 1214a define uma fenda alongada que se estende longitudinalmente 1268; enquanto o outro membro de garra 1214b define também uma fenda alongada que se estende longitudinalmente 1270. Além disso, o lado de baixo de um membro de garra 1214a apresenta uma superfície eletricamente condutiva 1216a; ao passo que o lado de topo do outro membro de garra 1214b apresenta uma outra superfície eletricamente condutiva 1216b. As superfícies eletricamente condutivas 1216a, 1216b estão em comunicação com uma fonte elétrica 1278 e um controlador 1280 por meio de um ou mais condutores (não mostrados) que se estendem ao longo do comprimento do conjunto de eixo de acionamento. A fonte elétrica 1278 é operável para fornecer energia de RF à primeira superfície eletricamente condutiva 1216b em uma primeira polaridade e à segunda superfície eletricamente condutiva 1216a em uma segunda polaridade (oposta), de modo que a corrente de RF flua entre as superfícies eletricamente

condutivas 1216a, 1216b e, assim, através do tecido preso entre os membros de garra 1214a, 1214b. Em algumas versões, o braço de disparo 1266 serve como um condutor elétrico que coopera com as superfícies eletricamente condutivas 1216a, 1216b (por exemplo, como um retorno de aterramento) para o fornecimento de energia bipolar de RF capturada entre os membros de garra 1214a, 1214b. A fonte elétrica 1278 pode ser externa ao instrumento cirúrgico 1200 ou pode ser integral com o instrumento cirúrgico 1200 (por exemplo, no conjunto de manípulo 1202, etc.), conforme descrito em uma ou mais referências aqui citadas ou de outro modo. Um controlador 1280 regula o fornecimento de energia da fonte elétrica 1278 para as superfícies eletricamente condutivas 1216a, 1216b. O controlador 1280 pode também ser externo ao instrumento cirúrgico 1200, ou pode ser integral com o instrumento cirúrgico 1200 (por exemplo, no conjunto de manípulo 1202, etc.), conforme descrito em uma ou mais referências aqui citadas ou de outro modo. Também deve-se compreender que as superfícies eletricamente condutivas 1216a, 1216b podem ser fornecidas em uma variedade de locais, configurações e relações alternativos.

[00305] Ainda com referência às Figuras 60 e 61, o instrumento eletrocirúrgico 1200 do presente exemplo inclui um braço de disparo 1266 que é móvel longitudinalmente ao longo de parte do comprimento do atuador de extremidade 1212. O braço de disparo 1266 está coaxialmente posicionado no interior do conjunto de eixo de acionamento 1210, se estende ao longo do comprimento do conjunto de eixo de acionamento 1210 e translada longitudinalmente no interior do conjunto de eixo de acionamento 1210 (incluindo a seção de articulação 1230 no presente exemplo), embora deva-se compreender que o braço de disparo 1266 e o conjunto de eixo de acionamento 1210 podem ter qualquer outra relação adequada. O braço de disparo 1266 inclui uma

faca 1274 com uma extremidade distal aguda, um flange superior 1281 e um flange inferior 1282. Como melhor visto na Figura 61, a faca 1274 se estende através das fendas 1268, 1270 dos membros de garra 1214a, 1214b, com o flange superior 1281 estando localizado acima do membro de garra 1214a em uma reentrância 1284 e o flange inferior 1282 estando localizado abaixo do membro de garra 1214b em uma reentrância 1286. A configuração da faca 1274 e dos flanges 1281, 1282 fornece uma seção transversal de tipo "feixe I" na extremidade distal do braço de disparo 1266. Embora os flanges 1281, 1282 se estendam longitudinalmente apenas ao longo de uma pequena porção do comprimento da barra de disparo 1266 no presente exemplo, deve-se compreender que os flanges 1281, 1282 podem se estender longitudinalmente ao longo de qualquer comprimento adequado da barra de disparo 1266. Além disso, embora os flanges 1281, 1282 estejam posicionados ao longo do exterior dos membros de garra 1214a, 1214b, os flanges 1281, 1282 podem estar alternativamente dispostos em fendas correspondentes formadas no interior dos membros de garra 1214a, 1214b. Por exemplo, os membros de garra 1214a, 1214b podem definir uma fenda com formato de "T", com partes da faca 1274 sendo dispostas em uma porção vertical de uma fenda com formato de "T" e com os flanges 1281, 1282 sendo dispostos nas porções horizontais das fendas com formato de "T". Várias outras configurações adequadas e relações serão aparentes para as pessoas versadas na técnica em vista dos ensinamentos da presente invenção. Somente a título de exemplo, o atuador de extremidade 1212 pode incluir um ou mais corpos termístores com coeficiente positivo de temperatura (PTC) 1288, 1290 (por exemplo, polímero com PTC, etc.), situados adjacentes às superfícies eletricamente condutivas 1216a, 1216b e/ou em qualquer outro local.

[00306] Os aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria

1206 são similares àqueles do conjunto de bateria 106 do instrumento cirúrgico 100 descrito em relação às Figuras 1, 2 e 16 a 24, incluindo os circuitos de bateria descritos em relação às Figuras 20 a 24. Conseqüentemente, para propósitos de concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais do conjunto de bateria 106 são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos. Além disso, os aspectos estruturais e funcionais dos circuitos geradores de RF são similares àqueles dos circuitos geradores de RF descritos para os instrumentos cirúrgicos 500, 600 descritos em relação às Figuras 34 a 37. Conseqüentemente, para concisão e clareza da descrição, estes aspectos estruturais e funcionais dos circuitos geradores de RF são aqui incorporados a título de referência e não serão aqui repetidos. Além disso, o instrumento cirúrgico 1200 inclui a bateria e os circuitos de controle descritos em relação às Figuras 12 a 15, incluindo, por exemplo, o circuito de controle 210 descrito em relação à Figura 14 e o circuito elétrico 300 descrito em relação à Figura 15. Conseqüentemente, para concisão e clareza da descrição, a descrição dos circuitos descritos em relação às Figuras 12 a 15 é aqui incorporada a título de referência e não será aqui repetida.

[00307] Para uma descrição mais detalhada de um instrumento eletrocirúrgico compreendendo um mecanismo de corte e uma seção de articulação que é operável para defletir o atuador de extremidade para longe do eixo geométrico longitudinal do eixo de acionamento, é feita referência à publicação US nº 2013/0023868, que está aqui incorporada a título de referência.

[00308] Deve-se compreender, também, que qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos pode ser modificado para incluir um mecanismo ou outro dispositivo com propulsão para acionar um componente movido manualmente de outro modo. Vários exemplos destas modificações são

descritos na publicação U.S. n° 2012/0116379 e na publicação US n° 2016/0256184, cada uma das quais está aqui incorporada a título de referência. Várias outras maneiras adequadas nas quais um motor ou outro dispositivo com propulsão elétrica pode ser incorporado em qualquer um dos dispositivos da presente invenção serão aparentes para as pessoas versadas na técnica em vista dos ensinamentos da presente invenção.

[00309] Deve-se compreender também que os circuitos descritos em relação às Figuras 11 a 15, 20 a 24, 34 a 37 e 50 podem ser configurados para operar tanto sozinhos quanto em combinação com quaisquer dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos.

[00310] As Figuras 62 a 70 descrevem vários circuitos que são configurados para operar com qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos em relação às Figuras 1 a 61. Com referência agora à Figura 62, são mostrados os componentes de um circuito de controle 1300 do instrumento cirúrgico, de acordo com um aspecto da presente invenção. O circuito de controle 1300 compreende um processador 1302 acoplado a uma memória volátil 1304, um ou mais sensores 1306, uma memória não volátil 1308 e uma bateria 1310. Em um aspecto, o instrumento cirúrgico pode compreender um compartimento de manípulo para alojar o circuito de controle 1300 e para conter os controles para propósitos gerais para implementar o modo de conservação de energia. Em alguns aspectos, o processador 1302 pode ser um processador primário do instrumento cirúrgico que inclui um ou mais processadores secundários. Em alguns aspectos, o processador 1302 pode ser armazenado no interior da bateria 1310. O processador 1302 é configurado para controlar várias operações e funções do instrumento cirúrgico pela execução de instruções executáveis em máquina, como programas de controle ou

outros módulos de software. Por exemplo, a execução de um programa de controle de modalidade de energia pelo processador 1302 possibilita a seleção de um tipo específico de energia a ser aplicada ao tecido do paciente por um cirurgião utilizando o instrumento cirúrgico. O instrumento cirúrgico pode compreender um atuador de modalidade de energia situado no cabo do instrumento cirúrgico. O atuador pode ser um membro deslizante, uma chave de alternância, uma chave de contato momentâneo segmentada, ou algum outro tipo de atuador. O acionamento do atuador de modalidade de energia faz com que o processador 1302 ative uma modalidade de energia correspondente a um tipo selecionado de energia. O tipo de energia pode ser ultrassônica, de RF, ou uma combinação de energia ultrassônica e de RF. Em vários aspectos gerais, o processador 1302 está acoplado eletricamente a uma pluralidade de segmentos de circuito do instrumento cirúrgico, conforme ilustrado na Figura 63, para ativar ou desativar os segmentos de circuito de acordo com sequências de energização e desenergização.

[00311] A memória volátil 1304, por exemplo, uma memória de acesso aleatório (RAM), armazena temporariamente os programas de controle selecionados ou outros módulos de software enquanto o processador 1302 está em operação, por exemplo, quando o processador 1302 executa um programa de controle ou módulo de software. O um ou mais sensores 1306 podem incluir sensores de força, sensores de temperatura, sensores de corrente ou sensores de movimento. Em alguns aspectos, o um ou mais sensores 1306 podem estar situados no eixo de acionamento, no atuador de extremidade, na bateria ou no cabo, ou em qualquer combinação ou subcombinação dos mesmos. O um ou mais sensores 1306 transmitem dados associados à operação de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos em relação às Figuras 1 a 61, por

exemplo, a presença de tecido preso pelas garras do atuador de extremidade ou a força aplicada pelo motor. Em um aspecto, o um ou mais sensores 1306 podem incluir um acelerômetro para verificar a função ou a operação dos segmentos de circuito, com base em uma verificação de segurança e um Autoteste de Acionamento (POST). Instruções executáveis por máquina, como programas de controle ou outros módulos de software, são armazenadas na memória não volátil 1308. Por exemplo, a memória não volátil 1308 armazena o programa de Sistema Básico de Entrada e Saída (BIOS). A memória não volátil 1308 pode ser uma memória só de leitura, ROM programável apagável (EPROM), uma EEPROM, memória "flash" ou algum outro tipo de dispositivo de memória não volátil. Vários exemplos de programas de controle são descritos na publicação US nº 2015/0272578, que está aqui integralmente incorporada, a título de referência. A bateria 1310 alimenta o instrumento cirúrgico fornecendo uma tensão de fonte que gera uma corrente. A bateria 1310 pode compreender o segmento de circuito de controle de motor 1428 ilustrado na Figura 63.

[00312] Em um aspecto, o processador 1302 pode ser qualquer processador de núcleo único ou de múltiplos núcleos, como aqueles conhecidos sob o nome comercial de ARM Cortex disponível junto à Texas Instruments. Em um aspecto, o processador 1302 pode ser implementado como um processador de segurança que compreende duas famílias à base de microcontroladores, como TMS570 e RM4x conhecidas sob o nome comercial de Hercules ARM Cortex R4, também disponíveis junto à Texas Instruments. Entretanto, outros substitutos adequados para microcontroladores e processadores de segurança podem ser empregados, sem limitação. Em um aspecto, o processador de segurança pode ser configurado especificamente para as aplicações críticas de segurança IEC 61508 e ISO 26262, dentre outras, para fornecer recursos avançados de segurança integrada enquanto fornece

desempenho, conectividade e opções de memória escalonáveis.

[00313] Em determinados aspectos, o processador 1302 pode ser um LM 4F230H5QR, disponível junto à Texas Instruments, por exemplo. Em ao menos um exemplo, o LM4F230H5QR da Texas Instruments é um núcleo processador ARM Cortex-M4F que compreende uma memória integrada de memória flash de ciclo único de 256 KB, ou outra memória não-volátil, até 40 MHz, um buffer de transferência para otimizar o desempenho acima de 40 MHz, uma memória de acesso aleatório seriada de ciclo único de 32 KB (SRAM), memória só de leitura interna (ROM) carregada com o programa StellarisWare®, memória programável e apagável eletricamente só de leitura (EEPROM) de 2 KB, um ou mais módulos de modulação por largura de pulso (PWM), um ou mais análogos de entrada do codificador de quadratura (QED), um ou mais conversores analógico para digital (ADC) de 12 bits com 12 canais de entrada analógicos, dentre outros recursos que são prontamente disponíveis na ficha de dados do produto. Outros processadores podem ser facilmente substituídos e, conseqüentemente, a presente invenção não deve ser limitada neste contexto.

[00314] A Figura 63 é um diagrama de sistema 1400 de um circuito segmentado 1401 compreendendo uma pluralidade de segmentos de circuito operados independentemente 1402, 1414, 1416, 1420, 1424, 1428, 1434, 1440, de acordo com um aspecto da presente invenção. Um segmento de circuito da pluralidade de segmentos de circuito do circuito segmentado 1401 compreende um ou mais circuitos e um ou mais conjuntos de instruções executáveis em máquina armazenadas em um ou mais dispositivos de memória. O um ou mais circuitos de um segmento de circuito são acoplados para comunicação elétrica através de um ou mais meios de conexão com ou sem fio. A pluralidade de segmentos de circuito é configurada para realizar a transição entre três modos compreendendo um modo suspenso, um modo de espera e um

modo operacional.

[00315] Em um aspecto mostrado, a pluralidade de segmentos de circuito 1402, 1414, 1416, 1420, 1424, 1428, 1434, 1440 começa, em primeiro lugar, no modo de espera, em segundo lugar passa para o modo suspenso e em terceiro lugar, passa para o modo operacional. Entretanto, em outros aspectos, a pluralidade de segmentos de circuito pode realizar a transição de qualquer um dos três modos para qualquer um dos outros três modos. Por exemplo, a pluralidade de segmentos de circuito pode realizar a transição diretamente do modo de espera para o modo operacional. Segmentos de circuito individuais podem ser colocados em um estado específico pelo circuito de controle de tensão 1408 com base na execução, pelo processador 1302, de instruções executáveis em máquina. Os estados compreendem um estado desenergizado, um estado de baixa energia e um estado energizado. O estado desenergizado corresponde ao modo suspenso, o estado de baixa energia corresponde ao modo de espera e o estado energizado corresponde ao modo operacional. A transição para o estado de baixa energia pode ser atingida, por exemplo, mediante o uso de um potenciômetro.

[00316] Em um aspecto, a pluralidade de segmentos de circuito 1402, 1414, 1416, 1420, 1424, 1428, 1434, 1440 pode realizar a transição do modo suspenso ou do modo de espera para o modo operacional de acordo com uma sequência de energização. A pluralidade de segmentos de circuito pode também realizar a transição do modo operacional para o modo de espera ou para o modo suspenso de acordo com a sequência de desenergização. A sequência de energização e a sequência de desenergização podem ser diferentes. Em alguns aspectos, a sequência de energização compreende a energização de apenas um subconjunto de segmentos de circuito da pluralidade de segmentos de circuito. Em alguns aspectos, a sequência

de desenergização compreende a desenergização de apenas um subconjunto de segmentos de circuito da pluralidade de segmentos de circuito.

[00317] Com referência novamente ao diagrama de sistema 1400 na Figura 63, o circuito segmentado 1401 compreende uma pluralidade de segmentos de circuito compreendendo um segmento de circuito de transição 1402, um segmento de circuito de processador 1414, um segmento de circuito de manípulo 1416, um segmento de circuito de comunicação 1420, um segmento de circuito de tela 1424, um segmento de circuito de controle de motor 1428, um segmento de circuito de tratamento de energia 1434 e um segmento de circuito de eixo de acionamento 1440. O segmento de circuito de transição compreende um circuito de ativação 1404, um circuito de corrente de intensificação 1406, um circuito de controle de tensão 1408, um controlador de segurança 1410 e um controlador de POST 1412. O segmento de circuito de transição 1402 é configurado para implementar uma sequência de desenergização e uma sequência de energização, um protocolo de detecção de segurança e um POST.

[00318] Em alguns aspectos, o circuito de ativação 1404 compreende um sensor de botão de acelerômetro 1405. Em aspectos, o segmento de circuito de transição 1402 é configurado para estar em um estado energizado, enquanto outros segmentos de circuito da pluralidade de segmentos de circuito do circuito segmentado 1401 são configurados para estar em um estado de baixa energia, um estado desenergizado ou um estado energizado. O sensor de botão de acelerômetro 1405 pode monitorar o movimento ou a aceleração de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61. Por exemplo, o movimento pode ser uma alteração na orientação ou rotação do instrumento cirúrgico. O instrumento cirúrgico pode ser movimentado

em qualquer direção em relação a um espaço euclidiano tridimensional, por exemplo, por um usuário do instrumento cirúrgico. Quando o sensor de botão de acelerômetro 1405 detecta movimento ou aceleração, o sensor de botão de acelerômetro 1405 envia um sinal para o circuito de controle de tensão 1408 para fazer com que o circuito de controle de tensão 1408 aplique tensão ao segmento de circuito de processador 1414 para realizar a transição do processador 1302 e da memória volátil 1304 para um estado energizado. Nos aspectos, o processador 1302 e a memória volátil 1304 estão em um estado energizado antes do circuito de controle de tensão 1409 aplicar tensão ao processador 1302 e à memória volátil 1304. No modo operacional, o processador 1302 pode iniciar uma sequência de energização ou uma sequência de desenergização. Em vários aspectos, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode também enviar um sinal ao processador 1302 para fazer com que o processador 1302 inicie uma sequência de energização ou uma sequência de desenergização. Em alguns aspectos, o processador 1302 inicia uma sequência de energização quando a maioria dos segmentos de circuito individuais estão em um estado de baixa energia ou em um estado desenergizado. Em outros aspectos, o processador 1302 inicia uma sequência de desenergização quando a maioria dos segmentos de circuito individuais estiver em um estado energizado.

[00319] Adicional ou alternativamente, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode detectar o movimento externo dentro de uma vizinhança predeterminada do instrumento cirúrgico. Por exemplo, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode detectar um usuário de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61 movimentando a mão do usuário dentro de uma vizinhança predeterminada. Quando o sensor de botão de acelerômetro 1405 detecta esse movimento externo,

o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode enviar um sinal ao circuito de controle de tensão 1408 e um sinal ao processador 1302, conforme anteriormente descrito. Após receber o sinal enviado, o processador 1302 pode iniciar uma sequência de energização ou uma sequência de desenergização para fazer a transição de um ou mais segmentos de circuito entre os três modos. Nos aspectos, o sinal enviado para o circuito de controle de tensão 1408 é enviado para verificar se o processador 1302 está em modo operacional. Em alguns aspectos, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode detectar quando o instrumento cirúrgico foi deixado cair e enviar um sinal ao processador 1302 com base na queda detectada. Por exemplo, o sinal pode indicar um erro na operação de um segmento de circuito individual. O um ou mais sensores 1306 podem detectar danos ou falhas dos segmentos de circuito individuais afetados. Com base no dano ou falha detectado, o controlador de POST 1412 pode realizar um POST dos segmentos de circuito individuais correspondentes.

[00320] Uma sequência de energização ou uma sequência de desenergização pode ser definida com base no sensor de botão de acelerômetro 1405. Por exemplo, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode detectar um movimento específico ou uma sequência de movimentos que indica a seleção de um segmento de circuito específico da pluralidade de segmentos de circuito. Com base no movimento detectado ou na série de movimentos detectados, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode transmitir um sinal compreendendo uma indicação de um ou mais segmentos de circuito da pluralidade de segmentos de circuito ao processador 1302 quando o processador 1302 está em um estado energizado. Com base no sinal, o processador 1302 determina uma sequência de energização compreendendo o um ou mais segmentos de circuito selecionados. Adicional ou alternativamente, um usuário de qualquer um dos instrumentos

cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61, pode selecionar uma quantidade e a ordem dos segmentos de circuito para definir uma sequência de energização ou uma sequência de desenergização com base na interação com uma interface gráfica de usuário (GUI) do instrumento cirúrgico.

[00321] Em vários aspectos, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode enviar um sinal ao circuito de controle de tensão 1408 e um sinal ao processador 1302 apenas quando o sensor de botão de acelerômetro 1405 detecta movimento de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61, ou o movimento externo dentro de uma vizinhança predeterminada acima de um limiar predeterminado. Por exemplo, um sinal pode apenas ser enviado se o movimento for detectado por 5 segundos ou mais ou se o instrumento cirúrgico for movimentado 13 centímetros ou mais (5 polegadas ou mais). Em outros aspectos, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode enviar um sinal ao circuito de controle de tensão 1408 e um sinal ao processador 1302 apenas quando o sensor de botão de acelerômetro 1405 detecta movimento oscilatório do instrumento cirúrgico. Um limiar predeterminado reduz a transição inadvertida dos segmentos de circuito do instrumento cirúrgico. Conforme anteriormente descrito, a transição pode compreender uma transição para o modo operacional de acordo com uma sequência de energização, uma transição para o modo de baixa energia de acordo com uma sequência de desenergização, ou uma transição para o modo suspenso de acordo com uma sequência de desenergização. Em alguns aspectos, o instrumento cirúrgico compreende um atuador que pode ser atuado por um usuário do instrumento cirúrgico. A atuação é detectada pelo sensor de botão de acelerômetro 1405. O atuador pode ser um membro deslizante, uma chave de alternância ou uma chave de contato momentâneo. Com base

na atuação detectada, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode enviar um sinal ao circuito de controle de tensão 1408 e um sinal ao processador 1302.

[00322] O circuito de corrente de amplificação 1406 está acoplado à bateria 1310. O circuito de corrente de amplificação 1406 é um amplificador de corrente, como um relé ou transístor, e é configurado para amplificar a magnitude de uma corrente de um segmento de circuito individual. A magnitude da corrente inicial corresponde à tensão da fonte fornecida pela bateria 1310 ao circuito segmentado 1401. Relés adequados incluem solenoides. Transístores adequados incluem transístores de efeito de campo (FET), MOSFET e transístores de junção bipolar (BJT). O circuito de corrente de amplificação 1406 pode amplificar a magnitude da corrente correspondente a um segmento de circuito individual ou ao circuito que exige mais extração de corrente durante a operação de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos em relação às Figuras 1 a 61. Por exemplo, um aumento na corrente para o segmento de circuito de controle do motor 1428 pode ser fornecido quando um motor do instrumento cirúrgico exige mais potência de entrada. O aumento na corrente fornecida a um segmento de circuito individual pode causar uma redução correspondente na corrente de um outro segmento de circuito ou segmentos de circuito. Adicional ou alternativamente, o aumento na corrente pode corresponder à tensão fornecida por uma fonte de tensão adicional que opera em conjunto com a bateria 1310.

[00323] O circuito de controle de tensão 1408 está acoplado à bateria 1310. O circuito de controle de tensão 1408 é configurado para fornecer tensão ou remover tensão da pluralidade de segmentos de circuito. O circuito de controle de tensão 1408 é também configurado para aumentar ou reduzir uma tensão fornecida a uma pluralidade de segmentos de circuito do circuito segmentado 1401. Em vários

aspectos, o circuito de controle de tensão 1408 compreende um circuito lógico combinacional como um multiplexador (MUX) para selecionar as entradas, uma pluralidade de chaves eletrônicas e uma pluralidade de conversores de tensão. Uma chave eletrônica da pluralidade de chaves eletrônicas pode ser configurada para alternar entre uma configuração aberta e uma fechada para desconectar ou conectar um segmento de circuito individual à bateria ou a partir dela. A pluralidade de chaves eletrônicas pode consistir em dispositivos em estado sólido como transístores ou outros tipos de chaves, como chaves sem fio, chaves ultrassônicas, acelerômetros, sensores de inércia, entre outros. O circuito lógico combinacional é configurado para selecionar uma chave eletrônica individual para realizar o chaveamento para uma configuração aberta para permitir a aplicação de tensão ao segmento de circuito correspondente. O circuito lógico combinado é, também, configurado para selecionar uma chave eletrônica individual para realizar o chaveamento para uma configuração fechada para permitir a remoção da tensão do segmento de circuito correspondente. Mediante a seleção de uma pluralidade de chaves eletrônicas individuais, o circuito lógico combinado pode implementar uma sequência de desenergização ou uma sequência de energização. A pluralidade de conversores de tensão pode fornecer uma tensão escalonada ascendente ou uma tensão escalonada descendente a uma pluralidade de segmentos de circuito. O circuito de controle de tensão 1408 pode compreender também um microprocessador e um dispositivo de memória, conforme ilustrado na Figura 62.

[00324] O controlador de segurança 1410 é configurado para realizar verificações de segurança nos segmentos de circuito. Em alguns aspectos, o controlador de segurança 1410 realiza as verificações de segurança quando um ou mais segmentos de circuito individuais estão no modo operacional. As verificações de segurança podem ser

realizadas para determinar se há ou não quaisquer erros ou defeitos no funcionamento ou operação dos segmentos de circuito. O controlador de segurança 1410 pode monitorar um ou mais parâmetros da pluralidade de segmentos de circuito. O controlador de segurança 1410 pode verificar a identidade e a operação da pluralidade de segmentos de circuito mediante a comparação do um ou mais parâmetros a parâmetros predefinidos. Por exemplo, se uma modalidade de energia de RF for selecionada, o controlador de segurança 1410 pode verificar se um parâmetro de articulação do eixo de acionamento corresponde a um parâmetro de articulação predefinido para verificar a operação da modalidade de energia de RF de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos em relação às Figuras 1 a 61. Em alguns aspectos, o controlador de segurança 1410 pode monitorar, por meio dos sensores 1306, uma relação predeterminada entre uma ou mais propriedades do instrumento cirúrgico para detectar um defeito. Um defeito pode ocorrer quando a uma ou mais propriedades são inconsistentes com a relação predeterminada. Quando o controlador de segurança 1410 determinar que existe um defeito, um erro ou que alguma operação da pluralidade de segmentos de circuito não foi verificada, o controlador de segurança 1410 impede ou desabilita a operação do segmento de circuito específico onde o defeito, erro ou falha de verificação foi originado.

[00325] O controlador de POST 1412 realiza um POST para verificar a operação adequada da pluralidade de segmentos de circuito. Em alguns aspectos, o POST é executado para um segmento de circuito individual da pluralidade de segmentos de circuito antes que o circuito de controle de tensão 1408 aplique uma tensão ao segmento de circuito individual para realizar a transição do segmento de circuito individual do modo de espera ou do modo suspenso para o modo operacional. Se o segmento de circuito individual não passar no POST, o segmento de

circuito específico não realiza a transição do modo de espera ou do modo suspenso para o modo operacional. O POST do segmento de circuito de manípulo 1416 pode compreender, por exemplo, testar se os sensores de controle de manípulo 1418 detectam ou não uma atuação de um controle de manípulo de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos em relação às Figuras 1 a 61. Em alguns aspectos, o controlador de POST 1412 pode transmitir um sinal para o sensor de botão de acelerômetro 1405 para verificar a operação do segmento de circuito individual como parte do POST. Por exemplo, depois de receber o sinal, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode instruir um usuário do instrumento cirúrgico a mover o instrumento cirúrgico para uma pluralidade de locais variáveis para confirmar a operação do instrumento cirúrgico. O sensor de botão de acelerômetro 1405 pode também monitorar uma saída de um segmento de circuito ou um circuito de um segmento de circuito como parte do POST. Por exemplo, o sensor de botão de acelerômetro 1405 pode detectar um pulso de motor incremental gerado pelo motor 1432 para verificar a operação. Um controlador de motor do circuito de controle de motor 1430 pode ser utilizado para controlar o motor 1432 para gerar o pulso de motor incremental.

[00326] Em vários aspectos, qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos em relação às Figuras 1 a 61, pode compreender sensores de botão de acelerômetro adicionais que podem ser utilizados. O controlador de POST 1412 pode também executar um programa de controle armazenado no dispositivo de memória do circuito de controle de tensão 1408. O programa de controle pode fazer com que o controlador de POST 1412 transmita um sinal que solicita um parâmetro criptografado correlacionado a partir de uma pluralidade de segmentos de circuito. A falha no recebimento de um parâmetro criptografado correlacionado de um segmento de circuito

individual indica ao controlador de POST 1412 que o segmento de circuito correspondente está danificado ou com defeito. Em alguns aspectos, se o controlador de POST 1412 determinar, com base no POST, que o processador 1302 está danificado ou com defeito, o controlador de POST 1412 pode enviar um sinal a um ou mais processadores secundários para fazer com que um ou mais processadores secundários realizem funções críticas que o processador 1302 não é capaz de realizar. Em alguns aspectos, se o controlador de POST 1412 determinar, com base no POST, que um ou mais segmentos de circuito não operam adequadamente, o controlador de POST 1412 pode iniciar um modo de desempenho reduzido daqueles segmentos de circuito que operam adequadamente, enquanto bloqueiam esses segmentos de circuito que não passam no POST ou que não operam adequadamente. Um segmento de circuito bloqueado pode funcionar de modo similar a um segmento de circuito em modo de espera ou modo suspenso.

[00327] O segmento de circuito de processador 1414 compreende o processador 1302 e a memória volátil 1304 descritos com referência à Figura 62. O processador 1302 é configurado para iniciar uma sequência de energização ou uma sequência de desenergização. Para iniciar a sequência de energização, o processador 1302 transmite um sinal de energização ao circuito de controle de tensão 1408 para fazer com que o circuito de controle de tensão 1408 aplique tensão à pluralidade ou a um subconjunto da pluralidade de segmentos de circuito de acordo com a sequência de energização. Para iniciar a sequência de desenergização, o processador 1302 transmite um sinal de desenergização ao circuito de controle de tensão 1408 para fazer com que o circuito de controle de tensão 1408 remova a tensão da pluralidade ou de um subconjunto da pluralidade de segmentos de circuito de acordo com a sequência de desenergização.

[00328] O segmento de circuito de manípulo 1416 compreende sensores de controle de manípulo 1418. Os sensores de controle de manípulo 1418 podem detectar uma atuação de um ou mais controles de manípulo de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61. Em vários aspectos, o um ou mais controles de manípulo compreendem um controle de garra, um botão de liberação, uma chave de articulação, um botão de ativação de energia e/ou qualquer outro controle de manípulo adequado. O usuário pode ativar o botão de ativação de energia para selecionar entre um modo de energia de RF, um modo de energia ultrassônica ou um modo combinado de energia de RF e ultrassônica. Os sensores de controle de manípulo 1418 podem também facilitar a fixação de um cabo modular ao instrumento cirúrgico. Por exemplo, os sensores de controle de manípulo 1418 podem detectar a fixação adequada do cabo modular ao instrumento cirúrgico e indicar a fixação detectada a um usuário do instrumento cirúrgico. A tela de LCD 1426 pode fornecer uma indicação gráfica da fixação detectada. Em alguns aspectos, os sensores de controle de manípulo 1418 detectam a atuação de um ou mais controles de manípulo. Com base na atuação detectada, o processador 1302 pode iniciar tanto uma sequência de energização quanto uma sequência de desenergização.

[00329] O segmento de circuito de comunicação 1420 compreende um circuito de comunicação 1422. O circuito de comunicação 1422 compreende uma interface de comunicação para facilitar a comunicação do sinal entre os segmentos de circuito individuais da pluralidade de segmentos de circuito. Em alguns aspectos, o circuito de comunicação 1422 fornece uma trajetória para os componentes modulares de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61 para se comunicar eletricamente. Por exemplo, um eixo de acionamento

modular e um transdutor modular, quando fixados ao cabo do instrumento cirúrgico, podem carregar programas de controle para o cabo através do circuito de comunicação 1422.

[00330] O segmento de circuito de tela 1424 compreende uma tela de LCD 1426. A tela de LCD 1426 pode compreender uma tela de cristal líquido, indicadores de LED, etc. Em alguns aspectos, a tela de LCD 1426 é uma tela de diodo emissor de luz orgânico (OLED). A tela 226 pode ser colocada, inserida ou situada remotamente em relação a qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61. Por exemplo, a tela 226 pode ser colocada no cabo do instrumento cirúrgico. A tela 226 é configurada para fornecer retroinformação sensorial a um usuário. Em vários aspectos, a tela de LCD 1426 compreende ainda uma retroiluminação. Em alguns aspectos, o instrumento cirúrgico pode compreender também dispositivos de retroinformação de áudio como um alto-falante ou um sinal sonoro e dispositivos de retroinformação tátil como um atuador háptico.

[00331] O segmento de circuito de controle de motor 1428 compreende um circuito de controle de motor 1430 acoplado a um motor 1432. O motor 1432 está acoplado ao processador 1302 por um acionador e um transístor, como um FET. Em vários aspectos, o circuito de controle de motor 1430 compreende um sensor de corrente do motor em comunicação por sinal com o processador 1302 para fornecer um sinal indicativo de uma medição da extração de corrente do motor para o processador 1302. O processador transmite o sinal à tela 226. A tela 226 recebe o sinal e exibe a medição da extração de corrente do motor 1432. O processador 1302 pode utilizar o sinal, por exemplo, para monitorar que a extração de corrente do motor 1432 existe dentro de uma faixa aceitável para comparar a extração de corrente com um ou mais parâmetros da pluralidade de segmentos de circuito, e para

determinar um ou mais parâmetros de um local de tratamento do paciente. Em vários aspectos, o circuito de controle de motor 1430 compreende um controlador de motor para controlar a operação do motor. Por exemplo, o circuito de controle de motor 1430 controla vários parâmetros de motor, por exemplo, mediante o ajuste da velocidade, do torque e da aceleração do motor 1432. O ajuste é realizado com base na corrente que passa através do motor 1432, medida pelo sensor de corrente do motor.

[00332] Em vários aspectos, o circuito de controle de motor 1430 compreende um sensor de força para medir a força e o torque gerados pelo motor 1432. O motor 1432 é configurado para atuar um mecanismo de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61. Por exemplo, o motor 1432 é configurado para controlar a atuação do eixo de acionamento do instrumento cirúrgico para realizar as funcionalidades de travamento, rotação e articulação. Por exemplo, o motor 1432 pode atuar o eixo de acionamento para realizar um movimento de travamento com as garras do instrumento cirúrgico. O controlador de motor pode determinar se o material travado pelas garras é tecido ou metal. O controlador de motor pode também determinar a extensão a qual as garras prendem o material. Por exemplo, o controlador de motor pode determinar como abrir ou fechar as garras com base na derivação da corrente detectada do motor ou da tensão do motor. Em alguns aspectos, o motor 1432 é configurado para atuar o transdutor para fazer com que o transdutor aplique torque ao cabo ou controle a articulação do instrumento cirúrgico. O sensor de corrente do motor pode interagir com o controlador de motor para definir um limite de corrente do motor. Quando a corrente satisfaz o limite de limiar predefinido, o controlador do motor inicia uma alteração correspondente em uma operação de controle do motor. Por exemplo, exceder o limite da corrente do motor

faz com que o controlador de motor reduza a extração de corrente do motor.

[00333] O segmento de circuito de tratamento de energia 1434 compreende um amplificador de RF e o circuito de segurança 1436 e um circuito gerador de sinal ultrassônico 1438 para implementar a funcionalidade de energia modular de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos em relação às Figuras 1 a 61. Em vários aspectos, o amplificador de RF e o circuito de segurança 1436 são configurados para controlar a modalidade de RF do instrumento cirúrgico mediante a geração de um sinal de RF. O circuito gerador de sinal ultrassônico 1438 é configurado para controlar a modalidade de energia ultrassônica mediante a geração de um sinal ultrassônico. O amplificador de RF e o circuito de segurança 1436 e um circuito gerador de sinal ultrassônico 1438 podem operar em conjunto para controlar a modalidade combinada de energia de RF e ultrassônica.

[00334] O segmento de circuito de eixo de acionamento 1440 compreende um controlador de módulo de eixo de acionamento 1442, um atuador de controle modular 1444, um ou mais sensores de atuador de extremidade 1446 e uma memória não volátil 1448. O controlador de módulo de eixo de acionamento 1442 é configurado para controlar uma pluralidade de módulos de eixo de acionamento compreendendo os programas de controle a serem executados pelo processador 1302. A pluralidade de módulos de eixo de acionamento implementa uma modalidade de eixo de acionamento, por exemplo, ultrassônica, combinação de ultrassônica e de RF, lâmina em perfil I de RF e por garra oposta por RF. O controlador de módulo de eixo de acionamento 1442 pode selecionar a modalidade de eixo de acionamento mediante a seleção do módulo de eixo de acionamento correspondente para que o processador 1302 opere. O atuador de controle modular 1444 é

configurado para atuar o eixo de acionamento de acordo com a modalidade selecionada de eixo de acionamento. Após a atuação ser iniciada, o eixo de acionamento articula o atuador de extremidade de acordo com um ou mais parâmetros, rotinas ou programas específicos para a modalidade de eixo selecionada e a modalidade de atuador de extremidade selecionada. O um ou mais sensores de atuador de extremidade 1446, situados no atuador de extremidade, podem incluir sensores de força, sensores de temperatura, sensores de corrente ou sensores de movimento. O um ou mais sensores de atuador de extremidade 1446 transmitem dados sobre uma ou mais operações do atuador de extremidade, com base na modalidade de energia implementada pelo atuador de extremidade. Em vários aspectos, as modalidades de energia incluem uma modalidade de energia ultrassônica, uma modalidade de energia de RF ou uma combinação da modalidade de energia ultrassônica e da modalidade de energia de RF. A memória não volátil 1448 armazena os programas de controle do eixo de acionamento. Um programa de controle compreende um ou mais parâmetros, rotinas ou programas específicos para o eixo de acionamento. Em vários aspectos, a memória não volátil 1448 pode ser uma memória ROM, EPROM, EEPROM ou flash. A memória não volátil 1448 armazena os módulos de eixo de acionamento correspondentes ao eixo de acionamento selecionado dentre qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61. Os módulos de eixo de acionamento podem ser alterados ou atualizados na memória não volátil 1448 pelo controlador de módulo de eixo de acionamento 1442, dependendo do eixo de acionamento do instrumento cirúrgico a ser utilizado na operação.

[00335] A Figura 64 ilustra um diagrama de um aspecto de um instrumento cirúrgico 1500 compreendendo um sistema de

retroinformação para uso com qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61, que podem incluir ou implementar muitos dos recursos aqui descritos. Por exemplo, em um aspecto, o instrumento cirúrgico 1500, pode ser similar ou representativo de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200. O instrumento cirúrgico 1500 pode incluir um gerador 1502. O instrumento cirúrgico 1500 pode incluir também um atuador de extremidade 1506, que pode ser ativado quando um médico opera um gatilho 1510. Em vários aspectos, o atuador de extremidade 1506 pode incluir uma lâmina ultrassônica para aplicar vibração ultrassônica para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação/corte em tecido vivo. Em outros aspectos, o atuador de extremidade 1506 pode incluir elementos eletricamente condutivos acoplados a uma fonte de energia de corrente eletrocirúrgica de alta frequência para realizar tratamentos cirúrgicos de coagulação ou cauterização em tecido vivo e uma faca mecânica com uma borda afiada ou uma lâmina ultrassônica para realizar tratamentos de corte em tecido vivo. Quando o gatilho 1510 é atuado, um sensor de força 1512 pode gerar um sinal que indica a quantidade de força que é aplicada ao gatilho 1510. Em adição a, ou em vez de, um sensor de força 1512, o instrumento cirúrgico 1500 pode incluir um sensor de posição 1513, que pode gerar um sinal indicando a posição do gatilho 1510 (por exemplo, quão longe o gatilho foi pressionado ou de outro modo atuado). Em um aspecto, o sensor de posição 1513 pode ser um sensor posicionado com a bainha tubular externa descrita acima ou um membro de atuação tubular reciprocante situado no interior da bainha tubular externa descrita acima. Em um aspecto, o sensor pode ser um sensor de efeito Hall ou qualquer transdutor adequado que varia sua tensão de saída em resposta a um campo magnético. O sensor de efeito Hall pode ser utilizado para aplicações de chaveamento por proximidade,

posicionamento, detecção de velocidade e detecção de corrente. Em um aspecto, o sensor de efeito Hall funciona como um transdutor analógico, retornando diretamente uma tensão. Com um campo magnético conhecido, sua distância da placa de Hall pode ser determinada.

[00336] Um circuito de controle 1508 pode receber os sinais dos sensores 1512 e/ou 1513. O circuito de controle 1508 pode incluir quaisquer componentes de circuito analógico ou digital adequados. O circuito de controle 1508 pode também se comunicar com o gerador 1502 e/ou com o transdutor 1504 para modular a energia fornecida ao atuador de extremidade 1506 e/ou o nível do gerador ou a amplitude da lâmina ultrassônica do atuador de extremidade 1506 com base na força aplicada ao gatilho 1510 e/ou na posição do gatilho 1510 e/ou na posição da bainha tubular externa descrita acima em relação ao membro de atuação tubular recíprocante 58 situado no interior da bainha tubular externa 56 descrita acima (por exemplo, conforme medido por uma combinação de sensor de efeito Hall e magneto). Por exemplo, quanto mais força é aplicada ao gatilho 1510, mais energia e/ou uma maior amplitude de lâmina ultrassônica pode ser fornecida ao atuador de extremidade 1506. De acordo com vários aspectos, o sensor de força 1512 pode ser substituído por uma chave de múltiplas posições.

[00337] De acordo com vários aspectos, o atuador de extremidade 1506 pode incluir um mecanismo de aperto ou de travamento, por exemplo, como aquele descrito acima em conexão com as Figuras 1 a 5. Quando o gatilho 1510 é inicialmente acionado, o mecanismo de travamento pode fechar, prender o tecido entre um braço de aperto e o atuador de extremidade 1506. Conforme a força aplicada ao gatilho aumenta (por exemplo, conforme detectado pelo sensor de força 1512), o circuito de controle 1508 pode aumentar a energia fornecida ao atuador de extremidade 1506 pelo transdutor 1504 e/ou o nível de

gerador ou a amplitude de lâmina ultrassônica gerada no atuador de extremidade 1506. Em um aspecto, a posição do gatilho, conforme detectada pelo sensor de posição 1513 ou a posição da garra ou do braço de garra, conforme detectada pelo sensor de posição 1513 (por exemplo, com um sensor de efeito Hall), podem ser utilizadas pelo circuito de controle 1508 para definir a energia e/ou a amplitude do atuador de extremidade 1506. Por exemplo, conforme o gatilho é movimentado ainda em direção a uma posição completamente atuada, ou a garra ou o braço de garra se move ainda em direção à lâmina ultrassônica (ou atuador de extremidade 1506), a energia e/ou amplitude do atuador de extremidade 1506 podem ser aumentadas.

[00338] De acordo com vários aspectos, o instrumento cirúrgico 1500 pode incluir também um ou mais dispositivos de retroinformação para indicar a quantidade de energia fornecida ao atuador de extremidade 1506. Por exemplo, um alto-falante 1514 pode emitir um sinal indicativo da energia do atuador de extremidade. De acordo com vários aspectos, o alto-falante 1514 pode emitir uma série de sons de pulso, onde a frequência dos sons indica a energia. Em adição a, ou em vez do alto-falante 1514, o instrumento cirúrgico 1500 pode incluir uma tela visual 1516. A tela visual 1516 pode indicar o atuador de extremidade de acordo com qualquer método adequado. Por exemplo, a tela visual 1516 pode incluir uma série de LEDs, em que a energia do atuador de extremidade é indicada pelo número de LEDs iluminados. O alto-falante 1514 e/ou a tela visual 1516 podem ser acionados pelo circuito de controle 1508. De acordo com vários aspectos, o instrumento cirúrgico 1500 pode incluir um dispositivo de catraca (não mostrado) conectado ao gatilho 1510. O dispositivo de catraca pode gerar um sinal audível quanto mais força é aplicada ao gatilho 1510, fornecendo uma indicação indireta de energia do atuador de extremidade. O instrumento cirúrgico 1500 pode incluir outros recursos que podem aumentar a segurança.

Por exemplo, o circuito de controle 1508 pode ser configurado para impedir que a energia seja fornecida ao atuador de extremidade 1506 além do limiar predeterminado. Além disso, o circuito de controle 1508 pode implementar um atraso entre o tempo em que uma alteração na energia do atuador de extremidade é indicada (por exemplo, pelo altofalante 1514 ou tela 1516) e o tempo em que a alteração na energia do atuador de extremidade é fornecida. Dessa forma, um médico pode ter ampla ciência de que o nível de energia ultrassônica que deve ser fornecida ao atuador de extremidade 1506 está prestes a mudar.

[00339] Em um aspecto, os geradores ultrassônicos ou de corrente de alta frequência de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61, podem ser configurados para gerar a forma de onda de sinal elétrico digitalmente, de modo que o uso desejado de um número predeterminado de pontos de fase armazenados em uma tabela de consulta para digitalizar o formato de onda. Os pontos de fase podem ser armazenados em uma tabela definida em uma memória, um arranjo de portas programável em campo (FPGA) ou qualquer memória não volátil adequada. A Figura 65 ilustra um aspecto de uma arquitetura fundamental para um circuito de síntese digital, como um circuito de síntese direta digital (DDS) 1600, configurado para gerar uma pluralidade de formatos de onda para a forma de onda de sinal elétrico. O software e os controles digitais do gerador podem comandar o FPGA para varrer os endereços na tabela de consulta 1604, que por sua vez fornece valores de entrada digitais variáveis para um circuito DAC 1608 que alimenta um amplificador de energia. Os endereços podem ser verificados de acordo com uma frequência de interesse. A utilização de tal tabela de consulta 1604 possibilita a geração de vários tipos de formatos de onda que podem ser alimentados no tecido ou a um transdutor, um eletrodo de RF, transdutores múltiplos simultaneamente,

ou uma combinação de instrumentos ultrassônicos e de RF. Além disso, múltiplas tabelas de consulta 1604 que representam múltiplos formatos de onda podem ser criadas, armazenadas e aplicadas ao tecido a partir de um gerador.

[00340] A forma de onda de sinal pode ser configurada para controlar pelo menos uma de uma corrente de saída, uma tensão de saída ou uma potência de saída de um transdutor ultrassônico e/ou eletrodo de RF, ou múltiplos dos mesmos (por exemplo, dois ou mais transdutores ultrassônicos e/ou dois ou mais eletrodos de RF). Ainda, onde um instrumento cirúrgico compreende componentes ultrassônicos, a forma de onda pode ser configurada para acionar pelo menos dois modos de vibração de um transdutor ultrassônico de pelo menos um instrumento cirúrgico. Dessa forma, o gerador 100 pode ser configurado para fornecer uma forma de onda a pelo menos um instrumento cirúrgico, em que o sinal de forma de onda corresponde a pelo menos um formato de onda de uma pluralidade de formatos de onda na tabela. Ainda, o sinal da forma de onda fornecida aos dois instrumentos cirúrgicos pode compreender dois ou mais formatos de onda. A tabela pode compreender informação associada a uma pluralidade de formatos de onda e a tabela pode ser armazenada dentro do gerador. Em um aspecto ou exemplo, a tabela pode ser uma tabela de síntese direta digital, que pode ser armazenada em um FPGA do gerador 100. A tabela pode ser endereçada de qualquer maneira que seja conveniente para categorizar formas de onda. De acordo com um aspecto, a tabela, que pode ser uma tabela de síntese direta digital, é endereçada de acordo com uma frequência do sinal de forma de onda. Ainda, a informação associada à pluralidade de formas de onda pode ser armazenada como informação digital na tabela.

[00341] A forma de onda de sinal elétrico analógica pode ser configurada para controlar pelo menos uma de uma corrente de saída,

uma tensão de saída ou uma potência de saída de um transdutor ultrassônico e/ou eletrodo de RF, ou múltiplos dos mesmos (por exemplo, dois ou mais transdutores ultrassônicos e/ou dois ou mais eletrodos de RF). Ainda, onde o instrumento cirúrgico compreende componentes ultrassônicos, a forma de onda de sinal elétrico analógica pode ser configurada para acionar pelo menos dois modos de vibração de um transdutor ultrassônico de pelo menos um instrumento cirúrgico. Dessa forma, o circuito gerador pode ser configurado para fornecer uma forma de onda de sinal elétrico analógico a pelo menos um instrumento cirúrgico, sendo que a forma de onda de sinal elétrico analógico corresponde a pelo menos um formato de onda de uma pluralidade de formatos de onda armazenados na tabela de consulta 1604. Ainda, a forma de onda de sinal elétrico analógico fornecida aos pelo menos dois instrumentos cirúrgicos pode compreender dois ou mais formatos de onda. A tabela de consulta 1604 pode compreender informação associada a uma pluralidade de formatos de onda e a tabela de consulta 1604 pode ser armazenada no interior do circuito gerador ou do instrumento cirúrgico. Em um aspecto ou exemplo, a tabela de consulta 1604 pode ser uma tabela de síntese direta digital, que pode ser armazenada em um FPGA do circuito gerador ou do instrumento cirúrgico. A tabela de consulta 1604 pode ser endereçada de qualquer maneira que seja conveniente para categorizar os formatos de onda. De acordo com um aspecto, a tabela de consulta 1604, que pode ser uma tabela de síntese direta digital, é endereçada de acordo com uma frequência da forma de onda de sinal elétrico analógico desejado. Ainda, a informação associada à pluralidade de formatos de onda pode ser armazenada como informação digital na tabela de consulta 1604.

[00342] Com o uso generalizado de técnicas digitais em sistemas de instrumentação e comunicações, um método controlado digitalmente de geração de frequências múltiplas a partir de uma fonte de frequência de

referência evoluiu e é referido como síntese digital direta. A arquitetura básica é mostrada na Figura 65. Neste diagrama de blocos simplificado, um circuito DDS está acoplado a um processador, controlador ou dispositivo lógico do circuito gerador e a um circuito de memória situado no circuito gerador de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61. O circuito DDS 1600 compreende um contador de endereços 1602, uma tabela de consulta 1604, um registro 1606, um circuito DAC 1608 e um filtro 1612. Um clock estável f_c é recebido pelo contador de endereços 1602 e o registrador 1606 aciona uma memória só de leitura programável (PROM) que armazena um ou mais números inteiros de ciclos de uma onda senoidal (ou outra forma de onda arbitrária) em uma tabela de consulta 1604. À medida que o contador de endereços 1602 percorre as localizações de memória, os valores armazenados na tabela de consulta 1604 são gravados em um registrador 1606, o qual está acoplado a um circuito DAC 1608. A amplitude digital correspondente do sinal na localização de memória da tabela de consulta 1604 aciona o circuito DAC 1608, o qual por sua vez gera um sinal de saída analógico 1610. A pureza espectral do sinal de saída analógico 1610 é determinada principalmente pelo circuito DAC 1608. O ruído de fase é basicamente o do clock de referência f_c . O primeiro sinal de saída analógico 1610 do circuito DAC 1608 é filtrado pelo filtro 1612 e um segundo sinal de saída analógico 1614 produzido pelo filtro 1612 é fornecido a um amplificador tendo uma saída acoplada à saída do circuito gerador. O segundo sinal de saída analógica tem uma frequência f_{out} .

[00343] Como o circuito DDS 1600 é um sistema de dados amostrados, problemas envolvidos na amostragem devem ser considerados: ruído de quantização, distorção, filtragem, etc. Por exemplo, as harmônicas de ordem mais alta das frequências de saída

do circuito DAC 1608 se dobram na largura de banda de Nyquist, tornando-as não filtráveis, ao passo que, as harmônicas de ordem mais alta da saída de sintetizadores baseados em circuito bloqueio de fase ou malha de captura de fase (PLL, -de "phase-locked loop") podem ser filtrados. A tabela de consulta 1604 contém dados de sinal para um número integral de ciclos. A frequência de saída final f_{out} pode ser alterada alterando a frequência do clock de referência f_c ou reprogramando a PROM.

[00344] O circuito DDS 1600 pode compreender múltiplas tabelas de consulta 1604, onde a tabela de consulta 1604 armazena uma forma de onda representada por um número predeterminado de amostras, sendo que as amostras definem um formato predeterminado da forma de onda. Dessa forma, múltiplas formas de onda, tendo uma forma única, podem ser armazenadas em múltiplas tabelas de consulta 1604 para fornecer diferentes tratamentos de tecido com base em configurações de instrumento ou retroinformação de tecido. Exemplos de formas de onda incluem formas de onda de sinal elétrico de RF de alto fator de crista para coagulação do tecido de superfície, forma de onda de sinal elétrico RF de baixo fator de crista para penetração no tecido mais profunda e formas de onda de sinal elétrico que promovem coagulação de retoque eficiente. Em um aspecto, o circuito DDS 1600 pode criar múltiplas tabelas de consulta de formato de onda 1604 e durante um procedimento de tratamento de tecido (por exemplo, simultaneamente ou em tempo real virtual com base em entradas de usuário ou sensor) alternar entre diferentes formatos de ondas armazenados em tabelas de consulta 1604 separadas com base no efeito do tecido desejado e/ou retroinformação de tecido. Por conseguinte, a alternância entre formas de onda pode ser baseada na impedância do tecido e outros fatores, por exemplo. Em outros aspetos, as tabelas de consulta 1604 podem armazenar formas de onda de sinal elétrico formatadas para maximizar

a potência distribuída no tecido por ciclo (isto é, onda trapezoidal ou quadrada). Em outros aspectos, as tabelas de consulta 1604 podem armazenar formas de onda sincronizadas de modo que elas aumentem o fornecimento de energia por qualquer um dos instrumentos cirúrgicos multifuncionais 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61 enquanto fornece sinais de acionamento de RF e ultrassônicos. Ainda em outros aspectos, as tabelas de consulta 1604 podem armazenar formas de onda de sinal elétrico para acionar simultaneamente energia terapêutica e/ou subterapêutica ultrassônica e de RF, mantendo o bloqueio de frequência ultrassônica. Formatos de onda personalizados específicos para diferentes instrumentos e seus efeitos no tecido podem ser armazenados na memória não volátil do circuito gerador ou na memória não volátil (por exemplo, EEPROM) de qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61 e buscadas ao conectar o instrumento cirúrgico multifuncional ao circuito gerador. Um exemplo de uma senoide exponencialmente amortecida, conforme utilizada em muitos formatos de onda de "coagulação" de alto fator de crista, é mostrado na Figura 67.

[00345] Uma implementação mais flexível e eficiente do circuito DDS 1600 emprega um circuito digital chamado de Oscilador Controlado Numericamente (NCO, de Numerically Controlled Oscillator). Um diagrama de blocos de um circuito de síntese digital mais flexível e eficiente, como um circuito DDS 1700, é mostrado na Figura 66. Neste diagrama de blocos simplificado, um circuito DDS 1700 está acoplado a um processador, controlador ou dispositivo lógico do gerador e a um circuito de memória situado no gerador ou em quaisquer dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61. O circuito DDS 1700 compreende um registrador de carga 1702, um registrador de fase delta

paralelo 1704, um circuito somador 1716, um registrador de fase 1708, uma tabela de consulta 1710 (conversor fase-amplitude), um circuito DAC 1712 e um filtro 1714. O circuito somador 1716 e o registrador de fase 1708a formam parte de um acumulador de fase 1706. Um sinal de clock f_c é aplicado ao registrador de fase 1708 e ao circuito DAC 1712. O registrador de carga 1702 recebe uma palavra de ajuste que especifica a frequência de saída como uma fração da frequência de clock de referência f_c . A saída do registrador de carga 1702 é fornecida a um registrador de fase delta paralelo 1704 com uma palavra de sintonização M.

[00346] O circuito DDS 1700 inclui um clock de amostra que gera uma frequência de clock f_c , um acumulador de fase 1706 e uma tabela de consulta 1710 (por exemplo, conversor de fase para amplitude). O conteúdo do acumulador de fase 1706 é atualizado uma vez por ciclo de clock f_c . Quando o acumulador de fase 1706 é atualizado, o número digital, M, armazenado no registrador de fase delta 1704 é adicionado ao número no registrador de fase 1708 por um circuito somador 1716. Presumindo que o número no registro de fase delta paralela 1704 é 00... 01 e que o conteúdo inicial do acumulador de fase 1706 é 00... 00. O acumulador de fase 1706 é atualizado por 00... 01 por ciclo de clock. Se o acumulador de fase 1706 tiver uma largura de 32 bits, são necessários 232 ciclos de clock (mais de 4 bilhões) antes do acumulador de fase 1706 retornar a 00... 00, e o ciclo se repetir.

[00347] A saída truncada 1718 do acumulador de fase 1706 é fornecida a uma tabela de consulta do conversor de fase para amplitude 1710 e a saída da tabela de consulta 1710 é acoplada a um circuito DAC 1712. A saída truncada 1718 do acumulador de fase 1706 serve como o endereço para uma tabela de consulta de seno (ou cosseno). Um endereço na tabela de consulta corresponde a um ponto de fase na onda senoidal de 0° a 360° . A tabela de consulta 1710 contém a

informação de amplitude digital correspondente a um ciclo completo de uma onda senoidal. A tabela de consulta 1710, portanto, mapeia a informação de fase do acumulador de fase 1706 em uma palavra de amplitude digital, a qual, por sua vez, aciona o circuito DAC 1712. A saída do circuito DAC é um primeiro sinal analógico 1720 e é filtrada por um filtro 1714. A saída do filtro 1714 é um segundo sinal analógico 1722, que é fornecido a um amplificador de energia acoplado ao circuito gerador 100.

[00348] Em um aspecto, a forma de onda de sinal elétrico pode ser digitalizada em 1024 (210) pontos de fase, embora a forma de onda que pode ser digitalizada é qualquer número adequado de 2^n pontos de fase variando de 256 (28) a 281.474.976.710.656 (248), onde n é um inteiro positivo, conforme mostrado na TABELA 1. A forma de onda de sinal elétrico pode ser expressa como $A_n(\theta_n)$, onde uma amplitude normalizada A_n em um ponto n é representada por um ângulo de fase θ_n referido como um ponto de fase no ponto n . O número de pontos de fase discretos n determina a resolução de sintonia do circuito DDS 1700 (bem como o circuito DDS 1600 mostrado na Figura 65).

N	Número de Pontos de Fase 2^n
8	256
10	1.024
12	4.096
14	16.384
16	65.536
18	262.144
20	1.048.576
22	4.194.304
24	16.777.216
26	67.108.864
28	268.435.456

N	Número de Pontos de Fase 2 ⁿ
...	...
32	4.294.967.296
...	...
48	281.474.976.710.656
...	...

Tabela 1

[00349] Os algoritmos do circuito gerador e os controles digitais podem varrer os endereços na tabela de consulta 1710, que em retorno fornece valores de entrada digitais variáveis para o circuito DAC 1712 que alimenta o filtro 1714 e o amplificador de energia. Os endereços podem ser verificados de acordo com uma frequência de interesse. A utilização da tabela de consulta possibilita a geração de vários tipos de formatos que podem ser convertidos em sinal de saída analógico pelo circuito DAC 1712 filtrado pelo filtro 1714, amplificado pelo amplificador de potência acoplado à saída do circuito gerador e alimentado ao tecido na forma de energia de RF ou alimentado a um transdutor e aplicado ao tecido na forma de vibrações ultrassônicas que fornecem energia ao tecido na forma de calor. A saída do amplificador pode ser aplicada a um eletrodo de RF, múltiplos eletrodos de saída simultaneamente, um transdutor ultrassônico, múltiplos transdutores ultrassônicos simultaneamente ou uma combinação de transdutores de RF e ultrassônicos, por exemplo. Além disso, múltiplas tabelas de forma de onda podem ser criadas, armazenadas e aplicadas ao tecido a partir de um circuito gerador.

[00350] Com referência novamente à Figura 65, para $n = 32$ e $M = 1$, o acumulador de fase 1706 escala cada uma das saídas possíveis 232 antes de transbordar e reinicializar. A frequência de onda de saída correspondente é igual à frequência clock de entrada dividida por 232. Se $M = 2$, então o registro de fase 1708 "roda" duas vezes mais rápido,

e a frequência de saída é duplicada. Isto pode ser generalizado como a seguir.

[00351] Para um acumulador de fase 1706 configurado para acumular n-bits (em geral fica na faixa de 24 a 32 na maioria dos sistemas DDS, mas conforme previamente discutido, n pode ser selecionado dentre uma ampla gama de opções), existem 2^n possíveis pontos de fases. A palavra digital no registrador de fase delta M representa a quantidade de acúmulo de fase que é incrementada por ciclo de clock. Se f_c é a frequência de clock, então a frequência da onda senoidal de saída é igual a:

$$f_o = \frac{M \cdot f_c}{2^n} \quad \text{Eq.1}$$

[00352] A equação 1 é conhecida como "equação de sintonia" DDS. Observa-se que a resolução de frequência do sistema é igual a $\frac{f_o}{2^n}$. Para $n = 2$, a resolução é maior que uma parte em quatro bilhões. Em um aspecto do sistema DDS 1700, nem todos os bits fora do acumulador de fase 1706 passam para a tabela de consulta 1710 mas são truncados, deixando apenas os primeiros 13 a 15 bits mais significativos (MSBs), por exemplo. Isto reduz o tamanho da tabela de consulta 1710 e não afeta a resolução de frequência. A truncagem de fase somente adiciona uma pequena, mas aceitável, quantidade de ruído de fase à saída final.

[00353] A forma de onda de sinal elétrico pode ser caracterizada pela corrente, tensão ou potência em uma determinada frequência. Ainda, quando qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61 compreende componentes ultrassônicos, a forma de onda de sinal elétrico pode ser configurada para acionar ao menos dois modos de vibração de um transdutor ultrassônico de ao menos um instrumento cirúrgico. Dessa forma, o circuito gerador pode ser configurado para fornecer uma forma de onda de sinal elétrico a ao menos um

instrumento cirúrgico, sendo que a forma de onda de sinal elétrico é caracterizada por uma forma de onda predeterminada armazenada na tabela de consulta 1710 (ou tabela de consulta 1604 - Figura 65). Além disso, a forma de onda de sinal elétrico pode ser uma combinação de duas ou mais formas de onda. A tabela de consulta 1710 pode compreender informação associada a uma pluralidade de formatos de onda. Em um aspecto ou exemplo, a tabela de consulta 1710 pode ser gerada pelo circuito DDS 1700 e pode ser referida como uma tabela de síntese direta digital. A síntese digital direta (DDS) opera armazenando primeiramente uma grande forma de onda repetitiva na memória integrada. Um ciclo de uma forma de onda (senoidal, triangular, quadrada, arbitrária) pode ser representado por um número predeterminado de pontos de fase, conforme mostrado na TABELA 1 e armazenado na memória. Uma vez que a forma de onda é armazenada na memória, ela pode ser gerada em frequências muito precisas. A tabela de síntese direta digital pode ser armazenada em uma memória não volátil do circuito gerador e/ou pode ser implementada com um circuito FPGA no circuito gerador. A tabela de consulta 1710 pode ser endereçada por qualquer técnica adequada que seja conveniente para categorizar os formatos de onda. De acordo com um aspecto, a tabela de consulta 1710 é endereçada de acordo com uma frequência da forma de onda de sinal elétrico. Além disso, as informações associadas à pluralidade de formatos de onda podem ser armazenadas como informações digitais em uma memória ou como parte da tabela de consulta 1710.

[00354] Em um aspecto, o circuito gerador pode ser configurado para fornecer formas de onda de sinal elétrico a ao menos dois instrumentos cirúrgicos simultaneamente. O circuito gerador pode também ser configurado para fornecer a forma de onda de sinal elétrico, que pode ser caracterizada por duas ou mais formas de onda, através de um canal

de saída do circuito gerador para os dois instrumentos cirúrgicos simultaneamente. Por exemplo, em um aspecto, a forma de onda de sinal elétrico compreende um primeiro sinal elétrico para acionar um transdutor ultrassônico (por exemplo, sinal de acionamento ultrassônico), um segundo sinal de acionamento de RF e/ou uma combinação dos mesmos. Além disso, uma forma de onda de sinal elétrico pode compreender uma pluralidade de sinais de acionamento ultrassônicos, uma pluralidade de sinais de acionamento de RF e/ou uma combinação de uma pluralidade de sinais de acionamento ultrassônicos e de RF.

[00355] Ainda, um método para operar o circuito gerador, de acordo com a presente invenção, compreende gerar uma forma de onda de sinal elétrico e fornecer a forma de onda de sinal elétrico gerada a qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61, em que a geração da forma de onda de sinal elétrico compreende receber informações associadas à forma de onda de sinal elétrico de uma memória. A forma de onda de sinal elétrico gerada compreende pelo menos um formato de onda. Além disso, fornecer a forma de onda de sinal elétrico gerada para ao menos um instrumento cirúrgico compreende fornecer a forma de onda de sinal elétrico ao menos a dois instrumentos cirúrgicos simultaneamente.

[00356] O circuito gerador, conforme descrito aqui, pode permitir a geração de vários tipos de tabelas de síntese direta digital. Exemplos de formatos de onda para sinais de RF/eletrocirúrgicos adequados para tratar uma variedade de tecidos gerados pelo circuito gerador incluem sinais de RF com um fator de crista alto (que podem ser utilizados para coagulação superficial no modo RF), sinais RF de fator de crista baixo (que podem ser usados para penetração no tecido mais profunda) e formas de onda que promovem coagulação de retoque eficiente. O

circuito gerador pode também gerar múltiplas formas de onda empregando uma tabela de consulta de síntese direta digital 1710 e, em tempo real, pode alternar entre formatos de onda particulares com base no efeito de tecido desejado. A alternância pode ser baseada na impedância do tecido e/ou em outros fatores.

[00357] Além dos formatos tradicionais de onda seno/cosseno, o circuito gerador pode ser configurado para gerar formato(s) de onda que maximiza(m) a potência no tecido por ciclo (por exemplo, onda trapezoidal ou quadrada). O circuito gerador pode fornecer formatos de ondas que são sincronizados para maximizar a potência fornecida à carga ao acionar simultaneamente sinais de RF e ultrassônicos e manter a trava de frequência ultrassônica, desde que o circuito gerador inclua uma topologia de circuito que possibilite o acionamento simultâneo de sinais de RF e ultrassônicos. Ainda, as formas de onda personalizadas específicas dos instrumentos e seus efeitos no tecido podem ser armazenadas em uma memória não volátil (NVM) ou em um instrumento EEPROM e podem ser buscadas ao conectar qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em relação às Figuras 1 a 61 ao circuito gerador.

[00358] O circuito DDS 1700 pode compreender múltiplas tabelas de consulta 1604, onde a tabela de consulta 1710 armazena uma forma de onda representada por um número predeterminado de pontos de fase (também chamados de amostras), sendo que os pontos de fase definem um formato predeterminado de forma de onda. Dessa forma, múltiplas formas de onda, tendo uma forma única, podem ser armazenadas em múltiplas tabelas de consulta 1710 para fornecer diferentes tratamentos de tecido com base em configurações de instrumento ou retroinformação de tecido. Exemplos de formas de onda incluem formas de onda de sinal elétrico de RF de alto fator de crista para coagulação do tecido de superfície, forma de onda de sinal elétrico RF de baixo fator

de crista para penetração no tecido mais profunda e formas de onda de sinal elétrico que promovem coagulação de retoque eficiente. Em um aspecto, o circuito DDS 1700 pode criar múltiplas tabelas de consulta de formato de onda 1710 e durante um procedimento de tratamento de tecido (por exemplo, simultaneamente ou em tempo real virtual com base em entradas de usuário ou sensor) alternar entre diferentes formatos de ondas armazenados em diferentes tabelas de consulta 1710 com base no efeito sobre o tecido desejado e/ou retroinformação de tecido. Por conseguinte, a alternância entre formas de onda pode ser baseada na impedância do tecido e outros fatores, por exemplo. Em outros aspectos, as tabelas de consulta 1710 podem armazenar formas de onda de sinal elétrico formatadas para maximizar a potência distribuída no tecido por ciclo (isto é, onda trapezoidal ou quadrada). Em outros aspectos, as tabelas de consulta 1710 podem armazenar formas de onda sincronizadas de modo que elas aumentem o fornecimento de energia por qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 descritos na presente invenção em relação às Figuras 1 a 61 quando fornecem sinais de acionamento de RF e ultrassônicos. Ainda em outros aspectos, as tabelas de consulta 1710 podem armazenar formas de onda de sinal elétrico para acionar simultaneamente energia terapêutica e/ou subterapêutica ultrassônica e de RF, mantendo simultaneamente o bloqueio da frequência ultrassônica. De modo geral, o formato de onda de saída pode estar na forma de uma onda senoidal, onda cossenoidal, onda de pulso, onda quadrada e similares. No entanto, os formatos de onda personalizados e mais complexos específicos para diferentes instrumentos e seus efeitos teciduais podem ser armazenadas na memória não volátil do circuito gerador ou na memória não volátil (por exemplo, EEPROM) do instrumento cirúrgico e buscadas ao conectar o instrumento cirúrgico no circuito gerador. Um exemplo de uma forma de onda personalizada é

uma senoide exponencialmente amortecida conforme utilizada em muitas formas de onda de "coagulação" de alto fator de crista, conforme mostrado na Figura 67.

[00359] A Figura 67 ilustra um ciclo de uma forma de onda do sinal elétrico digital de tempo discreto 1800, de acordo com um aspecto da presente invenção, de uma forma de onda analógica 1804 (mostrada sobreposta sob a forma de onda do sinal elétrico digital de tempo isolada 1800 para propósitos de comparação). O eixo geométrico horizontal representa o Tempo (t) e o eixo geométrico vertical representa os pontos de fases digitais. A forma de onda do sinal elétrico digital 1800 é uma versão do tempo digital isolado da forma de onda analógica desejada 1804, por exemplo. A forma de onda do sinal elétrico digital 1800 é gerada pelo armazenamento de um ponto de fase de amplitude 1802 que representa a amplitude por ciclo de clock T_{clk} sobre um ciclo ou período T_0 . A forma de onda de sinal elétrico digital 1800 é gerada sobre um período T_0 por qualquer circuito de processamento digital adequado. Os pontos de fase de amplitude são palavras digitais armazenadas em um circuito de memória. No exemplo ilustrado nas Figura 65 e 66, a palavra digital é uma palavra de 6 bits que é capaz de armazenar os pontos de fase de amplitude com uma resolução de 26 ou 64 bits. Será compreendido que os exemplos mostrados nas Figuras 65 e 66 são para propósitos ilustrativos e, nas implementações atuais, a resolução pode ser muito maior. Os pontos de fase de amplitude digital 1802 durante um ciclo T_0 são armazenados na memória como uma cadeia da cadeia de palavras em uma tabela de consulta 1604, 1710, como descrito em conexão com as Figuras 65 e 66, por exemplo. Para gerar a versão analógica da forma de onda analógica 1804, os pontos de fase de amplitude 1802 são lidos sequencialmente a partir da memória de 0 a T_0 por ciclo de clock T_{clk} e são convertidos por um circuito DAC 1608, 1712, também descritos em conexão com as Figuras 65 e 66. Ciclos

adicionais podem ser gerados pela leitura repetida dos pontos de fase de amplitude 1802 da forma de onda de sinal elétrico digital 1800 de 0 a T_0 pelo maior número de ciclos ou períodos que possam ser desejados. A versão analógica suave da forma de onda 1804 é conseguida mediante a filtração da saída do circuito DAC 1608, 1712 por um filtro 1612, 1714 (Figuras 65 e 66). O sinal de saída analógico filtrado 1614, 1722 (Figuras 65 e 66) é aplicado à entrada de um amplificador de potência.

[00360] Em um aspecto, conforme ilustrado na Figura 68A, um circuito 1900 pode compreender um controlador compreendendo um ou mais processadores 1902 (por exemplo, microprocessador, microcontrolador) acoplado ao menos a um circuito de memória 1904. O ao menos um circuito de memória 1904 armazena instruções executáveis em máquina que, quando executadas pelo processador 1902, fazem com que o processador 1902 execute instruções de máquina para implementar quaisquer dos algoritmos, processos ou técnicas descritos na presente invenção.

[00361] O processador 1902 pode ser qualquer um dentre inúmeros processadores de núcleo simples ou processadores de múltiplos núcleos (multi-core) conhecidos na técnica. O circuito de memória 1904 pode compreender meios de armazenamento voláteis e não voláteis. Em um aspecto, conforme ilustrado na Figura 68A, o processador 1902 pode incluir uma unidade de processamento de instrução 1906 e uma unidade aritmética 1908. A unidade de processamento de instrução pode ser configurada para receber instruções a partir do circuito de memória 1904.

[00362] Em um aspecto, um circuito 1910 pode compreender uma máquina de estados finitos compreendendo um circuito lógico combinacional 1912, conforme ilustrado na Figura 68B, configurado para implementar quaisquer dos algoritmos, processos ou técnicas

descritos na presente invenção. Em um aspecto, um circuito 1920 pode compreender uma máquina de estados finitos compreendendo um circuito lógico sequencial, conforme ilustrado na Figura 68C. O circuito lógico sequencial 1920 pode compreender o circuito lógico combinacional 1912 e ao menos um circuito de memória 1914, por exemplo. O ao menos um circuito de memória 1914 pode armazenar um estado atual da máquina de estados finitos, conforme ilustrado na Figura 68C. O circuito lógico sequencial 1920 ou o circuito lógico combinacional 1912 pode ser configurado para implementar quaisquer dos algoritmos, processos, ou técnicas aqui descritos. Em certos casos, o circuito lógico sequencial 1920 pode ser síncrono ou assíncrono.

[00363] Em outros aspectos, o circuito pode compreender uma combinação do processador 1902 e da máquina de estado finito para implementar qualquer um dentre os algoritmos, processos ou técnicas aqui descritos. Em outros aspectos, a máquina de estados finitos pode compreender uma combinação do circuito lógico combinacional 1910 e o circuito lógico sequencial 1920.

[00364] A Figura 69 é um diagrama esquemático de um circuito 1925 de vários componentes de um instrumento cirúrgico com funções de controle de motor, de acordo com um aspecto da presente invenção. Em vários aspectos, os instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 68C podem incluir um mecanismo de acionamento 1930 que é configurado para acionar eixos de acionamento e/ou componentes de engrenagem para executar as várias operações associadas aos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200. Em um aspecto, o mecanismo de acionamento 1930, 160 inclui um trem de acionamento de rotação 1932 configurado para girar o atuador de extremidade 112, 512, 1000, 1112, 1212, conforme descrito em conexão com as Figuras 1, 20, 40, 41, 45 e 54, por exemplo, ao redor de um eixo longitudinal em

relação ao compartimento do cabo. O mecanismo de acionamento 1930 inclui, ainda, um trem de acionamento do sistema de fechamento 1934 configurado para fechar um membro de garra para prender o tecido ao atuador de extremidade. Além disso, o mecanismo de acionamento 1930 inclui um trem de acionamento de disparo 1936 configurado para disparar uma faca de feixe I do atuador de extremidade para cortar o tecido preso pelo atuador de extremidade.

[00365] O mecanismo de acionamento 1930 inclui um conjunto de caixa de engrenagens com seletor 1938 que pode estar localizado no conjunto de manípulo do instrumento cirúrgico. Proximal ao conjunto de caixa de engrenagem com seletor 1938 existe um módulo de seleção de função que inclui um primeiro motor 1942 que funciona para mover seletivamente elementos de engrenagem no interior do conjunto de caixa de engrenagem com seletor 1938 para posicionar seletivamente um dos trens de acionamento 1932, 1934, 1936 em encaixe com um componente de acionamento de entrada de um segundo motor opcional 1944 e um circuito de acionamento de motor 1946 (mostrado em linha pontilhada para indicar que o segundo motor 1944 e o circuito de acionamento de motor 1946 são componentes opcionais).

[00366] Ainda com referência à Figura 69, os motores 1942 e 1944 são acoplados aos circuitos de controle de motor 1946, 1948, respectivamente, que são configurados para controlar a operação dos motores 1942 e 1944, incluindo o fluxo de energia elétrica de uma fonte de alimentação 1950 para os motores 1942 e 1944. A fonte de alimentação 1950 pode ser uma bateria de CC (por exemplo, uma bateria recarregável à base de chumbo, à base de níquel, à base de íons de lítio, etc.) ou qualquer outra fonte de alimentação adequada para fornecer energia elétrica ao instrumento cirúrgico.

[00367] O instrumento cirúrgico inclui ainda um microcontrolador 1952 ("controlador"). Em certos exemplos, o controlador 1952 pode

incluir um microprocessador 1954 ("processador") e um ou mais meios legíveis por computador ou unidades de memória 1956 ("memória"). Em certos exemplos, a memória 1956 pode armazenar várias instruções de programa que, quando executadas, podem fazer com que o processador 1954 execute uma pluralidade de funções e/ou cálculos aqui descritos. Uma fonte de alimentação 1950 pode ser configurada para fornecer energia ao controlador 1952, por exemplo.

[00368] O processador 1954 está em comunicação com o circuito de controle do motor 1946. Além disso, a memória 1956 pode armazenar instruções de programa que, quando executadas pelo processador 1954 em resposta a uma entrada de usuário 1958 ou elementos de retroinformação 1960, podem fazer com que o circuito de controle do motor 1946 induza o motor 1942 a gerar ao menos um movimento giratório para mover seletivamente os elementos de engrenagem no interior do conjunto de caixa de câmbio com seletor 1938 para posicionar seletivamente um dos trens de acionamento 1932, 1934, 1936 para engatar no componente de acionamento de entrada do segundo motor 1944. Além disso, o processador 1954 pode estar em comunicação com o circuito de controle do motor 1948. A memória 1956 pode também armazenar instruções de programa que, quando executadas pelo processador 1954 em resposta a uma entrada de usuário 1958, podem fazer com que o circuito de controle do motor 1948 induza o motor 1944 a gerar ao menos um movimento giratório para acionar o trem de acionamento engatado no componente de acionamento de entrada do segundo motor 1948, por exemplo.

[00369] O controlador 1952 e/ou os outros controladores da presente invenção podem ser implementados usando elementos de hardware integrados e/ou distintos, elementos de software e/ou uma combinação de ambos. Exemplos de elementos de hardware integrados podem incluir processadores, microprocessadores, microcontroladores,

circuitos integrados, ASICs, PLDs, DSPs, FPGAs, portas lógicas, registros, dispositivos de semicondutor, circuitos integrados, microcircuitos, chipsets, microcontroladores, sistema em um circuito integrado (chip)(SoC) e/ou pacote único em linha (SiP). Exemplos de elementos de hardware distintos podem incluir circuitos e/ou elementos de circuito, como portas lógicas, transistores de efeito de campo, transistores bipolares, resistores, capacitores, indutores e/ou relés. Em certas modalidades, o controlador 1952 pode incluir um circuito híbrido que compreende elementos ou componentes de circuitos integrados e isolados em um ou mais substratos, por exemplo.

[00370] Em certos exemplos, o controlador 1952 e/ou os outros controladores da presente invenção podem ser um LM 4F230H5QR, disponível junto à Texas Instruments, por exemplo. Em certas instâncias, o LM4F230H5QR da Texas Instruments é um núcleo processador ARM Cortex-M4F que compreende uma memória integrada do tipo flash de ciclo único de 256 KB, ou outra memória não volátil, até 40 MHz, um buffer de pré-busca para otimizar o desempenho acima de 40 MHz, uma SRAM de ciclo único de 32 KB, ROM interna carregada com o software StellarisWare®, EEPROM de 2KB, um ou mais módulos de PWM, um ou mais análogos de QEI, um ou mais ADCs de 12 bits com 12 canais de entrada analógicos, dentre outros recursos que são prontamente disponíveis. Outros microcontroladores podem ser prontamente substituídos para uso com a presente invenção. Consequentemente, a presente invenção não deve ser limitada nesse contexto.

[00371] Em vários exemplos, uma ou mais das várias etapas aqui descritas podem ser executadas por uma máquina de estados finitos que compreende um circuito lógico combinacional ou um circuito lógico sequencial, onde o circuito lógico combinacional ou o circuito lógico sequencial é acoplado, ao menos, a um circuito de memória. O pelo

menos um circuito de memória armazena um estado atual da máquina de estados finitos. O circuito lógico combinacional ou sequencial é configurado para fazer com que a máquina de estados finitos execute as etapas. O circuito lógico sequencial pode ser síncrono ou assíncrono. Em outros exemplos, uma ou mais das várias etapas aqui descritas podem ser executadas por um circuito que inclui uma combinação do processador 1958 e da máquina de estados finitos, por exemplo.

[00372] Em vários casos, pode ser vantajoso ser capaz de avaliar o estado da funcionalidade de um instrumento cirúrgico para assegurar sua função adequada. É possível, por exemplo, que o mecanismo de acionamento, conforme explicado acima, que é configurado para incluir vários motores, trens de acionamento e/ou componentes de engrenagem para executar as várias operações do instrumento cirúrgico, se desgaste ao longo do tempo. Isso pode ocorrer através do uso normal e, em alguns casos, o mecanismo de acionamento pode se desgastar mais rapidamente devido a condições de uso abusivo. Em certos casos, um instrumento cirúrgico pode ser configurado para executar autoavaliações para determinar o estado, ou seja, a saúde, do mecanismo de acionamento e seus diversos componentes.

[00373] Por exemplo, a autoavaliação pode ser utilizada para determinar quando o instrumento cirúrgico é capaz de desempenhar sua função antes de uma nova esterilização ou quando alguns dos componentes devem ser substituídos e/ou reparados. A avaliação do mecanismo de acionamento e de seus componentes, incluindo, mas não se limitando ao trem de acionamento de rotação 1932, o trem de acionamento do sistema de fechamento 1934 e/ou o trem de acionamento de disparo 1936, pode ser realizada de diversas formas. A magnitude do desvio de um desempenho previsto pode ser utilizada para determinar a probabilidade de uma falha detectada e da gravidade dessa falha. Várias métricas podem ser utilizadas, incluindo: Análise

periódica de eventos repetidamente previsíveis, aumentos ou quedas que excedem um limiar esperado e a extensão da falha.

[00374] Em diversos casos, uma forma de onda de assinatura de um mecanismo de acionamento operando adequadamente ou um ou mais de seus componentes pode ser empregada para avaliar o estado do mecanismo de acionamento ou de um ou mais de seus componentes. Um ou mais sensores de vibração podem estar dispostos em relação a um mecanismo de acionamento operando adequadamente ou um ou mais de seus componentes para registrar diversas vibrações que ocorrem durante a operação do mecanismo de acionamento operando adequadamente ou de um ou mais de seus componentes. As vibrações registradas podem ser empregadas para criar a forma de onda de assinatura. As futuras formas de ondas podem ser comparadas à forma de onda de assinatura para avaliar o estado do mecanismo de acionamento e seus componentes.

[00375] Ainda com referência à Figura 69, o instrumento cirúrgico 1930 inclui um módulo de detecção de falha do trem de acionamento 1962 configurado para registrar e analisar uma ou mais saídas acústicas de um ou mais dos trens de acionamento 1932, 1934, 1936. O processador 1954 pode estar em comunicação com ou, de outro modo, controlar o módulo 1962. Conforme descrito com mais detalhes abaixo, o módulo 1962 pode ser incorporado como vários meios, como circuitos, hardware, um produto de programa de computador que compreende uma mídia legível por computador (por exemplo, a memória 1956) que armazena instruções de programa legíveis por computador que são executáveis por um dispositivo de processamento (por exemplo, o processador 1954), ou alguma combinação dos mesmos. Em alguns casos, o processador 36 pode incluir ou, de outro modo, controlar o módulo 1962.

[00376] A Figura 70 ilustra um conjunto de manípulo 1970 com um

painel de serviço removível 1972 removido para mostrar os componentes internos do conjunto de manípulo, de acordo com um aspecto da presente invenção. O painel de serviço removível 1972, ou tampa de serviço removível, inclui também nervuras de reforço 1990 para resistência. O painel de serviço removível 1972 compreende uma pluralidade de prendedores 1988 que se encaixam com uma pluralidade de prendedores 1986 no compartimento de manípulo 1974 para fixar de modo removível o painel de serviço removível 1972 ao compartimento de manípulo 1974. Em um aspecto, os prendedores 1988 no painel de serviço removível 1972 compreendem um primeiro conjunto de ímãs e o compartimento de manípulo 1974 compreende um segundo conjunto de ímãs que travam magneticamente o painel de serviço 1972 ao compartimento de manípulo 1974. Em um aspecto, os primeiro e segundo conjunto de magnetos 6112a, 6112b são magnetos permanentes de terras raras.

[00377] Na Figura 70, o painel de serviço removível 1972 é mostrado removido do compartimento de manípulo 1974 para mostrar o local dos componentes elétricos e mecânicos do instrumento cirúrgico, como o motor 1976 e os contatos elétricos 1984 para acoplar eletricamente o conjunto de bateria ou os circuitos flexíveis ao compartimento de manípulo 1974. O motor 1976 e os contatos elétricos 1984 também são removíveis do compartimento de manípulo 1974. O conjunto de manípulo 1970 compreende também um gatilho 1982 e uma chave de atuação 1980, sendo cada um removível do compartimento de manípulo 1974. Conforme anteriormente descrito, o gatilho removível 1982 pode ter múltiplos estágios de operação para fechar o membro de garra, disparar a faca, ativar o transdutor ultrassônico, ativar a corrente de alta frequência e/ou abrir o membro de garra. A chave de atuação 1980 pode ser substituída por múltiplas chaves para ativar diferentes funções como, por exemplo, fechar o membro de garra, dispara a faca, ativar o

transdutor ultrassônico, ativar a corrente de alta frequência e/ou abrir o membro de garra. Conforme mostrado na Figura 70, o conjunto de manípulo 1970 inclui contatos elétricos 1978 para acoplar eletricamente o conjunto de manípulo 1970 ao conjunto de eixo de acionamento, onde os contatos elétricos 1978 são removíveis do compartimento de manípulo 1974. O compartimento de manípulo 1974 também define um espaço para receber um conjunto de transdutor ultrassônico removível, transdutor ultrassônico, circuitos de acionamento de transdutor ultrassônico, circuitos de acionamento de corrente de alta frequência e/ou conjunto de tela, conforme anteriormente discutido na presente invenção.

[00378] As Figuras 62, 63 e 71 a 76 descrevem aspectos da presente invenção. Em um aspecto, o assunto compreende um projeto de circuito segmentado para qualquer um dos instrumentos cirúrgicos 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 70 para possibilitar que uma pluralidade de programas de controle opere em uma pluralidade de diferentes conjuntos de eixo de acionamento 110, 490, 510, 1110, 1210, conjuntos de transdutor 104, 486, 504, conjuntos de acionamento de faca 1104, 1152, 1204 e/ou conjuntos de bateria 106, 484, 506, 1106, 1206, onde a pluralidade de programas de controle pode residir nos diferentes conjuntos e é transferida para o conjunto de manípulo 102, 482, 502, 1102, 1201 quando fixada ao mesmo. As Figuras 71 a 76 descrevem aspectos da presente invenção. Em um aspecto, o assunto da presente invenção compreende controlar a operação de um instrumento cirúrgico modular operado por bateria 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200, conforme descrito aqui em conexão com as Figuras 1 a 70, com uma pluralidade de programas de controle. Os instrumentos cirúrgicos modulares operados por bateria 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 compreendem componentes como um conjunto de manípulo 102, 482,

502, 1102, 1202 que compreende um controlador, um conjunto de eixo de acionamento 110, 490, 4510, 110, 1210, um conjunto de transdutor 104, 486, 504, um conjunto de acionamento de faca 1104, 1152, 1204 e/ou um conjunto de bateria 106, 484, 506, 1106, 1206.

[00379] Em vários aspectos, os instrumentos cirúrgicos modulares alimentados por bateria 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200, conforme descrito aqui em conexão com as Figuras 1 a 70, compreendem ainda um atuador de extremidade 112, 492, 512, 1000, 1112, 1212 e alguns aspectos compreendem um conjunto de motor 1160, 1260. Os componentes do instrumento cirúrgico modular são componentes modulares que podem ser combinados em um único componente modular. Por exemplo, uma extremidade proximal do eixo de acionamento pode ser fixada ao conjunto de manípulo de modo que o conjunto de eixo de acionamento e o conjunto de manípulo estejam operacionalmente acoplados para formar um único componente modular. Cada um dentre a pluralidade de programas de controle compreende instruções executáveis por máquina que podem ser executadas por um processador do instrumento cirúrgico modular. Embora o processador esteja, de modo geral, situado no conjunto de manípulo ou no conjunto de bateria, em vários aspectos, o processador pode estar situado em qualquer componente modular, como no conjunto de eixo de acionamento, no conjunto de transdutor e/ou no conjunto de acionamento de faca. A execução de um programa de controle que corresponde a um componente modular controla a operação do componente modular, por exemplo, fazendo com que o componente modular, como um conjunto de eixo de acionamento ultrassônico, aplique energia ultrassônica para uma aplicação ou procedimento cirúrgico de acordo com o algoritmo de operação incorporado no programa de controle executado. O instrumento cirúrgico modular é configurado para tratar o tecido do paciente em aplicações ou

procedimentos cirúrgicos envolvendo a aplicação de uma modalidade de energia específica. As modalidades de energia podem incluir energia ultrassônica, combinação de energia ultrassônica e energia de corrente de alta frequência (por exemplo, RF), energia de corrente de alta frequência com uma configuração de faca de lâmina I, ou uma energia de corrente de alta frequência e garra oponível com faca, por exemplo.

[00380] A Figura 71 é um diagrama esquemático do sistema que ilustra os componentes de um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular 2400, como os instrumentos cirúrgicos modulares operados por bateria 100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200 aqui descritos em conexão com as Figuras 1 a 70, de acordo com vários aspectos da presente invenção. Os componentes incluem um conjunto de transdutor 2402, um conjunto de manípulo de controle 2404, um conjunto de eixo de acionamento 2406 e um conjunto de bateria 2408. O conjunto de transdutor 2402 compreende um transdutor modular que pode ser configurado para implementar uma operação específica do instrumento cirúrgico 2400. Por exemplo, o conjunto de transdutor modular 2402 pode ser um transdutor ultrassônico operando a uma frequência de ressonância de 31 kHz ou um transdutor ultrassônico operando a uma frequência de ressonância de 55 kHz. Portanto, um usuário do instrumento cirúrgico 2400 pode selecionar uma variação modular do conjunto de transdutor 2402 para operação do instrumento cirúrgico modular. Um subconjunto de uma pluralidade de programas de controle incorpora um algoritmo, protocolo ou procedimento que corresponde a uma operação ou uma função do conjunto de transdutor 2402. Por exemplo, o subconjunto de programas de controle pode corresponder à operação do conjunto de transdutor 2402 a 31 kHz ou 51 kHz de frequência.

[00381] Em vários aspectos, o componente de transdutor ultrassônico do conjunto de transdutor ultrassônico 2402 recebe energia

elétrica através de um sinal elétrico ultrassônico de um gerador, por exemplo, por meio de um cabo. O transdutor ultrassônico converte a energia elétrica recebida em energia de vibração ultrassônica. A operação do transdutor ultrassônico é aqui descrita em conexão com as Figuras 1 a 15. O conjunto de transdutor 2402 está operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo de controle 2404 através de um par de conectores 2420a, 2420b, como um acoplador macho e um acoplador de soquete fêmea correspondente. O conjunto de transdutor 2402 compreende um transdutor ultrassônico, um circuito de acionamento e um dispositivo de memória 2410. O dispositivo de memória 2410 pode ser um dispositivo de memória volátil ou um dispositivo de memória não volátil como uma memória de acesso aleatório (RAM), RAM dinâmica (DRAM), síncrona (SDRAM), memória só de leitura (ROM), ROM programável apagável (EPROM), eletricamente EPROM (EEPROM), memória flash ou outro dispositivo de memória adequado. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2414 é uma pluralidade de dispositivos de memória não voláteis, um dispositivo de memória volátil, uma combinação ou uma subcombinação dos mesmos. Em vários aspectos, o dispositivo de memória 2410 armazena um RTOS principal do instrumento cirúrgico modular. A operação de RTOS principais é descrita na publicação US nº 2016/0074038, de propriedade comum, que está aqui incorporada, a título de referência, em sua totalidade.

[00382] Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2410 armazena todos ou um subconjunto de programas de controle correspondentes à operação da variante modular selecionada do transdutor ultrassônico. Por exemplo, a execução um programa de controle de transdutor ultrassônico por um processador pode controlar o transdutor ultrassônico fazendo com que o transdutor ultrassônico converta um sinal de acionamento ultrassônico em um modo específico

de vibração, como longitudinal, flexural, torsional e harmônicos dos mesmos. Um programa de controle de transdutor ultrassônico pode também ser configurado para controlar a operação do transdutor ultrassônico mediante o monitoramento da taxa na qual o transdutor ultrassônico converte um sinal de acionamento em vibrações com base nas características monitoradas, como impedância do tecido do transdutor ultrassônico. Alternativa ou ainda, em vários aspectos, um programa de controle de transdutor ultrassônico pode ser configurado para operar uma pluralidade de módulos de circuito como software, programas, dados, drivers e/ou interfaces de programa de aplicativo (APIs). O conjunto de transdutor ultrassônico 2402 compreende uma pluralidade de módulos de circuito e os módulos de circuito controlam a operação do transdutor ultrassônico. Conforme ainda descrito com referência às Figuras 72 a 76, os programas de controle correspondentes ao transdutor ultrassônico podem compreender a programas de controle de identificação de componente, de atualização de RTOS, de contador de uso, de atualização de energia, de 55 kHz, de 31 kHz e de RF, ou qualquer combinação ou subcombinação dos mesmos. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2410 armazena uma pluralidade de programas de controle, cada um correspondendo a uma operação ou uma função do transdutor ultrassônico. Em outros aspectos, múltiplos programas de controle em conjunto correspondem a uma operação ou uma função do transdutor ultrassônico. Em vários aspectos, o conjunto de transdutor 2402 compreende um processador acoplado ao dispositivo de memória 2410.

[00383] O conjunto de manípulo de controle 2404 está operacionalmente acoplado através do par de conectores 2420a, 2420b ao conjunto de transdutor 2402. O conjunto de manípulo 2404 está operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo de eixo de acionamento 2406 através de um par de conectores 2422a, 2422b,

como um acoplador macho e um acoplador de soquete fêmea correspondente. O conjunto de manípulo 2404 está operacionalmente acoplado ao conjunto de bateria 2408 através de um par de conectores 2424a, 2424b, como um acoplador macho e um acoplador de soquete fêmea correspondente. O conjunto de manípulo de controle 2404 é um cabo de controle modular que pode ser, por exemplo, um cabo de controle configurado para suportar um sistema de acionamento específico do instrumento cirúrgico, como um conjunto de eixo de acionamento giratório 2406 configurado para avançar um atuador de extremidade do instrumento cirúrgico, como um acionador de grampos, membro de corte ou outro tipo de atuador de extremidade para outros tipos de instrumentos cirúrgicos, pinças, aplicadores de cliques, dispositivos de acesso, terapia medicamentosa/genética, ultrassom, RF e/ou dispositivos a laser. Em alguns aspectos, o conjunto de manípulo de controle 2404 pode compreender um gatilho de fechamento que é configurado para fazer a transição entre uma posição não acionada e uma posição acionada. A posição não acionada corresponde a uma configuração aberta ou não presa do conjunto de eixo de acionamento 2406 e a porção acionada corresponde a uma configuração fechada ou presa do conjunto de eixo de acionamento 2406. Um usuário do instrumento cirúrgico pode controlar o acionamento do gatilho de fechamento. Em vários aspectos, o conjunto de manípulo de controle 2404 pode compreender uma pluralidade de segmentos de compartimento de manípulo que podem ser conectados, por exemplo, por parafusos, recursos de encaixe por pressão, ou adesivo para formar uma empunhadura de manípulo, como uma empunhadura de pistola. Em alguns aspectos, o conjunto de manípulo de controle 2404 compreende um motor.

[00384] O conjunto de manípulo de controle 2404 compreende um processador 2412 acoplado a um dispositivo de memória 2414. O

processador 2412 e o dispositivo de memória 2414 podem ser integrados a um circuito integrado unitário (IC), ou múltiplos ICs. O processador 2412 pode ser um microprocessador, um arranjo de porta programável (PGA), um IC específico para aplicações (ASIC), um controlador, um microcontrolador, um processador de sinais digitais (DSP), um dispositivo lógico programável (PLD) ou uma combinação ou subcombinação dos mesmos. O dispositivo de memória 2414 pode ser um dispositivo de memória volátil ou um dispositivo de memória não volátil como uma memória RAM, DRAM, SDRAM, ROM, EPROM, EEPROM, flash ou outro dispositivo de memória adequado. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2414 é uma pluralidade de dispositivos de memória não voláteis, um dispositivo de memória volátil, uma combinação ou uma subcombinação dos mesmos. Em vários aspectos, o dispositivo de memória 2414 armazena o RTOS principal 2502 do instrumento cirúrgico modular. Em alguns aspectos, o conjunto de manípulo de controle 2404 compreende um ou mais controladores primários. Em vários aspectos, o conjunto de manípulo de controle 2404 compreende também um ou mais controladores de segurança. De modo mais genérico, o conjunto de manípulo de controle modular 2404 suporta operacionalmente uma pluralidade de sistemas de acionamento que são configurados para gerar e aplicar vários movimentos de controle às porções correspondentes do conjunto de eixo de acionamento modular 2406. Por exemplo, o conjunto de manípulo de controle 2404 pode compreender um conjunto de manípulo que compreende um corpo alongado, uma extremidade proximal, uma extremidade distal e uma cavidade configurada para aceitar um outro componente do instrumento cirúrgico modular. Portanto, um usuário do instrumento cirúrgico modular pode selecionar uma variação modular do conjunto de manípulo de controle 2404 para suportar uma operação de tratamento de paciente do instrumento cirúrgico modular. Uma variação

modular pode corresponder a um programa de controle específico da pluralidade de programas de controle. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2414 armazena uma pluralidade de programas de controle, cada um correspondendo a uma operação ou a uma função do conjunto de manípulo de controle 2404. Em outros aspectos, múltiplos programas de controle em conjunto correspondem a uma operação ou a uma função do conjunto de manípulo de controle 2404.

[00385] Diferentes variações modulares do conjunto de manípulo de controle 2404 podem ser configuradas para suportar a aplicação de uma modalidade de energia específica. Um subconjunto de uma pluralidade de programas de controle incorpora um algoritmo, protocolo ou procedimento correspondentes a uma operação ou uma função do conjunto de manípulo de controle 2404. Por exemplo, um programa de controle da pluralidade de programas de controle pode corresponder à operação de um conjunto de manípulo de controle 2404 configurado para aplicar energia de RF à garra oponível. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2414 armazena um subconjunto de programas de controle correspondentes à operação ou função da variante modular selecionada do conjunto de manípulo de controle 2404. Por exemplo, a execução de um programa de controle do cabo de controle pelo processador 2412 pode controlar o conjunto de manípulo de controle 2404 ao fazer com que o conjunto de manípulo de controle 2404 atue um conjunto de eixo de acionamento do conjunto de eixo de acionamento 2406. Alternativa ou ainda, em vários aspectos, o conjunto de manípulo de controle 2404 compreende uma pluralidade de módulos de circuito como software, programas, dados, acionadores e/ou interfaces de programa de aplicativo (APIs) para controlar a operação do conjunto de manípulo de controle 2404. A pluralidade de módulos de circuito pode ser implementada por um ou mais componentes de hardware, por exemplo, processadores, DSPs, PLDs, ASICs, circuitos,

registros e/ou componentes de software, por exemplo, programas, subrotinas, lógicas e/ou combinações de componentes de hardware e software. Em vários aspectos, um programa de controle do cabo de controle pode ser configurado para operar a pluralidade de módulos de circuito. Por exemplo, a execução de um programa de controle do cabo de controle pelo processador 2412 pode operar um módulo de circuito de motor de manípulo mediante a aplicação dos movimentos de controle gerados por um motor do instrumento cirúrgico modular para atuar o conjunto de eixo de acionamento 2406. Conforme descrito ainda com referência às Figuras 72 a 74, os programas de controle correspondentes ao conjunto de manípulo de controle 2404 podem compreender o software RTOS, o controle de motor, a chave, o controle de segurança, a atualização de RTOS e programas de controle de atualização de energia, ou qualquer combinação ou subcombinação dos mesmos. Os programas de controle correspondentes ao conjunto de manípulo de controle 2404 podem compreender ainda os programas de controle correspondentes ao conjunto de transdutor 2402 e ao conjunto de eixo de acionamento 2406. Os programas de controle de transdutor incluem programas de controle de 55 kHz, 31 kHz e de RF. Os programas de controle do conjunto de eixo de acionamento 2406 incluem os programas de controle ultrassônicos, de lâmina I de RF, garra oponível de RF e combinação de programas de controle ultrassônicos e de RF, por exemplo.

[00386] O conjunto de eixo de acionamento 2406 está operacionalmente acoplado através dos conectores 2422a, 2422b, como um acoplador macho e um acoplador de soquete fêmea correspondente, ao conjunto de manípulo de controle 2404. Em vários aspectos, o conjunto de eixo de acionamento 2406 está operacionalmente conectado a um atuador de extremidade do instrumento cirúrgico modular para executar um ou mais procedimentos

cirúrgicos. O conjunto de eixo de acionamento 2406 pode compreender uma junta articulada e uma trava articular que são configuradas para prender de modo removível o atuador de extremidade em uma posição específica. A operação da junta articulada e da trava articular é descrita na publicação de patente US nº 2014/0263541, de propriedade comum, que está aqui incorporada, a título de referência, em sua totalidade. O conjunto de eixo de acionamento 2406 é um eixo de acionamento modular que compreende variações modulares dos conjuntos de eixo de acionamento que pode ser, por exemplo, configurado para ser acoplado a um atuador de extremidade específico do instrumento cirúrgico, por exemplo, uma lâmina ultrassônica. Em vários aspectos, o conjunto de eixo de acionamento 2406 pode compreender um conjunto de eixo de acionamento intercambiável que é configurado para fixação removível através de, por exemplo, uma trava, a partir de um compartimento do instrumento cirúrgico modular. O conjunto de eixo de acionamento do conjunto de eixo de acionamento 2406 pode incluir também um suporte configurado para suportar uma estrutura de eixo de acionamento, um membro de disparo e um tubo de fechamento que se estende em torno do suporte. O conjunto de eixo de acionamento pode sustentar o teste axial do membro de disparo dentro do suporte do conjunto de eixo de acionamento 2406. O conjunto de eixo de acionamento do conjunto de eixo de acionamento 2406 pode compreender também um conjunto de anel deslizante configurado para conduzir a energia elétrica entre o conjunto de eixo de acionamento 2406 e o atuador de extremidade. A operação dos conjuntos de eixo de acionamento intercambiáveis do conjunto de eixo de acionamento 2406 é descrita ainda na publicação de patente US nº 2015/0272579, de propriedade comum, que é aqui incorporada a título de referência em sua totalidade. Variações modulares dos conjuntos de eixo de acionamento do conjunto de eixo de acionamento 2406 são

configuradas para serem acionadas por vários sistemas de acionamento correspondentes do instrumento cirúrgico modular.

[00387] O conjunto de eixo de acionamento 2406 compreende um dispositivo de memória 2416. O dispositivo de memória 2416 pode ser um dispositivo de memória volátil ou um dispositivo de memória não volátil como uma memória RAM, DRAM, SDRAM, ROM, EPROM, EEPROM, flash ou outro dispositivo de memória adequado. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2416 é uma pluralidade de dispositivos de memória não voláteis, um dispositivo de memória volátil, uma combinação ou uma subcombinação dos mesmos. Em vários aspectos, o dispositivo de memória 2416 armazena o RTOS do instrumento cirúrgico modular principal. Em vários aspectos, o conjunto de eixo de acionamento 2406 compreende um processador acoplado ao dispositivo de memória 2416 que pode ser integrado em um único IC ou múltiplos ICs. O processador pode ser um microprocessador, uma PGA, um ASIC, controlador, microcontrolador, DSP, PLD ou uma combinação ou subcombinação dos mesmos. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2416 armazena uma pluralidade de programas de controle, cada um correspondendo a uma função ou uma operação do conjunto de manípulo de controle 2404. Em outros aspectos, múltiplos programas de controle em conjunto correspondem a uma operação ou a uma função do conjunto de manípulo de controle 2404. Variações modulares dos conjuntos de eixo de acionamento do conjunto do eixo de acionamento 2406 podem ser configuradas para serem operacionalmente acopladas a variações modulares de atuadores de extremidade de acordo com uma modalidade de energia selecionada ou uma modalidade de operação do instrumento cirúrgico modular. Além disso, as variações modulares dos sistemas de acionamento do instrumento cirúrgico modular podem ser configuradas para gerar e aplicar ao menos um movimento de controle para atuar as variações

modulares dos conjuntos de eixo de acionamento de acordo com uma modalidade de energia selecionada ou uma modalidade de operação do instrumento cirúrgico modular. Portanto, um usuário do instrumento cirúrgico modular pode selecionar uma variação modular do conjunto de eixo de acionamento 2406 com base, por exemplo, em conjuntos de eixo de acionamento configurados para aplicar outros movimentos e formas de energia como, por exemplo, energia de corrente de alta frequência (por exemplo, RF), energia ultrassônica e/ou movimento para disposições de atuador de extremidade adaptadas para uso em conexão com várias aplicações e procedimentos cirúrgicos.

[00388] Diferentes variações modulares do conjunto de eixo de acionamento 2406 podem corresponder a programas de controle específicos da pluralidade de programas de controle. Um subconjunto de uma pluralidade de programas de controle incorpora um algoritmo, protocolo ou procedimento que corresponde a uma operação do conjunto de eixo de acionamento 2406. Por exemplo, um programa de controle da pluralidade de programas de controle pode corresponder a um conjunto de eixo de acionamento configurado para ser operacionalmente acoplado a um atuador de extremidade que aplica uma combinação de energia ultrassônica e de RF. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2416 armazena todos ou um subconjunto de programas de controle correspondentes à operação ou à função da variante modular selecionada do conjunto de eixo de acionamento 2406. Por exemplo, ao executar um programa de controle de fixação de eixo de acionamento possibilita-se a atuação de um conjunto de atuador de trava para acionar um gancho de trava. Alternativa ou ainda, em vários aspectos, o conjunto de eixo de acionamento 2406 compreende uma pluralidade de módulos de circuito como software, programas, dados, acionadores e/ou interfaces de programa de aplicativo (APIs) para controlar a operação do conjunto de eixo de acionamento 2406. A

pluralidade de módulos de circuito pode ser implementada por um ou mais componentes de hardware, por exemplo, processadores, DSPs, PLDs, ASICs, circuitos, registros e/ou componentes de software, por exemplo, programas, subrotinas, lógicas e/ou combinações de componentes de hardware e software. Em vários aspectos, um programa de controle do eixo de acionamento pode ser configurado para operar a pluralidade de módulos de circuito. Por exemplo, um programa de controle de fixação de eixo de acionamento pode operar um módulo de circuito de fixação de eixo de acionamento, fazendo com que o conjunto do atuador de travamento coopere com o gancho de trava para acoplar o conjunto de eixo de acionamento 2406 ao conjunto de manípulo de controle 2404. Conforme ainda descrito com referência às Figuras 72 a 74, os programas de controle correspondentes ao conjunto do eixo de acionamento 2406 podem compreender a identificação de componente, a atualização de RTOS, o contador de uso, a atualização de energia, ou qualquer combinação ou subcombinação dos mesmos. O programa de controle de identificação de componente pode compreender programas de controle de identificação de componentes específicos como ultrassônicos, lâmina I de RF, garra oponível de RF e combinação de programas de controle de identificação de componentes ultrassônicos e de RF.

[00389] O conjunto de bateria 2408 está operacionalmente acoplado através dos conectores 2424a, 2424b, como um acoplador macho e um acoplador de soquete fêmea correspondente, ao conjunto de manípulo de controle 2404. O conjunto de bateria 2408 compreende uma bateria de íons de Li ("Li"), outra bateria adequada ou uma pluralidade das mesmas que pode ser conectada em série. Em alguns aspectos, o conjunto de bateria 2408 pode ser uma bateria como a bateria SmartDriver de níquel-hidreto metálico (NiMH) de 14,4 volt, disponível junto à MicroAire Surgical Instruments, Charlottesville, VA, EUA. O

conjunto de bateria 2408 é configurado para fornecer energia para a operação do instrumento cirúrgico modular. Especificamente, o conjunto de bateria 2408 é recarregável e aplica tensão aos componentes do instrumento cirúrgico modular, incluindo, por exemplo, um motor elétrico. Em vários aspectos, a polaridade de tensão aplicada ao motor elétrico pelo conjunto de bateria 2408 é reversível entre uma polaridade em sentido horário e uma polaridade em sentido anti-horário. A tensão aplicada pode operar o motor elétrico para acionar um membro de acionamento para efetuar um atuador de extremidade do instrumento cirúrgico modular. Em vários aspectos, o conjunto de bateria 2408 é um componente de um conjunto de alimentação do instrumento cirúrgico modular. O conjunto de bateria 2408 compreende um dispositivo de memória 2418. Em alguns aspectos, o conjunto de bateria 2408 compreende ainda um processador. O dispositivo de memória 2418 pode ser um dispositivo de memória volátil ou um dispositivo de memória não volátil como uma memória RAM, DRAM, SDRAM, ROM, EPROM, EEPROM, flash ou outro dispositivo de memória adequado. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2418 é uma pluralidade de dispositivos de memória não voláteis, um dispositivo de memória volátil, uma combinação ou uma subcombinação dos mesmos. Em vários aspectos, o dispositivo de memória 2418 armazena o RTOS principal do instrumento cirúrgico modular. Em vários aspectos, o conjunto de bateria 2408 compreende um processador acoplado ao dispositivo de memória 2418 que pode ser integrado em um único IC ou múltiplos ICs. O processador pode ser um microprocessador, uma PGA, um ASIC, controlador, microcontrolador, DSP, PLD ou uma combinação ou subcombinação dos mesmos.

[00390] Variações modulares do conjunto de bateria 2408 podem ser configuradas para alimentar variações modulares de atuadores de extremidade de acordo com uma modalidade de energia selecionada ou

uma modalidade de operação do instrumento cirúrgico modular. Por exemplo, as diferenças na classificação de tensão das variantes de bateria modular 2408 podem corresponder a diferentes atuadores de extremidade configurados para alcançar um efeito de acordo com uma operação ou procedimento cirúrgico selecionado, incluindo endo-cortador, garra, cortador, grampeador, aplicador de cliques, dispositivos de acesso, dispositivo de fornecimento de terapia medicamentosa/genética, com o uso de uma modalidade ultrassônica, de lâmina I de RF, garra de RF oponível, combinação da modalidade ultrassônica ou de energia de RF. Diferentes variações modulares do conjunto de bateria 2408 podem corresponder a programas de controle específicos da pluralidade de programas de controle. Um subconjunto de uma pluralidade de programas de controle incorpora um algoritmo, protocolo ou procedimento que corresponde a uma operação ou uma função do conjunto de bateria 2408. Por exemplo, um programa de controle da pluralidade de programas de controle pode corresponder a um conjunto de bateria 2408 configurado para fornecer energia a um instrumento cirúrgico modular configurado para aplicar uma modalidade de energia ultrassônica. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2418 armazena todos ou um subconjunto de programas de controle correspondentes à operação ou à função da variante modular selecionada do conjunto de bateria 2408. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2418 armazena uma pluralidade de programas de controle, cada um correspondendo a uma operação ou a uma função do conjunto de manípulo de controle 2404. Em outros aspectos, múltiplos programas de controle em conjunto correspondem a uma operação ou a uma função do conjunto de manípulo de controle 2404. Por exemplo, ao executar um programa de controle de gerenciamento de energia pode-se permitir que um controlador de gerenciamento de energia do instrumento cirúrgico modular module a saída de potência

da bateria de acordo com os requisitos de energia predeterminados, como os requisitos de energia de um conjunto de eixo de acionamento fixado.

[00391] Alternativa ou adicionalmente, em vários aspectos, o conjunto de bateria 2408 compreende uma pluralidade de módulos de circuito como software, programas, dados, acionadores e/ou interfaces de programa de aplicativo (APIs) para controlar a operação do conjunto de bateria 2408. A pluralidade de módulos de circuito pode ser implementada por um ou mais componentes de hardware, por exemplo, processadores, DSPs, PLDs, ASICs, circuitos, registros e/ou componentes de software, por exemplo, programas, subrotinas, lógicas e/ou combinações de componentes de hardware e software. Em vários aspectos, um programa de controle de bateria pode ser configurado para operar a pluralidade de módulos de circuito. Por exemplo, um programa de controle de monitoramento de carga da bateria pode operar um módulo de circuito de monitoramento de carga, fazendo com que um controlador se comunique com o dispositivo de memória 2418 e um estado de circuito de monitoramento de carga para medir o estado de carga do conjunto de bateria 2408. O controlador pode, ainda, comparar o estado de carga medido com quaisquer valores de carga anteriormente armazenados no dispositivo de memória 2418 e exibir o valor medido do estado de carga em uma tela de LCD do instrumento cirúrgico modular, conforme descrito, por exemplo, na publicação US nº 2016/0106424, que está aqui incorporada, a título de referência. Conforme descrito ainda com referência às Figuras 72 a 74, os programas de controle correspondentes ao conjunto de bateria 2408 podem compreender o número máximo de usos, carga e drenagem, atualização de RTOS, contador de uso, atualização de energia, controle do motor, software RTOS, chave, programas de controle de segurança ou qualquer combinação ou subcombinação dos mesmos. Os

programas de controle correspondentes ao conjunto de bateria 2408 podem compreender ainda os programas de controle correspondentes ao conjunto de transdutor 2402 e ao conjunto de eixo de acionamento 2406. Os programas de controle de transdutor ultrassônico incluem programas de controle de 55 kHz, 31 kHz e de RF. Os programas de controle de eixo de acionamento incluem os ultrassônicos, de lâmina I de RF, garra oponível de RF e combinação de programas de controle ultrassônicos e de RF.

[00392] As Figuras 72 a 74 descrevem pluralidades de programas de controle 2500, 2600, 2700 distribuídos entre o conjunto de transdutor 2402, o conjunto de manípulo de controle 2404, o conjunto de eixo de acionamento 2406 e o conjunto de bateria 2408. A Figura 72 descreve uma distribuição de pluralidades de programas de controle 2500, de acordo com um aspecto da presente invenção, em que o dispositivo de memória 2414 do conjunto de manípulo de controle 2404 armazena uma pluralidade de programas de controle 2500 que compreendem programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral do instrumento cirúrgico modular, de acordo com um aspecto da presente invenção. Além disso, o dispositivo de memória 2414 armazena uma pluralidade de programas de controle 2500 compreendendo programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades de transdutor e de eixo de acionamento correspondentes às modalidades de energia do instrumento cirúrgico modular. Os dispositivos de memória 2412, 2416, 2418 armazenam pluralidades de programas de controle em que cada pluralidade das pluralidades de programas de controle corresponde a uma função ou uma operação do respectivo componente específico do instrumento cirúrgico modular como o conjunto de transdutor 2402, conjunto de eixo de acionamento 2406 e conjunto de bateria 2408. Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2414 armazena um

programa de sistema de entrada/saída (BIOS) básico que é configurado para controlar a comunicação entre o processador 2412 e os componentes modulares dos instrumentos cirúrgicos modulares.

[00393] Durante o funcionamento do instrumento cirúrgico modular, o programa de BIOS carrega o programa de controle de identificação de componente 2528 para o dispositivo de memória 2414 para o processador 2412 executar. A execução do programa de controle de identificação de componente 2524 possibilita que o processador 2412 selecione o um ou mais programas correspondentes dentre os programas de controle de operação de base 2509, 2512, 2514 para o BIOS carregar o dispositivo de memória 2414. O BIOS carrega também o programa de controle de identificação de componente 2532 para o dispositivo de memória 2414 para o processador 2412 executar. A execução do programa de controle de identificação de componente 2532 possibilita que o processador 2412 selecione o um ou mais programas correspondentes dentre os programas de controle de operação de base de eixo de acionamento 2515, 2516, 2518, 2520, 2522 para o BIOS carregar o dispositivo de memória 2414. O processador 2412 pode, então, executar os programas de controle no dispositivo de memória 2414 para implementar as variantes modulares selecionadas do conjunto de eixo de acionamento modular 2406 e do conjunto de transdutor 2402. Se algum dos componentes modulares do instrumento cirúrgico modular tem uma versão atualizada do software RTOS 2502 armazenado em seus respectivos dispositivos de memória 2412, 2416, 2418, o processador 2404 faz download da versão atualizada para o dispositivo de memória 2414 através dos respectivos programas de controle 2528, 2536, 2546 de atualizações de RTOS.

[00394] A pluralidade de programas de controle de operação de base que corresponde à operação geral compreende os programas de controle de software RTOS 2502, de controle de motor 2504, de controle

de chave 2506 e de controle de segurança 2508. A pluralidade de programas de controle de operação de base correspondente aos programas de controle de transdutor 2509 e os programas de controle de eixo de acionamento 2515 compreendem programas de controle de 55 kHz, 31 kHz ou de RF 2510, 2512, 2514, respectivamente, para o conjunto de transdutor 2402 e ultrassônicos 2516, combinação programas de controle ultrassônicos e de RF 2518, de lâmina I de RF 2520 e de garra oponível de RF 2522 para o conjunto de eixo de acionamento 2406. Em vários aspectos, o dispositivo de memória 2414 compreende um dispositivo de memória não volátil como ROM e um dispositivo de memória volátil como RAM. O programa de BIOS pode ser armazenado no dispositivo de memória não volátil e pode também conter endereços dos componentes modulares. O software RTOS 2502 é configurado para controlar a execução, pelo processador 2412, das pluralidades de programas de controle distribuídos entre os componentes do instrumento cirúrgico modular. Em alguns aspectos, o software RTOS 2502 é armazenado na memória não volátil. Quando o instrumento cirúrgico modular liga, o programa de BIOS do instrumento cirúrgico modular carrega o software RTOS 2502 do dispositivo de memória não volátil para o dispositivo de memória volátil.

[00395] O controle do motor 2504 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de um motor do instrumento cirúrgico modular, como pelo controle de uma direção de rotação. Em alguns aspectos, o controle do motor 2504 é configurado para determinar a direção do motor mediante a determinação da polaridade da tensão aplicada pelo conjunto de bateria 2408. O controle de chave 2506 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de um atuador de extremidade de um motor do instrumento cirúrgico modular, como pelo controle da direção de articulação do atuador de extremidade. A direção pode ser em sentido

horário ou anti-horário. Em vários aspectos, o controle de chave 2506 é configurado para controlar se uma chave está em uma posição fechada ou aberta, sendo que uma posição fechada pode ativar o motor para articular o atuador de extremidade em uma direção específica. O controle de segurança 2508 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de um controlador de segurança que é configurado para executar aplicações críticas de segurança como através da interrupção da energia para o motor se uma condição de erro ou falha for detectada pelo controlador de segurança.

[00396] O programa de controle de 55 kHz 2510 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de uma porção de transdutor ultrassônico do conjunto de transdutor 2402 que converte energia elétrica recebida em energia de vibração ultrassônica a uma frequência de ressonância de 55 kHz. O programa de controle de 31 kHz 2512 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de uma porção de transdutor ultrassônico do conjunto de transdutor 2402 que converte energia elétrica recebida em energia de vibração ultrassônica a uma frequência de ressonância de 31 kHz. O programa de controle de RF 2514 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a aplicação de energia de corrente de alta frequência (por exemplo, RF) a um atuador de extremidade para facilitar a aplicação de energia de RF pelo instrumento cirúrgico modular 2400. O programa de controle ultrassônico 2516 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de um guia de ondas ultrassônico situado no interior do conjunto de eixo de acionamento 2406 que é configurado para aplicar energia ultrassônica para uma operação ou procedimento cirúrgico. A combinação de programa de controle ultrassônico e de RF 2518 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de um conjunto de eixo de acionamento 2406 que é

configurado para aplicar energia ultrassônica ou de RF para uma operação ou procedimento cirúrgico. O programa de controle de lâmina I de RF 2520 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de um conjunto de eixo de acionamento 2406 que é configurado para aplicar energia de RF a um atuador de extremidade com um membro de corte como uma lâmina I, para uma operação ou procedimento cirúrgico. O programa de controle de garra de RF oponível 2522 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar a operação de um conjunto de eixo de acionamento 2406 que é configurado para aplicar energia de RF através de um atuador de extremidade que compreende membros de garra oponíveis, para uma operação ou procedimento cirúrgico.

[00397] Uma pluralidade de programas de controle 2500 correspondente ao conjunto de transdutor 2402 compreende a identificação do componente 2524, do contador de uso 2526, da atualização de RTOS 2528 e de programas de controle de atualização de energia 2530. A identificação de componente 2524 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar a variante modular do conjunto de transdutor 2402 para os programas de BIOS e RTOS. Por exemplo, a identificação do componente 2524 pode identificar um transdutor ultrassônico como um transdutor de 55 kHz. O contador de uso 2526 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para monitorar o uso do transdutor ultrassônico. Por exemplo, o contador de uso 2526 pode manter uma contagem de ciclos de uso que corresponde ao número de casos em que o transdutor ultrassônico é utilizado por um usuário do instrumento cirúrgico modular. Em alguns aspectos, se o valor de contagem de ciclos de uso calculado pelo contador de uso 2526 exceder um valor predeterminado, o processador 2412 pode desativar o conjunto de transdutor 2402 ou desativar todo o instrumento cirúrgico modular de executar uma operação ou função. O programa de controle

de atualização de RTOS 2528 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar se o dispositivo de memória 2410 armazena uma atualização para o software RTOS 2502 armazenado no dispositivo de memória 2414.

[00398] Em vários aspectos, um usuário do instrumento cirúrgico modular pode fazer upload de uma versão atualizada do software RTOS 2502 através, por exemplo, de um computador acoplado ao dispositivo de memória 2410 através de uma mídia de transmissão, ao dispositivo de memória 2410. Quando o conjunto de transdutor modular 2402 é fixado ao instrumento cirúrgico modular, a versão atualizada armazenada no dispositivo de memória 2410 é baixada pelo processador 2412 para ser armazenada no dispositivo de memória 2414. A versão atualizada pode substituir a versão existente do software RTOS 2502 armazenado no dispositivo de memória 2414. A atualização de energia 2530 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar se o dispositivo de memória 2410 armazena uma atualização para um algoritmo de energia de procedimento cirúrgico armazenado no dispositivo de memória 2414. O algoritmo de energia de procedimento cirúrgico compreende uma ou mais técnicas para empregar uma ou mais modalidades de energia com base em parâmetros de tecido, como o tipo de tecido a ser tratado no procedimento cirúrgico e a impedância do tecido. Por exemplo, um algoritmo de energia de procedimento cirúrgico específico envolve a aplicação de energia de RF a uma porção do procedimento cirúrgico, de energia ultrassônica a uma segunda porção e uma combinação de energia de RF e ultrassônica a uma terceira porção, de acordo com um procedimento cirúrgico específico. Uma atualização para um algoritmo de energia de procedimento cirúrgico compreende uma alteração para um algoritmo de energia cirúrgica existente. Tal alteração pode ser, por exemplo, o aumento da frequência na qual a energia de RF é aplicada

a uma porção do procedimento cirúrgico de modo a realizar o procedimento em um nível aprimorado de precisão e controle. Em vários aspectos, um usuário do instrumento cirúrgico modular pode fazer upload da atualização para um algoritmo de energia de procedimento cirúrgico no dispositivo de memória 2410, que o processador pode fazer download e armazenar no dispositivo de memória 2414.

[00399] A pluralidade de programas de controle correspondente ao conjunto de eixo de acionamento 2406 compreende a identificação de componente 2532, o contador de uso 2534, a atualização de RTOS 2536 e a atualização de energia 2538. A identificação de componente 2532 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar a variante modular do conjunto de eixo de acionamento 2406 para os programas BIOS e RTOS, como um conjunto de eixo de acionamento 2406 configurado para aplicar energia ultrassônica. O contador de uso 2534 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para monitorar o uso do conjunto de eixo de acionamento 2406. Conforme anteriormente descrito em relação ao contador de uso 2526, o contador de uso 2534 pode manter uma contagem de ciclos de uso. Conforme anteriormente descrito em relação à atualização de RTOS 2528, a atualização de RTOS 2536 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar se o dispositivo de memória 2416 armazena uma versão atualizada do software RTOS 2502. Conforme anteriormente descrito em relação à atualização de energia 2530, a atualização de energia 2538 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar se o dispositivo de memória 2416 armazena uma versão atualizada de um algoritmo de energia de procedimento cirúrgico.

[00400] Uma pluralidade de programas de controle 2500 correspondente ao conjunto de bateria 2408 compreende o contador de uso 2540, o número máximo de usos 2542, a carga e drenagem 2544,

a atualização de RTOS 2546 e a atualização de energia 2548. O contador de uso 2540 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para monitorar o uso do conjunto de bateria 2408. Conforme anteriormente descrito em relação ao contador de uso 2526 e ao contador de uso 2534, o contador de uso 2540 pode manter uma contagem de ciclos de uso. O número máximo de usos 2542 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para determinar um valor de uso máximo. Em alguns aspectos, se a contagem de ciclos de uso exceder o valor máximo de uso, o processador 2412 pode desabilitar o conjunto de bateria 2408 ou desabilitar todo o instrumento cirúrgico modular de executar uma operação ou função. A carga e drenagem 2544 compreendem um algoritmo, protocolo ou procedimento para controlar o carregamento e a drenagem de um conjunto de bateria recarregável 2408. Em vários aspectos, um circuito de drenagem dedicado pode implementar a função de drenagem de energia do programa de controle de carga e drenagem 2544. Um circuito de monitoramento de estado de carga pode implementar a função de recarga do programa de controle de carga e drenagem 2544. Em alguns aspectos, o circuito de monitoramento de estado de carga pode medir o estado de carga atual, comparar o estado atual com um estado previamente armazenado no dispositivo de memória 2418 e exibir o valor medido ou anteriormente armazenado em uma tela de LCD. Conforme anteriormente descrito em relação à atualização de RTOS 2528 e à atualização de RTOS 2536, a atualização de RTOS 2546 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar se o dispositivo de memória 2418 armazena uma versão atualizada do software RTOS 2502. Conforme anteriormente descrito em relação à atualização de energia 2530 e à atualização de energia 2538, a atualização de energia 2548 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar se o dispositivo de memória 2418

armazena uma versão atualizada de um algoritmo de energia de procedimento cirúrgico.

[00401] A Figura 73 descreve uma distribuição de pluralidades de programas de controle 2600, de acordo com um aspecto da presente invenção, em que o dispositivo de memória 2418 do conjunto de bateria 2408 armazena uma pluralidade de programas de controle 2500 que compreendem programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral do instrumento cirúrgico modular, de acordo com um aspecto da presente invenção. Além disso, o dispositivo de memória 2418 armazena uma pluralidade de programas de controle 2500 compreendendo programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades de transdutor e de eixo de acionamento correspondentes às modalidades de energia do instrumento cirúrgico modular. O dispositivo de memória 2418 armazena também uma pluralidade de programas de controle 2500 correspondente a funções ou operações do conjunto de bateria 2408. Os dispositivos de memória 2412, 2416 armazenam pluralidades de programas de controle em que cada pluralidade das pluralidades de programas de controle corresponde a uma função ou uma operação do respectivo componente específico do instrumento cirúrgico modular como o conjunto de transdutor 2402 e o conjunto de eixo de acionamento 2406. O processador 2412 está situado no conjunto de bateria 2408 em vez de no conjunto de manípulo de controle 2404. Em alguns aspectos, o processador 2412 ainda está situado no conjunto de manípulo de controle 2404 e o conjunto de bateria 2408 compreende um outro processador.

[00402] Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2418 armazena um programa de BIOS que é configurado para controlar a comunicação entre o processador 2412 e os componentes modulares dos instrumentos cirúrgicos modulares. Durante o funcionamento do

instrumento cirúrgico modular, o programa de BIOS carrega o programa de controle de identificação de componente 2602 para o dispositivo de memória 2418 para o processador 2412 executar. A execução do programa de controle de identificação de componente 2602 possibilita que o processador 2412 selecione o um ou mais programas correspondentes de controle de operação de base de transdutor ultrassônico 2510, 2512, 2514 para o BIOS carregar para o dispositivo de memória 2418. O BIOS carrega também o programa de controle de identificação de componente 2532 para o dispositivo de memória 2418 para o processador 2412 executar. A execução do programa de controle de identificação de componente 2532 possibilita que o processador selecione o um ou mais programas correspondentes dentre os programas de controle de operação de base de eixo de acionamento 2516, 2518, 2520, 2522 para o BIOS carregar para o dispositivo de memória 2418. O processador 2412 pode, então, executar os programas de controle no dispositivo de memória 2418 para implementar as variantes modulares selecionadas do conjunto de eixo de acionamento modular 2406 e do conjunto de transdutor 2402. Em vários aspectos, o dispositivo de memória 2418 compreende um dispositivo de memória não volátil e um dispositivo de memória volátil. O programa de BIOS pode ser armazenado no dispositivo de memória não volátil e pode também conter endereços dos componentes modulares. Em alguns aspectos, o software RTOS 2502 é armazenado na memória não volátil do dispositivo de memória 2418. O software RTOS 2502 é configurado para controlar a execução, pelo processador 2412, das pluralidades de programas de controle distribuídos entre os componentes do instrumento cirúrgico modular. O programa de BIOS do instrumento cirúrgico modular pode carregar o software RTOS 2502 a partir do dispositivo de memória não volátil para o dispositivo de memória volátil quando o instrumento cirúrgico modular é ligado.

[00403] Conforme descrito em relação à Figura 72, a pluralidade de programas de controle de operação de base correspondente à operação geral compreende o software RTOS 2502, o controle de motor 2504, o controle de chave 2506 e o controle de segurança 2508. Conforme descrito em relação à Figura 72, os programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades de transdutor e eixo de acionamento compreendem os programas de controle de 55 kHz, 31 kHz e de RF 2510, 2512, 2514, respectivamente, para o conjunto de transdutor 2402 e o programa de controle ultrassônico 2516, combinação de programa de controle ultrassônico e de RF 2518, o programa de controle de lâmina I de RF 2520 e o programa de controle de garra oponível de RF 2522 para o conjunto de eixo de acionamento 2406. Conforme descrito em relação à Figura 72, os programas de controle correspondentes a funções ou operações do conjunto de bateria 2408 compreendem o contador de uso 2610, o número máximo de usos 2612, a carga e drenagem 2614 e a atualização de energia 2616. O contador de uso 2610, o número máximo de usos 2612, a carga e drenagem 2614 e a atualização de energia 2616 compreendem um algoritmo, protocolo ou procedimento que é substancialmente igual ao do contador de uso 2540, do número máximo de usos 2542, da carga e drenagem 2544 e da atualização de energia 2548.

[00404] Na distribuição de pluralidades de programas de controle 2600, de acordo com o aspecto da Figura 73, a pluralidade de programas de controle 2600 correspondente ao conjunto de manipulador de controle 2404 compreende a pluralidade de programas de controle de operação de base correspondente à operação geral e a pluralidade de programas de controle de operação de base correspondente às modalidades de programas de controle de transdutor 2509 e de programas de controle de eixo de acionamento 2515. Portanto, o dispositivo de memória 2414 não armazena nenhuma das pluralidades

de programas de controle. A pluralidade de programas de controle 2600 correspondente a uma função ou operação do conjunto de transdutor 2402 compreende a identificação de componente 2602 e o contador de uso 2604. A identificação do componente 2602 e o contador de uso 2604 compreendem, cada um, um algoritmo, protocolo ou procedimento que é substancialmente igual ao da identificação de componente 2528 e do contador de uso 2530. A pluralidade de programas de controle 2600 correspondente a uma função ou operação do conjunto de eixo de acionamento 2406 compreende a identificação de componente 2606 e o contador de uso 2608. A identificação do componente 2606 e o contador de uso 2608 compreendem, cada um, um algoritmo, protocolo ou procedimento que é substancialmente igual à identificação de componente 2536 e ao contador de uso 2538.

[00405] A Figura 74 descreve uma distribuição de pluralidades de programas de controle 2700, de acordo com um aspecto da presente invenção, em que o dispositivo de memória 2414 armazena uma pluralidade de programas de controle 2700 que compreendem os programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral do instrumento cirúrgico modular, de acordo com um aspecto da presente invenção. O dispositivo de memória 2410 armazena uma pluralidade de programas de controle 2700 compreendendo os programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades de programas de controle de transdutor 2509 correspondentes às modalidades de energia do instrumento cirúrgico modular. O dispositivo de memória 2416 armazena uma pluralidade de programas de controle 2700 compreendendo os programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades de eixo de acionamento correspondentes às modalidades de energia do instrumento cirúrgico modular. Portanto, o conjunto de manípulo de controle 2404 armazena

os programas de controle de operação de base de operação geral, enquanto o conjunto de transdutor 2402 e o conjunto de eixo de acionamento 2406 armazenam os respectivos programas de controle de operação de base de modalidade de energia. Os dispositivos de memória 2412, 2414, 2416, 2418 armazenam também a pluralidades de programas de controle 2700, em que cada pluralidade das pluralidades de programas de controle 2700 corresponde a uma função ou uma operação do respectivo componente específico do instrumento cirúrgico modular como o conjunto de transdutor 2402, conjunto de manípulo de controle 2404, conjunto de eixo de acionamento 2406 e conjunto de bateria 2408.

[00406] Em alguns aspectos, o dispositivo de memória 2418 armazena um programa de BIOS que é configurado para controlar a comunicação entre o processador 2412 e os componentes modulares dos instrumentos cirúrgicos modulares. Durante o funcionamento do instrumento cirúrgico modular, o programa de BIOS carrega o programa de controle de identificação de componente 2704 para o dispositivo de memória 2414 para o processador 2412 executar. A execução do programa de controle de identificação de componente 2704 possibilita que o processador 2412 selecione o um ou mais programas correspondentes de controle de operação de base de transdutor 2510, 2512, 2514 para o BIOS carregar para o dispositivo de memória 2414. O BIOS carrega também o programa de controle de identificação de componente 2712 para o dispositivo de memória 2414 para o processador 2412 executar. A execução do programa de controle de identificação de componente 2532 possibilita que o processador selecione o um ou mais programas correspondentes dentre os programas de controle de operação de base de eixo de acionamento 2516, 2518, 2520, 2522 para o BIOS para carregar o dispositivo de memória 2414. O processador 2412 pode, então, executar os

programas de controle no dispositivo de memória 2414 para implementar as variantes modulares selecionadas do conjunto de eixo de acionamento modular 2406 e do conjunto de transdutor 2402. Em vários aspectos, o dispositivo de memória 2414 compreende um dispositivo de memória não volátil e um dispositivo de memória volátil. O programa de BIOS pode ser armazenado no dispositivo de memória não volátil e pode também conter endereços dos componentes modulares.

[00407] Em alguns aspectos, o software RTOS 2502 é armazenado na memória não volátil do dispositivo de memória 2414. O software RTOS 2502 é configurado para controlar a execução, pelo processador 2412, das pluralidades de programas de controle distribuídos entre os componentes do instrumento cirúrgico modular. Em alguns aspectos, um ou mais dentre o conjunto de transdutor 2402, o conjunto de eixo de acionamento 2406 e o conjunto de bateria 2408 compreendem um ou mais processadores adicionais. Conforme descrito em relação às Figuras 72 e 73, a pluralidade de programas de controle de operação de base 2600, 2700 correspondente à operação geral compreende o software RTOS 2502, o controle de motor 2504, o controle de chave 2506 e o controle de segurança 2508. Conforme descrito em relação às Figuras 72 e 73, os programas de controle de operação de base 2600, 2700 correspondentes às modalidades de transdutor e de eixo de acionamento compreendem os programas de controle de 55 kHz 2510, de 31 kHz 2512 e de RF 2514 para o conjunto de transdutor 2402 e os programas de controle ultrassônico 2516, combinação de programas de controle ultrassônico e de RF, lâmina I de RF e os programas de controle de garra oponível de RF 2518, 2520, 2522 para o conjunto de eixo de acionamento 2406. Na distribuição da pluralidade de programas de controle 2700, de acordo com o aspecto da Figura 74, a pluralidade de programas de controle 2700 correspondente a uma função ou uma

operação do conjunto de manípulo de controle 2404 compreende a atualização de energia 2702. O programa de controle de atualização de energia 2702 compreende um algoritmo, protocolo ou procedimento para identificar se o dispositivo de memória 2414 armazena uma atualização para um algoritmo de energia de procedimento cirúrgico existente no dispositivo de memória 2414. A pluralidade de programas de controle correspondente a uma função ou operação do conjunto de transdutor 2402 compreende a identificação de componente 2704, a atualização de RTOS 2706, o contador de uso 2708 e os programas de controle de atualização de energia 2710. A identificação de componente 2704, a atualização de RTOS 2706, o contador de uso 2708 e os programas de controle de atualização de energia 2710 compreendem, cada um, um algoritmo, protocolo ou procedimento que é substancialmente igual ao da identificação de componente 2524, da atualização de RTOS 2528, do contador de uso 2526 e dos programas de controle de atualização de energia 2530.

[00408] A pluralidade de programas de controle 2700 correspondente a uma função ou operação do conjunto de eixo de acionamento 2406 compreende a identificação de componente 2712, a atualização de RTOS 2714, o contador de uso 2716 e os programas de controle de atualização de energia 2718. A identificação de componente 2712, a atualização de RTOS 2714, o contador de uso 2716 e os programas de controle de atualização de energia 2718 compreendem, cada um, um algoritmo, protocolo ou procedimento que é substancialmente igual ao da identificação de componente 2532, da atualização de RTOS 2536, do contador de uso 2534 e dos programas de controle de atualização de energia 2538. A pluralidade de programas de controle correspondente a uma função ou uma operação do conjunto de bateria 2408 compreende o contador de uso 2720, o número máximo de usos 2722, a carga e drenagem 2724, a atualização de RTOS 2726

e os programas de controle de atualização de energia 2728. O contador de uso 2720, o número máximo de usos 2722, a carga e drenagem 2724, a atualização de RTOS 2726 e a atualização de energia 2728 compreendem, cada um, um algoritmo, protocolo ou procedimento que é substancialmente igual ao do contador de uso 2540, do número máximo de usos 2542, da carga e drenagem 2544, da atualização de RTOS 2546 e dos programas de controle de atualização de energia 2548.

[00409] A Figura 75 é um diagrama lógico 2800 de um processo para controlar a operação de um instrumento cirúrgico modular operado por conjunto de bateria com uma pluralidade de programas de controle, de acordo com um aspecto da presente invenção. Com referência às Figuras 71, 72 e 76, no início, o processador 2412 identifica 2802 uma pluralidade de programas de controle. Cada um dentre a pluralidade de programas de controle 2500, 2600, 2700 (Figuras 72 a 74), por exemplo, compreende instruções executáveis por computador que podem ser executadas pelo processador 2412. Em vários aspectos, o processador 2412 compreende um controlador primário e um controlador de segurança. Conforme anteriormente descrito, em vários aspectos, alguns dentre a pluralidade de programas de controle podem ser configurados para operar uma pluralidade de módulos de circuito do conjunto de eixo de acionamento 2406. Algum dentre a pluralidade de programas de controle também podem ser configurados para controlar a conversão de um sinal de acionamento em vibrações mecânicas. O sinal de acionamento pode ser um sinal de acionamento elétrico. A pluralidade de programas de controle pode ser armazenada nos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 pelo processador 2412 de acordo com uma distribuição predeterminada. Por exemplo, conforme descrito parcialmente com referência à Figura 72, um exemplo de distribuição predeterminada pode ser que o dispositivo de memória

2414 armazena os programas de controle de software RTOS 2502 e de controle de motor 2504 da pluralidade de programas de controle, o dispositivo de memória 2410 armazena os programas de controle de identificação de componente 2524 e de contador de uso 2526 da pluralidade de programas de controle, o dispositivo de memória 2416 armazena os controles de programa de atualização de RTOS 2536 e de atualização de energia 2538 da pluralidade de programas de controle e o dispositivo de memória 2418 armazena os programas de controle de número máximo de usos 2542 e de carga e drenagem 2544 da pluralidade de controle de programas. Em alguns aspectos, cada um dos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 pode ser um dispositivo de memória não volátil ou um dispositivo de memória volátil. Em outros aspectos, cada um dos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 pode compreender um dispositivo de memória não volátil e um dispositivo de memória volátil.

[00410] Após identificar 2802 os programas de controle, o processador 2412 determina 2804 o subconjunto da pluralidade de programas de controle necessário para operar o instrumento cirúrgico modular com base em uma operação desejada do instrumento cirúrgico modular. Por exemplo, um subconjunto da pluralidade de programas de controle pode ser necessário para operar a pluralidade de módulos de circuito do conjunto de eixo de acionamento 2406. O processador 2412 seleciona 2806 ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle para implementar a operação do instrumento cirúrgico modular.

[00411] Em vários aspectos, um dos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 é um dispositivo de memória não volátil que armazena ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle. A seleção 2806 de ao menos um programa de controle pelo processador 2412 compreende o processador 2412 que faz o download de ao menos um programa de controle do dispositivo de memória não volátil para um

dispositivo de memória volátil situado no conjunto de manípulo de controle 2404, no conjunto de eixo de acionamento 2406, no conjunto de transdutor 2402 ou no conjunto de bateria 2408. Quando o ao menos um programa de controle é armazenado no dispositivo de memória volátil, o processador 2412 executa 2808 o ao menos um programa de controle. O processador 2412 pode continuar a selecionar 2806 e executar 2808 programas de controle selecionados continuamente durante o funcionamento do instrumento cirúrgico modular.

[00412] Conforme anteriormente descrito, o processador 2412 pode armazenar 2810 a pluralidade de programas de controle de acordo com uma distribuição predeterminada. Em vários aspectos, o conjunto de manípulo de controle 2404, o conjunto de eixo de acionamento 2406, o conjunto de transdutor 2402 ou o conjunto de bateria 2408, pode compreender processadores adicionais em adição ao processador 2412. Os processadores adicionais podem ser processadores secundários. Em alguns aspectos, o processador 2412 pode fazer o download 2812 de um primeiro, um segundo e um terceiro subconjunto da pluralidade de programas de controle armazenados, respectivamente, no interior dos dispositivos de memória 2410, 2416, 2418, de acordo com a distribuição predeterminada, para o dispositivo de memória 2414. Em outros aspectos, a distribuição predeterminada é o dispositivo de memória 2414 que armazena cada um dentre a pluralidade de programas de controle. Em alguns aspectos, a distribuição predeterminada é o dispositivo de memória 2414 que armazena os programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral do instrumento cirúrgico modular, conforme descrito na Figura 72. O dispositivo de memória 2414 pode também armazenar programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades do conjunto de transdutor e do conjunto do eixo de acionamento correspondentes às modalidades de

energia do instrumento cirúrgico modular, conforme descrito na Figura 72. Em outros aspectos, o dispositivo de memória 2410 armazena os programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades de conjunto de transdutor correspondentes às modalidades de energia do instrumento cirúrgico modular. O dispositivo de memória 2416 armazena os programas de controle de operação de base correspondentes às modalidades de eixo de acionamento correspondentes às modalidades de energia do instrumento cirúrgico modular.

[00413] O processador 2412 identifica 2814 as variantes modulares dos componentes do instrumento cirúrgico modular a serem utilizadas por um usuário do instrumento cirúrgico modular. Uma variante modular que pode ser, por exemplo, um conjunto de eixo de acionamento modular 2406 compreendendo um controle de eixo de acionamento giratório ou um conjunto de transdutor modular 2402 que compreende um transdutor operando à frequência de ressonância de 31 kHz. O processador 2412 determina 2816 os programas de controle correspondentes dentre a pluralidade de programas de controle que correspondem às variantes modulares identificadas. O processador 2412 seleciona 2818 o subconjunto correspondente dentre a pluralidade de programas de controle com base em uma tabela de consulta. Por exemplo, o processador 2412 pode selecionar um programa de controle de operação de base correspondente a uma modalidade de conjunto de transdutor como o programa de controle a 55 kHz se 2510 se a variante modular do transdutor modular é um transdutor operando a frequência de ressonância de 55 kHz. De modo similar, o processador 2412 pode selecionar um programa de controle de operação de base que corresponde a uma modalidade de conjunto de eixo de acionamento, como o programa de controle de lâmina I de RF 2520, se a variante modular do eixo de acionamento modular for um eixo de acionamento

modular configurado para implementar uma modalidade de energia de lâmina I de RF. A tabela de consulta pode compreender uma indicação de que o ao menos um subconjunto selecionado dentre a pluralidade de programas de controle corresponde a ao menos um dentre o conjunto de eixo de acionamento 2406 ou o conjunto de transdutor 2402. Em alguns aspectos, o processador 2402 pode determinar 2816 os programas de controle correspondentes às variantes modulares identificadas com base na tabela de consulta. Após selecionar 2818 o subconjunto correspondente de programas de controle, o processador 2412 pode executar o subconjunto de programas de controle. O processo do diagrama lógico 2800 termina 2820.

[00414] A Figura 76 é um diagrama lógico 2900 de um processo para controlar a operação de um instrumento cirúrgico modular operado por conjunto de bateria com uma pluralidade de programas de controle, de acordo com um aspecto da presente invenção. Com referência às Figuras 71, 72 e 76, no início, um usuário do instrumento cirúrgico modular fixa os componentes modulares removíveis juntos de modo que os componentes modulares do instrumento cirúrgico modular estão operacionalmente acoplados juntos. Por exemplo, em vários aspectos, o usuário fixa 2902 um conjunto de eixo de acionamento 2406 ao conjunto de manípulo de controle 2404 para acoplar operacionalmente o conjunto de eixo de acionamento 2406 ao conjunto de manípulo de controle 2404. Uma extremidade proximal do conjunto de eixo de acionamento 2406 pode ser fixada ao conjunto de manípulo de controle 2404. O usuário fixa 2904 o conjunto de transdutor 2402 ao conjunto de manípulo de controle 2404 para acoplar operacionalmente o conjunto de transdutor 2402 ao conjunto de manípulo de controle 2404. Por exemplo, uma extremidade distal do conjunto de transdutor 2402 pode ser fixada a uma extremidade proximal do conjunto de manípulo de controle 2404. O usuário fixa 2906 o conjunto de bateria 2408 ao

conjunto de manípulo de controle 2404 para acoplar operacionalmente o conjunto de bateria 2408 ao conjunto de manípulo de controle 2404. Conforme anteriormente descrito, a pluralidade de programas de controle pode ser armazenada nos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 pelo processador 2412 de acordo com uma distribuição predeterminada. Após o conjunto de eixo de acionamento 2406, o conjunto de transdutor 2402 e o conjunto de bateria 2408 estão, cada um, fixados ao conjunto de manípulo de controle 2404, o processador 2402 determina e identifica 2908 a pluralidade de programas de controle de acordo com a distribuição predeterminada. Em vários aspectos, o processador 2420 está alternativamente situado em um dentre o conjunto de eixo de acionamento 2406, o conjunto de transdutor 2402 ou o conjunto de bateria 2408. A pluralidade identificada de programas de controle armazenada de acordo com a distribuição predeterminada nos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 pode ser carregada em um dispositivo de memória volátil situado no conjunto de manípulo de controle 2404, no conjunto de eixo de acionamento 2406, no conjunto de transdutor 2402 ou no conjunto de bateria 2408. Nos aspectos, um dos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 pode compreender o dispositivo de memória volátil. Por exemplo, o dispositivo de memória 2414 pode compreender o dispositivo de memória volátil.

[00415] Em alguns aspectos, cada um dos dispositivos de memória 2410, 2414, 2416, 2418 armazena um subconjunto dentre a pluralidade de programas de controle de acordo com a distribuição predeterminada. Por exemplo, o processador 2412 pode determinar e identificar 2908 um primeiro subconjunto dentre a pluralidade de programas de controle no dispositivo de memória 2414, um segundo subconjunto dentre a pluralidade de programas de controle no dispositivo de memória 2416, um terceiro subconjunto dentre a pluralidade de programas de controle

no dispositivo de memória 2410 e um quarto subconjunto dentre a pluralidade de programas de controle no dispositivo de memória 2418. Nos aspectos, o primeiro subconjunto dentre a pluralidade de programas de controle compreende a pluralidade de programas de controle de operação de base correspondentes à operação geral, como os programas de controle de controle de motor 2504 e de controle de chave 2506. Cada um dentre o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto subconjunto dentre a pluralidade de programas de controle pode ser carregado no dispositivo de memória volátil situado no conjunto de manípulo de controle 2404, no conjunto de eixo de acionamento 2406, no conjunto de transdutor 2402 ou no conjunto de bateria 2408, conforme anteriormente descrito. Em vários aspectos, após o usuário fixar novas variantes modulares de cada conjunto de transdutor 2402, conjunto de eixo de acionamento 2406 e conjunto de bateria 2408 para um conjunto de manípulo de controle usado anteriormente 2404, uma segunda pluralidade de programas de controle é armazenada nos dispositivos de memória correspondentes às novas variantes modulares fixadas do conjunto de transdutor 2402, no conjunto de eixo de acionamento 2406 e no conjunto de bateria 2408 de acordo com uma segunda distribuição predeterminada. As novas variantes modulares podem ser uma nova variante modular fabricada a partir de uma fábrica. Em alguns aspectos, a segunda pluralidade de programas de controle compreende diferentes versões dentre a pluralidade de programas de controle.

[00416] Portanto, após as novas variantes modulares serem fixadas, o processador 2412 determina 2910 se algum dentre a segunda pluralidade de programas de controle é uma versão atualizada do programa de controle correspondente dentre a pluralidade de programas de controle. Os programas de controle atualizados podem corresponder a uma versão anterior do programa de controle atualizado

armazenado no dispositivo de memória 2414. Por exemplo, o dispositivo de memória de um novo conjunto de transdutor modular pode armazenar uma versão atualizada do programa de controle de 55 kHz 2510. O dispositivo de memória 2414 pode ter armazenada uma versão anterior do programa de controle 55 kHz 2510. Dessa forma, o processador 2412 pode determinar 2910 que o programa de controle de 55 kHz 2510 é uma versão atualizada e fazer o upload da versão atualizada para o dispositivo de memória 2414. Em geral, se o processador 2412 determinar 2910 que ao menos uma dentre a segunda pluralidade de programas de controle é uma versão atualizada correspondente a uma versão anterior armazenada no dispositivo de memória 2414, o processador 2412 faz upload 2912 da versão atualizada do ao menos um programa de controle para o dispositivo de memória 2414. O processador 2412 apaga 2914 a versão anterior do ao menos um programa de controle anteriormente armazenado no dispositivo de memória 2414. Se o processador 2412 determinar 2910 que o ao menos um dentre a segunda pluralidade de programas de controle não é uma versão atualizada, o processador 2412 não faz upload 2912 da versão atualizada.

[00417] O processador 2412 seleciona 2916 ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle ou a segunda pluralidade de programas de controle para implementar a operação do instrumento cirúrgico modular, conforme anteriormente descrito em relação à Figura 75. Conforme anteriormente descrito na Figura 75, o processador 2412 faz download de ao menos um programa de controle do dispositivo de memória não volátil correspondente a um dispositivo de memória volátil. O processador 2412 pode selecionar 2916 com base em uma tabela de consulta. Conforme anteriormente descrito, quando o ao menos um programa de controle é armazenado no dispositivo de memória volátil, o processador 2412 executa 2918 o ao menos um programa de controle.

O processador H112 pode continuar a selecionar H616 e executar H618 programas de controle selecionados continuamente durante o funcionamento do instrumento cirúrgico modular. Em vários aspectos, o processador 2412 fornece dados de uso de registro para o dispositivo de memória do componente modular correspondente dos programas de controle selecionados. Por exemplo, o processador 2412 pode registrar 2920 o tempo de dados de uso aos dispositivos de memória 2410, 2416, 2418 do conjunto de transdutor 2402, do conjunto de eixo de acionamento 2406 e do conjunto de bateria 2408 com base na execução do contador de uso 2526, do contador de uso 2534 e do contador de uso 2540, respectivamente. Em um outro exemplo, o processador 2412 pode registrar dados de uso do motor no dispositivo de memória 2414 com base na execução do programa de controle do motor de controle 2504. Nos aspectos, o processador 2412 pode registrar dados no dispositivo de memória 2416, como o tempo em uso, a força máxima e os dados de erro do eixo de acionamento, bem como do conjunto de manípulo de controle 2404, do conjunto de transdutor 2402 e do conjunto de bateria 2408. O processador 2412 pode também gravar dados no dispositivo de memória 2410 como o tempo em uso, o índice de número de reusos, os dados de erro, bem como do conjunto de eixo de acionamento 2406, do conjunto de manípulo de controle 2404 e do conjunto de bateria 2408. O processador 2412 pode também registrar dados no dispositivo de memória 2418, como o número de usos recarregáveis, os dados funcionais do atuador de extremidade, os dados de erro e os dados de descarga da bateria.

[00418] O processador 2412 determina 2922 se algum dentre o conjunto de transdutor fixado 2402, o conjunto de eixo de acionamento 2406 e o conjunto de bateria 2408, ou se o conjunto de manípulo de controle 2404 têm uma versão atualizada do programa de RTOS ou de BIOS principal. Se o processador 2412 determinar 2922 que há uma

versão atualizada do programa de RTOS ou BIOS principal, o processador 2412 atualiza 2924 o programa de RTOS ou BIOS principal com base na versão atualizada armazenada no dispositivo de memória correspondente 2410, 2414, 2416, 2418. Se o processador 2412 determinar 2922 que não há uma versão atualizada do programa de RTOS ou BIOS principal, o processador 2412 não se atualiza 2924. O processo do diagrama lógico 2900 termina 2926.

[00419] Os aspectos dos dispositivos aqui revelados podem também ser projetados para serem descartados após um único uso, ou para serem usados múltiplas vezes. Vários aspectos podem, em qualquer um ou em ambos os casos, ser reconicionados para reutilização após ao menos uma utilização. O reconicionamento pode incluir qualquer combinação das etapas de desmontagem do dispositivo, seguida de limpeza ou substituição de peças específicas e a subsequente remontagem. Em particular, os aspectos do dispositivo podem ser desmontados, e qualquer número de peças ou partes específicas do dispositivo pode ser seletivamente substituído ou removido em qualquer combinação. Com a limpeza e/ou substituição de partes específicas, os aspectos do dispositivo podem ser remontados para uso subsequente em uma instalação de reconicionamento, ou por uma equipe cirúrgica imediatamente antes de um procedimento cirúrgico. Os versados na técnica compreenderão que o reconicionamento de um dispositivo pode usar uma variedade de técnicas de desmontagem, limpeza/substituição e remontagem. O uso de tais técnicas e o dispositivo reconicionado resultante estão dentro do escopo do presente pedido.

[00420] Somente a título de exemplo, os aspectos aqui descritos podem ser processados antes da cirurgia. Primeiro, pode ser obtido um instrumento novo ou usado e, se necessário, limpo. O instrumento pode ser, então, esterilizado. Em uma técnica de esterilização, o instrumento

é disposto em um recipiente fechado e vedado, como uma bolsa plástica ou de TYVEK. O recipiente e o instrumento podem, então, ser colocados em um campo de radiação que possa penetrar no recipiente, como radiação gama, raios X ou elétrons de alta energia. A radiação pode exterminar as bactérias no instrumento e no recipiente. O instrumento esterilizado pode, então, ser armazenado em um recipiente estéril. O recipiente vedado pode manter o instrumento estéril até que seja aberto na instalação médica. O dispositivo pode também ser esterilizado com o uso de qualquer outra técnica conhecida, incluindo, mas não se limitando a, radiação beta ou gama, óxido de etileno ou vapor d'água.

[00421] Embora vários detalhes tenham sido apresentados na descrição acima, será reconhecido que os vários aspectos das técnicas para operar um gerador para gerar digitalmente as formas de onda de sinal elétrico e os instrumentos cirúrgicos podem ser praticados sem esses detalhes específicos. Os versados na técnica reconhecerão que os componentes (por exemplo, operações), dispositivos e objetivos descritos na presente invenção, e a discussão que os acompanha, são usados como exemplos tendo em vista a clareza conceitual, e que são contempladas várias modificações de configuração. Consequentemente, como usado na presente invenção, os exemplares específicos apresentados e a discussão que os acompanha pretendem ser representativos de suas classes mais gerais. Em geral, o uso de qualquer exemplar específico pretende ser representativo de sua classe, e a não inclusão de componentes (por exemplo, operações), dispositivos e objetos específicos não deve ser considerada limitadora.

[00422] Além disso, embora várias formas tenham sido ilustradas e descritas, não é intenção do requerente restringir ou limitar o escopo das concretizações em anexo a tal detalhe. Numerosas modificações, variações, alterações, substituições, combinações e equivalentes destas formas podem ser implementadas e ocorrerão aos versados na

técnica sem se que afaste do escopo da presente invenção. Além disso, a estrutura de cada elemento associado com a forma pode ser alternativamente descrita como um meio para fornecer a função realizada pelo elemento. Além disso, onde forem revelados materiais para certos componentes, outros materiais podem ser usados. Deve-se compreender, portanto, que a descrição precedente e as concretizações em anexo pretendem cobrir todas essas modificações, combinações e variações abrangidas pelo escopo das modalidades apresentadas. As concretizações em anexo se destinam a cobrir todas essas modificações, variações, alterações, substituições, modificações e equivalentes.

[00423] Para concisão e clareza da descrição, aspectos selecionados da descrição acima foram apresentados em forma de diagrama de blocos e não em detalhes. Algumas porções das descrições detalhadas aqui fornecidas podem ser apresentadas em termos de instruções que operam em dados que são armazenados em uma ou mais memórias de computador ou um ou mais dispositivos de armazenamento de dados (por exemplo, disquete, unidade de disco rígido, disco compacto (CD), Disco de Vídeo Digital (DVD) ou fita digital). Essas descrições e representações são usadas pelos versados na técnica para descrever e transmitir a substância de seu trabalho a outros versados na técnica. Em geral, um algoritmo se refere à sequência autoconsistente de etapas que levam ao resultado desejado, em que uma "etapa" se refere à manipulação de quantidades físicas e/ou estados lógicos que podem, embora não necessariamente precisem, assumir a forma de sinais elétricos ou magnéticos que possam ser armazenados, transferidos, combinados, comparados e manipulados de qualquer outra forma. É uso comum chamar esses sinais de bits, valores, elementos, símbolos, caracteres, termos, números ou congêneres. Esses termos e termos similares podem estar associados

às grandezas físicas apropriadas e são identificações meramente convenientes aplicadas a essas quantidades e/ou estados.

[00424] Salvo afirmação expressa em contrário, conforme fica evidente a partir da descrição precedente, é entendido que, ao longo da descrição precedente, as discussões que usam termos como "processamento", ou "computação", ou "cálculo", ou "determinação", ou "exibição", ou similares, se referem à ação e aos processos de um computador, ou dispositivo de computação eletrônica similar, que manipule e transforme os dados representados sob a forma de grandezas físicas (eletrônicas) nos registros e nas memórias do computador em outros dados representados de modo similar sob a forma de grandezas físicas nas memórias ou nos registros do computador, ou em outros dispositivos similares de armazenamento, transmissão ou exibição de informações.

[00425] Em um sentido geral, os versados na técnica reconhecerão que os vários aspectos aqui descritos, os quais podem ser implementados, individual e/ou coletivamente, por meio de uma ampla gama de hardware, software, firmware, ou qualquer combinação destes, podem ser vistos como sendo compostos por vários tipos de "circuitos elétricos". Conseqüentemente, como usado na presente invenção, "circuito elétrico" inclui, mas não se limita aos, circuitos elétricos que tenham pelo menos um circuito elétrico discreto, circuitos elétricos que tenham pelo menos um circuito integrado, circuitos elétricos que tenham pelo menos um circuito integrado para aplicação específica, circuitos elétricos que formem um dispositivo de computação para finalidades gerais configurado por um programa de computador (por exemplo, um computador para finalidades gerais configurado por um programa de computador que pelo menos parcialmente execute processos e/ou dispositivos aqui descritos, ou um microprocessador configurado por um programa de computador que pelo menos parcialmente execute os

processos e/ou dispositivos aqui descritos), circuitos elétricos que formem um dispositivo de memória (por exemplo, formas de memória de acesso aleatório), e/ou circuitos elétricos que formem um dispositivo de comunicações (por exemplo, um modem, roteadores ou equipamento óptico-elétrico). Os versados na técnica reconhecerão que o assunto aqui descrito pode ser implementado de modo analógico ou digital, ou em alguma combinação destes.

[00426] A descrição detalhada precedente apresentou várias formas dos dispositivos e/ou processos por meio do uso de diagramas de blocos, fluxogramas e/ou exemplos. Embora esses diagramas de bloco, fluxogramas e/ou exemplos conttenham uma ou mais funções e/ou operações, será compreendido pelos versados na técnica que cada função e/ou operação dentro desses diagramas de bloco, fluxogramas e/ou exemplos pode ser implementada, individual e/ou coletivamente, através de uma ampla gama de hardware, software, firmware ou praticamente qualquer combinação destes. Em uma modalidade, várias porções do assunto aqui descrito podem ser implementadas através de circuitos integrados de aplicação específica (ASICs), arranjos de portas programáveis em campo (FPGAs), processadores de sinal digital (PSDs) ou outros formatos integrados. Contudo, os versados na técnica reconhecerão que alguns aspectos das modalidades aqui reveladas, no todo ou em parte, podem ser implementados de modo equivalente em circuitos integrados, como um ou mais programas de computador executando em um ou mais computadores (por exemplo, como um ou mais programas operando em um ou mais sistemas de computador), como um ou mais programas operando em um ou mais processadores (por exemplo, como um ou mais programas operando em um ou mais microprocessadores), como firmware, ou virtualmente como qualquer combinação dos mesmos, e que projetar o conjunto de circuitos e/ou escrever o código para o software e firmware estaria dentro do âmbito

de prática de um membro versado na técnica à luz desta descrição. Além disso, os versados na técnica entenderão que os mecanismos do assunto aqui descrito podem ser distribuídos como um ou mais produtos de programa em uma variedade de formas e que uma forma ilustrativa do assunto aqui descrito é aplicável independentemente do tipo específico de meio de transmissão de sinais utilizado para efetivamente realizar a distribuição. Exemplos de um meio de transmissão de sinais incluem, mas não se limitam aos seguintes: um meio do tipo gravável como um disquete, uma unidade de disco rígido, um disco compacto (CD), um disco de vídeo digital (DVD), uma fita digital, uma memória de computador, etc.; e uma mídia do tipo de transmissão, como uma mídia de comunicação digital e/ou analógica (por exemplo, um cabo de fibra óptica, um guia de onda, um enlace de comunicação com fio, um enlace de comunicação sem fio (por exemplo, transmissor, receptor, lógica de transmissão, lógica de recepção, etc.), etc.).

[00427] Em alguns casos, um ou mais elementos podem ser descritos usando a expressão "acoplado" e "conectado" junto com seus derivados. Deve-se compreender que esses termos não são concebidos para serem sinônimos uns dos outros. Por exemplo, alguns aspectos podem ser descritos com o uso do termo "conectado" para indicar que dois ou mais elementos estão em contato físico direto ou em contato elétrico uns com os outros. Em outro exemplo, alguns aspectos podem ser descritos com o uso do termo "acoplado" para indicar que dois ou mais elementos estão em contato físico direto ou em contato elétrico. O termo "acoplado", entretanto, também pode significar que dois ou mais elementos não estão em contato direto um com o outro, mas ainda assim cooperam ou interagem entre si. Deve-se compreender que as arquiteturas representadas de diferentes componentes contidas no interior, ou conectadas a outros componentes diferentes são meramente exemplos, e que, de fato, muitas outras arquiteturas que

alcançam a mesma funcionalidade podem ser implementadas. No sentido conceitual, qualquer disposição de componentes para alcançar a mesma funcionalidade está efetivamente "associada" se a funcionalidade desejada for alcançada. Assim, quaisquer dois componentes mencionados na presente invenção que sejam combinados para alcançar uma funcionalidade específica podem ser vistos como "associados" um ao outro se a funcionalidade desejada é alcançada, independentemente das arquiteturas ou dos componentes intermediários. De modo semelhante, quaisquer desses dois componentes assim associados também podem ser vistos como estando "operacionalmente conectados" ou "operacionalmente acoplados" um ao outro para alcançar a funcionalidade desejada, e quaisquer desses dois componentes capazes de serem associados dessa forma podem ser vistos como sendo "operacionalmente acopláveis" um ao outro para alcançar a funcionalidade desejada. Exemplos específicos de componentes operacionalmente acopláveis incluem, mas não se limitam a componentes fisicamente encaixáveis e/ou em interação física e/ou os que podem interagir por conexão sem fio e/ou componentes que interajam por conexão sem fio e/ou que interajam por lógica e/ou componentes que podem interagir por lógica e/ou componentes que interajam eletricamente e/ou componentes que podem interagir eletricamente e/ou componentes que interajam ópticamente e/ou componentes que podem interagir ópticamente.

[00428] Em outros casos, um ou mais componentes podem ser chamados na presente invenção de "configurado para", "configurável para", "operável/operacional para", "adaptado/adaptável para", "capaz de", "conformável/conformado para", etc. Os versados na técnica reconhecerão que "configurado para" pode, de modo geral, abranger componentes em estado ativo e/ou componentes em estado inativo e/ou componentes em estado de espera, exceto quando o contexto

determinar o contrário.

[00429] Embora aspectos específicos da presente invenção tenham sido mostrados e descritos, ficará evidente aos versados na técnica que, com base nos ensinamentos da presente invenção, podem ser feitas mudanças e modificações sem se afastar do assunto aqui descrito e de seus aspectos mais amplos e, portanto, as concretizações em anexo abrangem em seu escopo todas essas alterações e modificações do mesmo modo que elas estão dentro do verdadeiro escopo do assunto aqui descrito. Será compreendido pelos versados na técnica que, em geral, os termos usados aqui, e principalmente nas concretizações em anexo (por exemplo, corpos das concretizações em anexo) destinam-se geralmente como termos "abertos" (por exemplo, o termo "incluindo" deve ser interpretado como "incluindo mas não se limitando a", o termo "tendo" deve ser interpretado como "tendo, ao menos", o termo "inclui" deve ser interpretado como "inclui, mas não se limita a", etc.). Será ainda entendido pelos versados na técnica que, quando um número específico de uma menção de concretização introduzida for pretendido, tal intenção será expressamente mencionada na concretização e, na ausência de tal menção, nenhuma intenção estará presente. Por exemplo, como uma ajuda para a compreensão, as seguintes concretizações em anexo podem conter o uso das frases introdutórias "ao menos um" e "um ou mais" para introduzir menções de concretização. Entretanto, o uso de tais frases não deve ser interpretado como implicando que a introdução de uma menção da concretização pelos artigos indefinidos "um, uns" ou "uma, umas" limita qualquer concretização específica contendo a menção da concretização introduzida a concretizações que contêm apenas uma tal menção, mesmo quando a mesma concretização inclui as frases introdutórias "um ou mais" ou "ao menos um" e artigos indefinidos, como "um, uns" ou "uma, umas" (por exemplo, "um, uns" e/ou "uma, umas" deve

tipicamente ser interpretado como significando "ao menos um" ou "um ou mais"); o mesmo vale para o uso de artigos definidos usados para introduzir as menções de concretização.

[00430] Além disso, mesmo se um número específico de uma menção de concretização introduzida for explicitamente mencionado, os versados na técnica reconhecerão que essa menção precisa ser tipicamente interpretada como significando ao menos o número mencionado (por exemplo, a mera menção de "duas menções", sem outros modificadores, tipicamente significa ao menos duas menções, ou duas ou mais menções). Além disso, naqueles casos em que é usada uma convenção análoga a "pelo menos um dentre A, B e C, etc.", em geral essa construção se destina a ter o sentido no qual a convenção seria entendida por (por exemplo, "um sistema que tem ao menos um dentre A, B e C" incluiria, mas não se limitaria a, sistemas que têm A sozinho, B sozinho, C sozinho, A e B juntos, A e C juntos, B e C juntos, e/ou A, B e C juntos, etc.). Naqueles casos em que é usada uma convenção análoga a "pelo menos um dentre A, B ou C, etc.", em geral essa construção se destina a ter o sentido no qual a convenção seria entendida por (por exemplo, "um sistema que tem ao menos um dentre A, B e C" incluiria, mas não se limitaria a, sistemas que têm A sozinho, B sozinho, C sozinho, A e B juntos, A e C juntos, B e C juntos, e/ou A, B e C juntos, etc.). Será ainda entendido pelos versados na técnica que tipicamente uma palavra e/ou uma frase disjuntiva apresentando dois ou mais termos alternativos, quer na descrição, nas concretizações ou nos desenhos, deve ser entendida como contemplando a possibilidade de incluir um dos termos, qualquer um dos termos ou ambos os termos, exceto quando o contexto determinar indicar algo diferente. Por exemplo, a frase "A ou B" será tipicamente entendida como incluindo as possibilidades de "A" ou "B" ou "A e B".

[00431] Com respeito às concretizações em anexo, os versados na

técnica entenderão que as operações mencionadas nas mesmas podem, de modo geral, ser executadas em qualquer ordem. Além disso, embora vários fluxos operacionais sejam apresentados em uma ou mais sequências, deve-se compreender que as várias operações podem ser executadas em outras ordens diferentes daquelas que estão ilustradas, ou podem ser executadas simultaneamente. Exemplos dessas ordenações alternativas podem incluir ordenações sobrepostas, intercaladas, interrompidas, reordenadas, incrementais, preparatórias, suplementares, simultâneas, inversas ou outras ordenações variantes, exceto quando o contexto determinar em contrário. Ademais, termos como "responsivo a", "relacionado a" ou outros participios adjetivos não pretendem de modo geral excluir essas variantes, exceto quando o contexto determinar em contrário.

[00432] Vale notar que qualquer referência a "um (1) aspecto", "um aspecto", "uma (1) forma" ou "uma forma" significa que um determinado recurso, estrutura ou característica descrito em conexão com o aspecto está incluído em ao menos um aspecto. Dessa forma, o uso de expressões como "em um (1) aspecto", "em um aspecto", "em uma (1) modalidade", "em uma modalidade", em vários locais ao longo deste relatório descritivo não se refere necessariamente ao mesmo aspecto. Além disso, os recursos, estruturas ou características específicos podem ser combinados de qualquer maneira adequada em um ou mais aspectos.

[00433] Com respeito ao uso de substancialmente quaisquer termos plurais e/ou singulares na presente invenção, os versados na técnica podem mudar do plural para o singular e/ou do singular para o plural conforme seja adequado ao contexto e/ou aplicação. As várias permutações singular/plural não são expressamente aqui apresentadas por fins de clareza.

[00434] Em certos casos, o uso de um sistema ou método pode

ocorrer mesmo se os componentes em um território estão localizados fora do território. Por exemplo, em um contexto de computação distribuída, o uso de um sistema de computação distribuída pode ocorrer em uma região ainda que partes do sistema possam ser localizados fora do território (por exemplo, relé, servidor, processador, sinal contendo meio, transmissão de computador, computador, etc., localizado fora do território).

[00435] Uma venda de um sistema ou método pode, da mesma forma, ocorrer em um território mesmo se os componentes do sistema e/ou método estiverem situados e/ou forem usados fora do território. Ainda, a implementação de pelo menos parte de um sistema para executar um método em um território não impede o uso do sistema em um outro território.

[00436] Todas as supracitadas patentes US, publicações de pedido de patente US, pedidos de patente US, patentes estrangeiras, pedidos de patentes estrangeiros e publicações de não patentes mencionadas neste relatório descritivo e/ou listadas em qualquer Folha de Dados de Pedido (ADS, de "Application Data Sheet"), ou qualquer outro material de descrição estão aqui incorporados, por referência, na medida em que não forem inconsistentes com o conteúdo da presente invenção. Desse modo, e na medida em que for necessário, a descrição como explicitamente aqui apresentada substitui qualquer material conflitante incorporado à presente invenção a título de referência. Qualquer material, ou porção do mesmo, tido como aqui incorporado a título de referência, mas que entre em conflito com as definições, declarações, ou outros materiais de descrição existentes aqui apresentados estará aqui incorporado apenas na medida em que não haja conflito entre o material incorporado e o material de descrição existente.

[00437] Em resumo, foram descritos numerosos benefícios que resultam do emprego dos conceitos descritos no presente documento.

A descrição anteriormente mencionada de uma ou mais modalidades foi apresentada para propósitos de ilustração e descrição. Essa descrição não pretende ser exaustiva nem limitar a invenção à forma precisa revelada. Modificações ou variações são possíveis à luz dos ensinamentos acima. Uma ou mais modalidades foram escolhidas e descritas com a finalidade de ilustrar os princípios e a aplicação prática para, assim, permitir que o versado na técnica use as várias modalidades e com várias modificações, conforme sejam convenientes ao uso específico contemplado. Pretende-se que as concretizações apresentadas em anexo definam o escopo global.

[00438] Vários aspectos do assunto aqui descrito são definidos nas seguintes cláusulas numeradas:

[00439] 1. Um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular, compreendendo: um conjunto de manípulo de controle que compreende um processador acoplado a um primeiro dispositivo de memória; um conjunto de eixo de acionamento que tem uma extremidade proximal operacionalmente acoplada ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de eixo de acionamento compreende uma pluralidade de módulos de circuito e um segundo dispositivo de memória, sendo que cada um dentre a pluralidade de programas de controle compreende instruções executáveis por computador; um conjunto de transdutor operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de transdutor compreende um terceiro dispositivo de memória e compreende um transdutor que é configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas, sendo que a pluralidade de programas de controle é configurada para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas; um conjunto de bateria operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo de controle e

removível do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de bateria compreende um quarto dispositivo de memória e o conjunto de bateria é configurado para alimentar o instrumento cirúrgico modular.

[00440] 2. O instrumento cirúrgico, de acordo com a cláusula 1, sendo que o processador compreende um controlador primário e um controlador de segurança.

[00441] 3. O instrumento cirúrgico, de acordo com a cláusula 1 ou 2, sendo que a pluralidade de programas de controle é armazenada de acordo com uma distribuição predeterminada entre o primeiro dispositivo de memória, o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória.

[00442] 4. O instrumento cirúrgico, de acordo com a cláusula 3, sendo que o primeiro dispositivo de memória, o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória é um dispositivo de memória não volátil que armazena ao menos um programa de controle dentre a pluralidade de programas de controle, sendo que o processador está configurado para realizar o download do ao menos um programa de controle para um dispositivo de memória volátil situado no conjunto de manípulo de controle, no conjunto de eixo de acionamento, no conjunto de transdutor ou no conjunto de bateria.

[00443] 5. O instrumento cirúrgico, de acordo com qualquer uma das cláusulas 1 a 4, sendo que o processador é configurado para selecionar ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle com base em uma tabela de consulta.

[00444] 6. O instrumento cirúrgico, de acordo com qualquer uma das cláusulas 1 a 5, sendo que a tabela de consulta compreende uma indicação de que o ao menos um selecionado dentre a pluralidade de programas de controle corresponde a ao menos um dentre o conjunto de eixo de acionamento ou o conjunto de transdutor.

[00445] 7. O instrumento cirúrgico, de acordo com qualquer uma das cláusulas 1 a 6, sendo que a pluralidade de programas de controle compreende qualquer um dentre um programa de identificação de componentes, um programa contador de uso, um programa de sistema operacional em tempo real (RTOS), um programa de atualização de energia e/ou um programa de controle do motor.

[00446] 8. O instrumento cirúrgico, de acordo com qualquer uma das cláusulas 1 a 7, compreendendo ainda: um atuador de extremidade acoplado a uma extremidade distal do conjunto de eixo de acionamento; um motor posicionado no conjunto de manípulo de controle e configurado para operar o atuador de extremidade, sendo que o programa de controle do motor é configurado para controlar as operações do motor.

[00447] 9. O instrumento cirúrgico, de acordo com qualquer uma das cláusulas 1 a 8, sendo que o processador é um primeiro processador, sendo que um dentre o conjunto de eixo de acionamento, o conjunto de transdutor ou o conjunto de bateria compreende um segundo processador.

[00448] 10. Um método para operar um instrumento cirúrgico alimentado por bateria modular, compreendendo: um conjunto de manípulo de controle compreendendo um processador acoplado a um primeiro dispositivo de memória, o conjunto de eixo de acionamento tendo uma extremidade proximal acoplada operacionalmente ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de eixo de acionamento compreende uma pluralidade de módulos de circuito e um segundo dispositivo de memória, sendo que uma pluralidade de programas de controle está configurada para operar a pluralidade de módulos de circuito, sendo que cada um dentre a pluralidade de programas de controle compreende instruções executáveis por computador, um conjunto de transdutor

acoplado operacionalmente ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de transdutor compreende um terceiro dispositivo de memória e compreende um transdutor que está configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas, sendo que ao menos um da pluralidade de programas de controle está configurado para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas e um conjunto de baterias está acoplado operacionalmente ao conjunto de manípulo de controle e removível do conjunto de manípulo de controle; sendo que o conjunto de bateria compreende um quarto dispositivo de memória e o conjunto de bateria está configurado para alimentar o instrumento cirúrgico modular, sendo que o método compreende as etapas de: identificar, por meio do processador, a pluralidade de programas de controle; selecionar, por meio do processador, ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle; executar, por meio do processador, ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle.

[00449] 11. O método, de acordo com a cláusula 10, sendo que o processador compreende um controlador primário e um controlador de segurança, sendo que o método compreende ainda executar ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle por meio do controlador primário e do controlador de segurança.

[00450] 12. O método, de acordo com a cláusula 10 ou 11, sendo que compreende armazenar, por meio do processador, a pluralidade de programas de controle de acordo com uma distribuição predeterminada entre o primeiro dispositivo de memória, o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória.

[00451] 13. O método, de acordo com qualquer uma das cláusulas 10 a 12, sendo que o primeiro dispositivo de memória, o segundo

dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória é um dispositivo de memória não volátil que armazena ao menos um programa de controle dentre a pluralidade de programas de controle, o método compreendendo ainda: fazer o download, por meio do processador, do ao menos um programa de controle para um dispositivo de memória volátil situado no conjunto de manípulo de controle, no conjunto de eixo de acionamento, no conjunto de transdutor ou no conjunto de bateria.

[00452] 14. O método, de acordo com qualquer uma das cláusulas 10 a 13, compreendendo: identificar, por meio do processador, uma variante modular de um ou mais do conjunto de eixo de acionamento ou conjunto de transdutor; selecionar, por meio do processador, o ao menos um programa de controle com base na determinação de que o ao menos um programa de controle corresponde à variante modular identificada com base em uma tabela de consulta.

[00453] 15. Um método para operar um instrumento cirúrgico alimentado por bateria, compreendendo: um conjunto de manípulo de controle que compreende um processador acoplado a um primeiro dispositivo de memória, um conjunto de eixo de acionamento separado do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de eixo de acionamento compreende uma pluralidade de módulos de circuito e um segundo dispositivo de memória, sendo que uma pluralidade de programas de controle está configurada para operar a pluralidade de módulos de circuito, sendo que a pluralidade de programas de controle está armazenada no primeiro dispositivo de memória, sendo que cada um dentre a pluralidade de programas de controle compreende instruções executáveis por computador, um conjunto de transdutor separado do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de transdutor compreende um terceiro dispositivo de memória e compreende um transdutor que está configurado para converter um

sinal de acionamento em vibrações mecânicas, sendo que ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle está configurado para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas, e um conjunto de bateria separado do conjunto de manípulo de controle, sendo que o conjunto de bateria compreende um quarto dispositivo de memória e o conjunto de bateria está configurado para alimentar o instrumento cirúrgico modular, sendo que o método compreende as etapas de: fixar, por meio de um usuário do instrumento cirúrgico, uma extremidade proximal do conjunto de eixo de acionamento ao conjunto de manípulo de controle para acoplar operacionalmente o conjunto de eixo de acionamento ao conjunto de manípulo de controle; fixar, por meio do usuário do instrumento cirúrgico, o conjunto de transdutor a uma extremidade distal do conjunto de eixo de acionamento para acoplar operacionalmente o conjunto de transdutor ao conjunto de manípulo de controle; fixar, por meio do usuário do instrumento cirúrgico, o conjunto de bateria ao conjunto de manípulo de controle para acoplar operacionalmente o conjunto de bateria ao conjunto de manípulo de controle; selecionar, por meio do processador, ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle com base em uma tabela de consulta executar, por meio do processador, o ao menos um dentre a pluralidade de programas de controle.

[00454] 16. O método, de acordo com a cláusula 15, sendo que a pluralidade de programas de controle é uma primeira pluralidade de programas de controle, sendo que o método compreende ainda: determinar, por meio do processador, que uma segunda pluralidade de programas de controle está armazenada de acordo com uma distribuição predeterminada entre o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória; enviar, por meio do processador, ao menos um dentre a segunda

pluralidade de programas de controle para o primeiro dispositivo de memória.

[00455] 17. O método, de acordo com a cláusula 15, ou 16, sendo que a ao menos uma segunda pluralidade de programas de controle é uma versão atualizada de ao menos um dentre a primeira pluralidade de programas de controle, o método compreendendo ainda: deletar, por meio do processador, ao menos um dentre a primeira pluralidade de programas de controle do primeiro dispositivo de memória.

[00456] 18. O método, de acordo com qualquer uma das cláusulas 15 a 17, sendo que a pluralidade de programas de controle é uma primeira pluralidade de programas de controle, sendo que a primeira pluralidade de programas de controle compreende um programa de controle de motor e um programa de chave, sendo que o método compreende ainda: identificar, por meio do processador, uma segunda pluralidade de programas de controle armazenados no segundo dispositivo de memória; identificar, por meio do processador, uma terceira pluralidade de programas de controle armazenados no terceiro dispositivo de memória; identificar, por meio do processador, uma quarta pluralidade de programas de controle armazenados no quarto dispositivo de memória.

[00457] 19. O método, de acordo com qualquer uma das cláusulas 15 a 18, compreendendo: registrar, por meio do processador, dados de uso do conjunto de eixo de acionamento no segundo dispositivo de memória com base na execução, por meio do processador, de ao menos um dentre a segunda pluralidade de programas de controle; registrar, por meio do processador, dados de uso do conjunto de transdutor no terceiro dispositivo de memória com base na execução, pelo processador, de ao menos um dentre a terceira pluralidade de programas de controle; registrar, por meio do processador, dados de uso do conjunto de bateria no quarto dispositivo de memória com base

na execução, pelo processador, de ao menos um dentre a quarta pluralidade de programas de controle.

[00458] 20. O método, de acordo com qualquer uma das cláusulas 15 a 19, compreendendo: registrar, por meio do processador, dados de uso no primeiro dispositivo de memória com base na execução, por meio do processador, de ao menos um dentre a segunda pluralidade de programas de controle.

REIVINDICAÇÕES

1. Instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200) alimentado por bateria modular, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

um conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle que compreende um processador (1302) acoplado a um primeiro dispositivo de memória;

um conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) que tem uma extremidade proximal operacionalmente acoplada ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle e removível do conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, em que o conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) compreende uma pluralidade de módulos de circuito para controlar a operação do conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) e um segundo dispositivo de memória, em que uma pluralidade de conjuntos de instruções de controle, quando executada pelo processador (1302), configura o processador (1302) para operar a pluralidade de módulos de circuito, em que cada um da pluralidade de conjuntos de instruções de controle compreende instruções executáveis por computador;

um conjunto de transdutor (104, 486, 504) operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle e removível do conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, em que o conjunto de transdutor (104, 486, 504) compreende um terceiro dispositivo de memória e compreende um transdutor que é configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas, em que a pluralidade de conjuntos de instruções de controle ainda configurada o processador (1302) para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas; e

um conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle e removível do conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, em que o conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) compreende um quarto dispositivo de memória e o conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) é configurado para alimentar o instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200) modular,

em que a pluralidade de conjuntos de instruções de controle é armazenada de acordo com uma distribuição predeterminada entre o primeiro dispositivo de memória, o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória; e

em que o primeiro dispositivo de memória, o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória é um dispositivo de memória não volátil que armazena ao menos um conjunto de instruções de controle dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle, em que o processador (1302) está configurado para realizar o download do ao menos um conjunto de instruções de controle para um dispositivo de memória volátil localizado no conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, no conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210), no conjunto de transdutor (104, 486, 504) ou no conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206).

2. Instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o processador (1302) compreende um controlador primário e um controlador de segurança.

3. Instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o processador (1302) é configurado para selecionar ao menos um

dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle com base em uma tabela de consulta.

4. Instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo fato de que** a tabela de consulta compreende uma indicação de que o ao menos um selecionado dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle corresponde a ao menos um dentre o conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) ou o conjunto de transdutor (104, 486, 504).

5. Instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a pluralidade de conjuntos de instruções de controle compreende qualquer um dentre um conjunto de instruções de identificação de componentes, um conjunto de instruções de contador de uso, um sistema operacional em tempo real (RTOS), um conjunto de instruções de atualização de energia e/ou um conjunto de instruções de controle de motor.

6. Instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda:

um atuador de extremidade (112, 512, 1000, 1112, 1212) acoplado a uma extremidade distal do conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210);

um motor (1140) posicionado no conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle e configurado para operar o atuador de extremidade (112, 512, 1000, 1112, 1212), em que o conjunto de instruções de controle de motor é configurado para controlar as operações do motor (1140).

7. Instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de**

que o processador (1302) é um primeiro processador (1302), em que um dentre o conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210), o conjunto de transdutor (104, 486, 504) ou o conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) compreende um segundo processador (1302).

8. Método para operar um instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200) alimentado por bateria modular, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

um conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle que compreende um processador (1302) acoplado a um primeiro dispositivo de memória;

um conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) que tem uma extremidade proximal operacionalmente acoplada ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle e removível do conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, em que o conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) compreende uma pluralidade de módulos de circuito e um segundo dispositivo de memória, em que cada um dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle compreende instruções executáveis por computador;

um conjunto de transdutor (104, 486, 504) operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle e removível do conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, em que o conjunto de transdutor (104, 486, 504) compreende um terceiro dispositivo de memória e compreende um transdutor que é configurado para converter um sinal de acionamento em vibrações mecânicas, em que ao menos um dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle é configurado para controlar a conversão do sinal de acionamento em vibrações mecânicas e

um conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156,

1206) operacionalmente acoplado ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle e removível do conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, em que o conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) compreende um quarto dispositivo de memória e o conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) é configurado para alimentar o instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200) modular,

em que a pluralidade de conjuntos de instruções de controle é armazenada de acordo com uma distribuição predeterminada entre o primeiro dispositivo de memória, o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória,

em que o método compreende:

identificar, por meio do processador (1302), a pluralidade de conjuntos de instruções de controle;

selecionar, por meio do processador (1302), ao menos um dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle; e

executar, por meio do processador (1302), ao menos um dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle;

em que o primeiro dispositivo de memória, o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória é um dispositivo de memória não volátil que armazena ao menos um conjunto de instruções de controle dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle, em que o método ainda compreende:

realizar o download, pelo processador (1302), de ao menos um conjunto de instruções de controle para um dispositivo de memória volátil localizado no conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle, no conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210), no conjunto de transdutor (104, 486, 504) ou no conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206).

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** o processador (1302) compreende um controlador primário e um controlador de segurança, em que o método compreende ainda executar ao menos um dentre a pluralidade de conjuntos de instruções de controle por meio do controlador primário e do controlador de segurança.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

identificar, por meio do processador (1302), uma variante modular de um ou mais dentre o conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) ou o conjunto de transdutor (104, 486, 504);

selecionar, por meio do processador (1302), o ao menos um conjunto de instruções de controle com base na determinação de que o ao menos um conjunto de instruções de controle da pluralidade de conjuntos de instruções de controle corresponde à variante modular identificada com base em uma tabela de consulta.

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de que** o método ainda compreende:

fixar, por meio de um usuário do instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), uma extremidade proximal do conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle para acoplar operacionalmente o conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle;

fixar, por meio do usuário do instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), o conjunto de transdutor (104, 486, 504) a uma extremidade distal do conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) para acoplar operacionalmente o conjunto de transdutor (104, 486, 504) ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602,

1102, 1202) de controle; e

fixar, por meio do usuário do instrumento cirúrgico (100, 480, 500, 600, 1100, 1150, 1200), o conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle para acoplar operacionalmente o conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) ao conjunto de manípulo (102, 482, 502, 602, 1102, 1202) de controle.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** a pluralidade de conjuntos de instruções de controle é uma primeira pluralidade de conjuntos de instruções de controle, o método compreendendo ainda:

determinar, por meio do processador (1302), que uma segunda pluralidade de conjuntos de instruções de controle é armazenada de acordo com uma distribuição predeterminada entre o segundo dispositivo de memória, o terceiro dispositivo de memória ou o quarto dispositivo de memória;

enviar, por meio do processador (1302), ao menos um dentre a segunda pluralidade de conjuntos de instruções de controle para o primeiro dispositivo de memória.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo fato de que** a ao menos uma segunda pluralidade de conjuntos de instruções de controle é uma versão atualizada de ao menos um dentre a primeira pluralidade de conjuntos de instruções de controle, em que o método compreende ainda:

deletar, por meio do processador (1302), ao menos um dentre a primeira pluralidade de conjuntos de instruções de controle do primeiro dispositivo de memória.

14. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** a pluralidade de conjuntos de instruções de controle é uma primeira pluralidade de conjuntos de

instruções de controle, em que a primeira pluralidade de conjuntos de instruções de controle compreende um conjunto de instruções de controle de motor e um conjunto de instruções de comutação, em que o método compreende ainda:

identificar, por meio do processador (1302), uma segunda pluralidade de conjuntos de instruções de controle armazenados no segundo dispositivo de memória;

identificar, por meio do processador (1302), uma terceira pluralidade de conjuntos de instruções de controle armazenados no terceiro dispositivo de memória;

identificar, por meio do processador (1302), uma quarta pluralidade de conjuntos de instruções de controle armazenados no quarto dispositivo de memória.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

registrar, por meio do processador (1302), dados de uso do conjunto de eixo de acionamento (110, 490, 510, 610, 1110, 1210) no segundo dispositivo de memória com base na execução, pelo processador (1302), de ao menos um dentre a segunda pluralidade de conjuntos de instruções de controle;

registrar, por meio do processador (1302), dados de uso do conjunto de transdutor (104, 486, 504) no terceiro dispositivo de memória com base na execução, pelo processador (1302), de ao menos um dentre a terceira pluralidade de conjuntos de instruções de controle;

registrar, por meio do processador (1302), dados de uso do conjunto de bateria (106, 486, 506, 606, 1106, 1156, 1206) no quarto dispositivo de memória com base na execução, pelo processador (1302), de ao menos um dentre a quarta pluralidade de conjuntos de instruções de controle.

16. Método, de acordo com a reivindicação 11,

caracterizado pelo fato de que compreende:

registrar, por meio do processador (1302), dados de uso no primeiro dispositivo de memória com base na execução, pelo processador (1302), de ao menos um dentre a segunda pluralidade de conjuntos de instruções de controle.

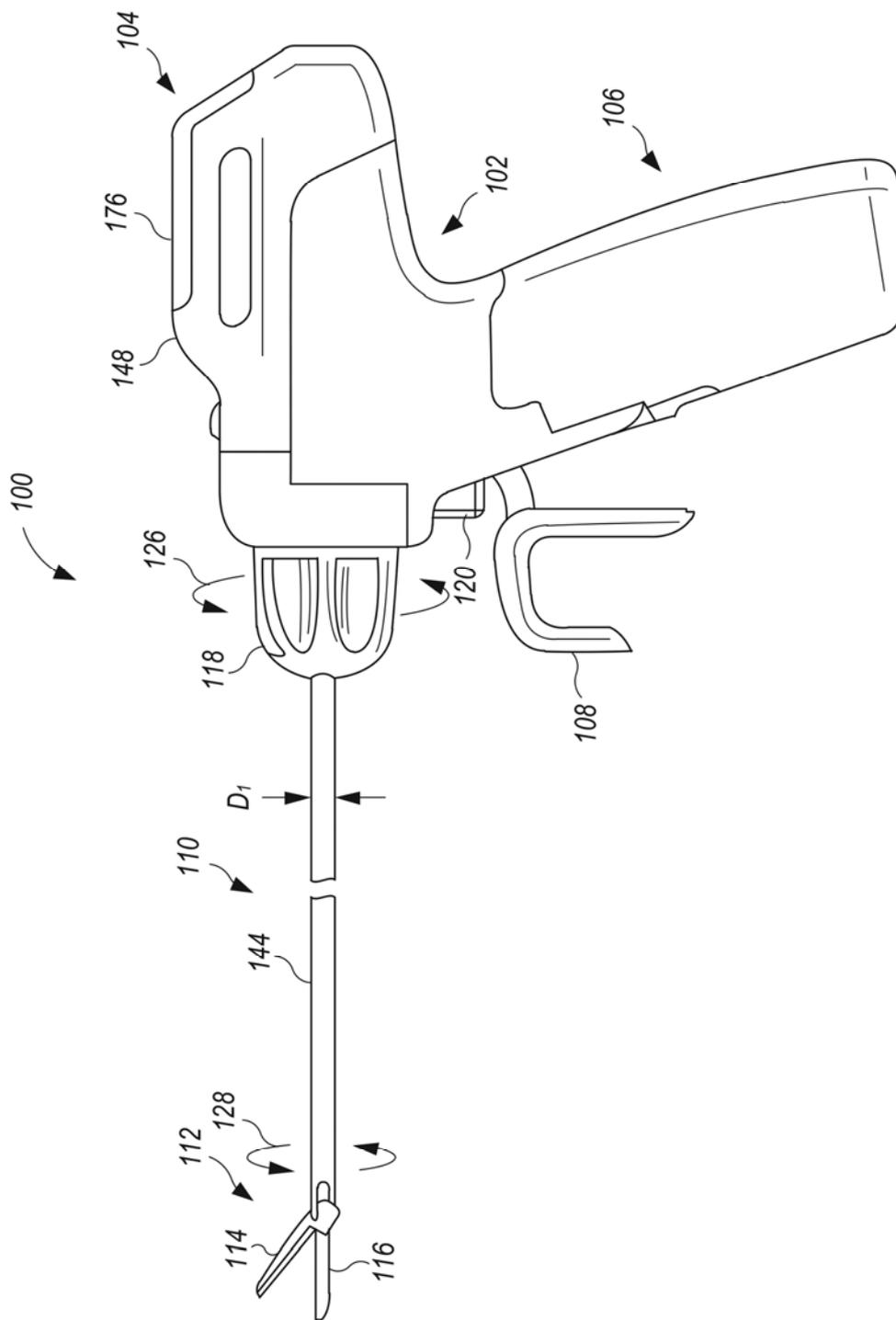


FIG. 1

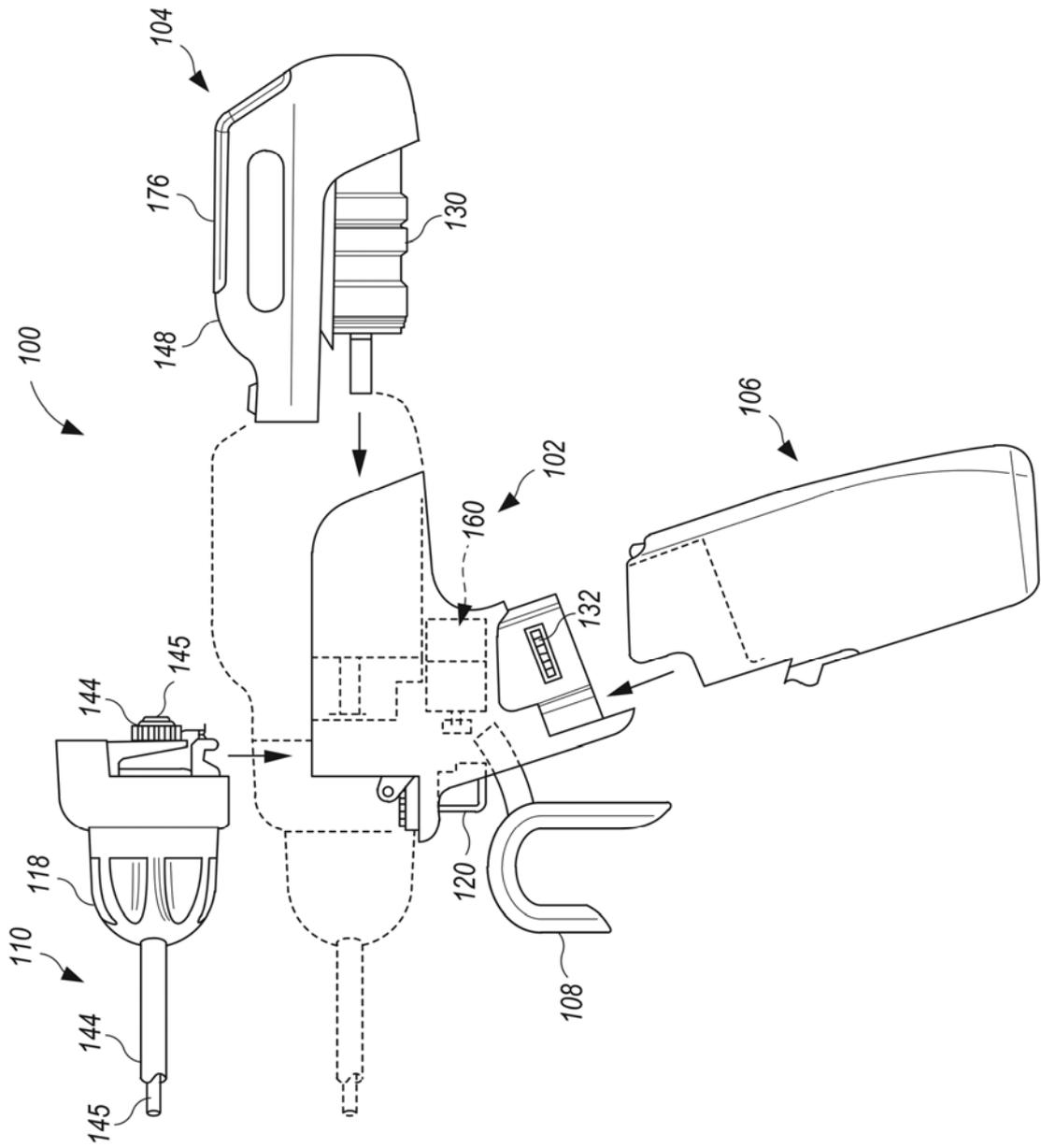


FIG. 2

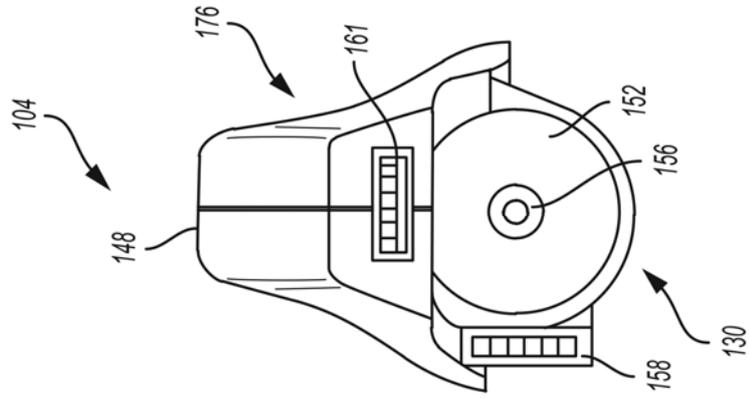


FIG. 5

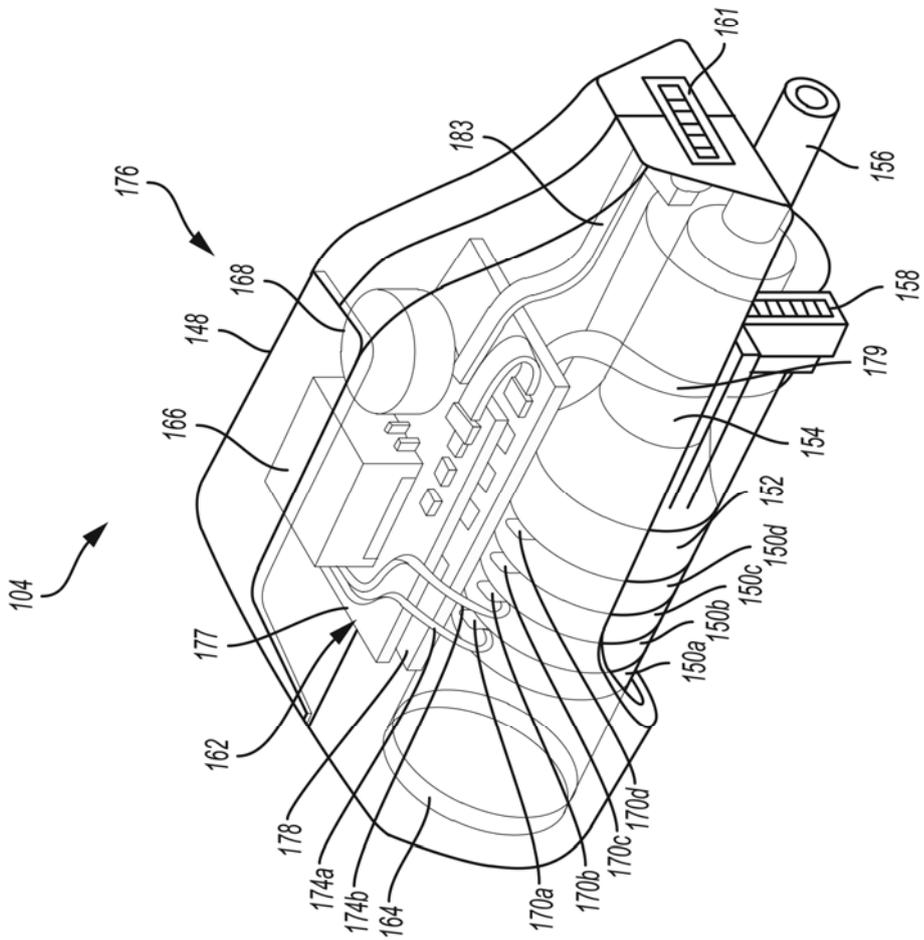


FIG. 4

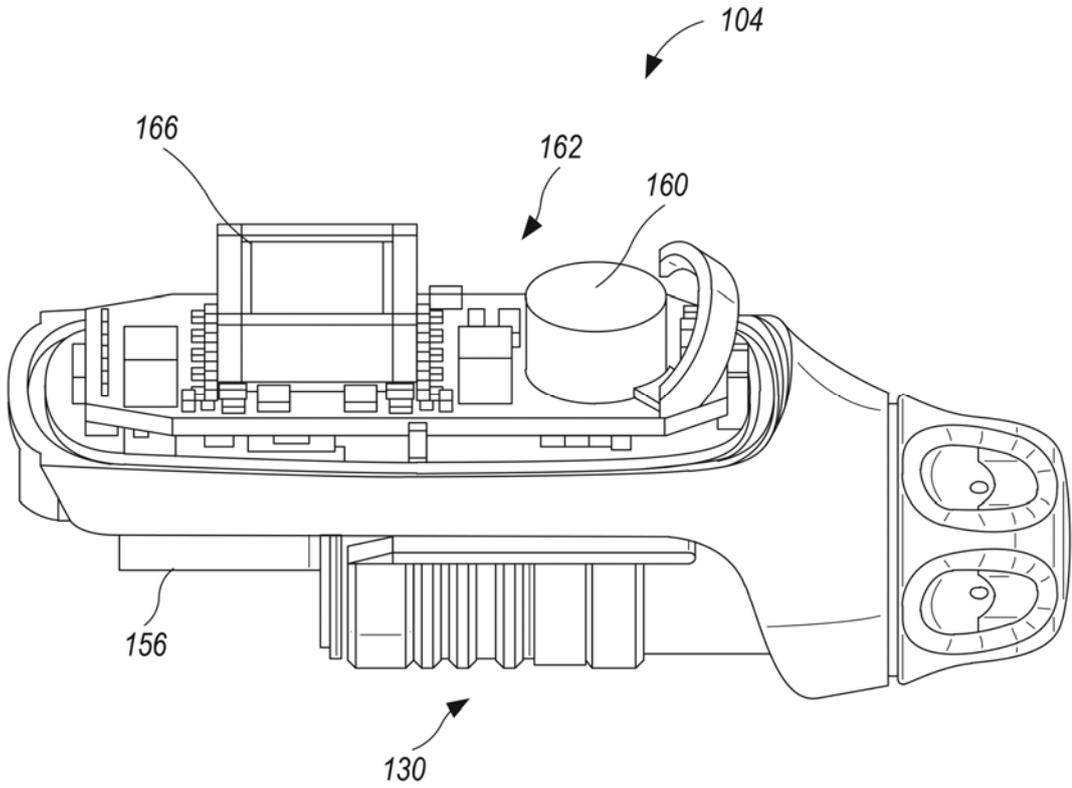


FIG. 6

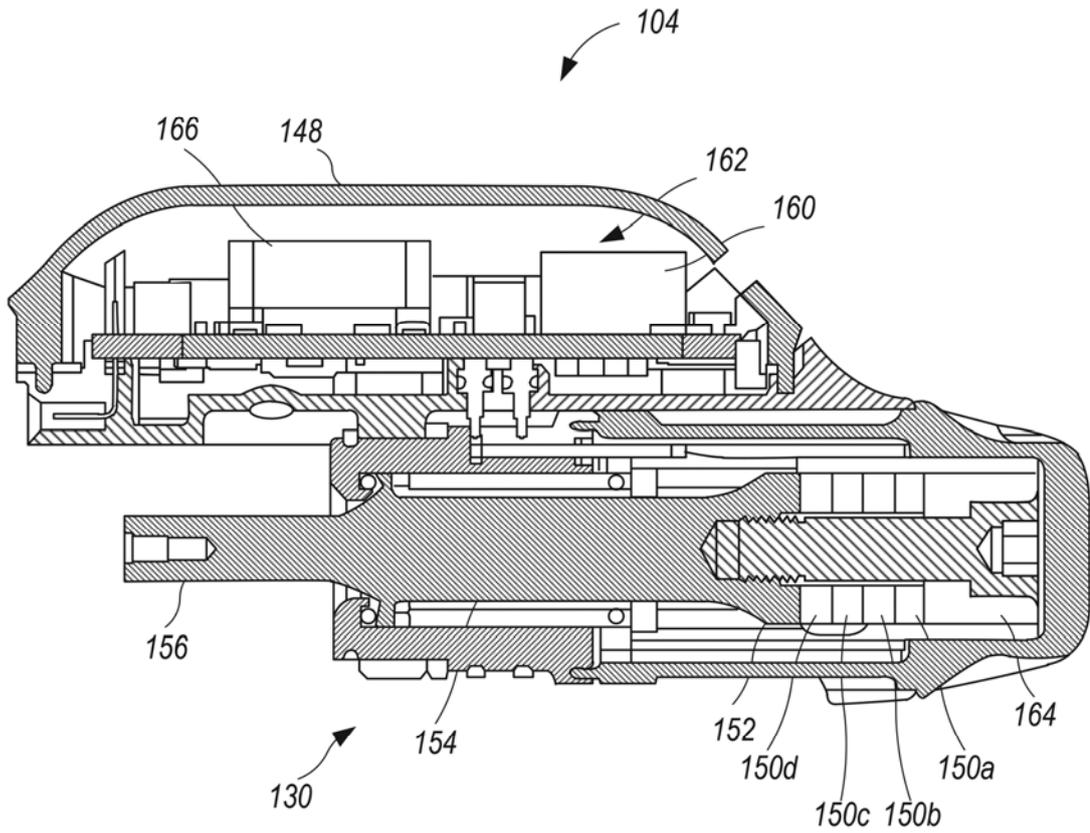


FIG. 7

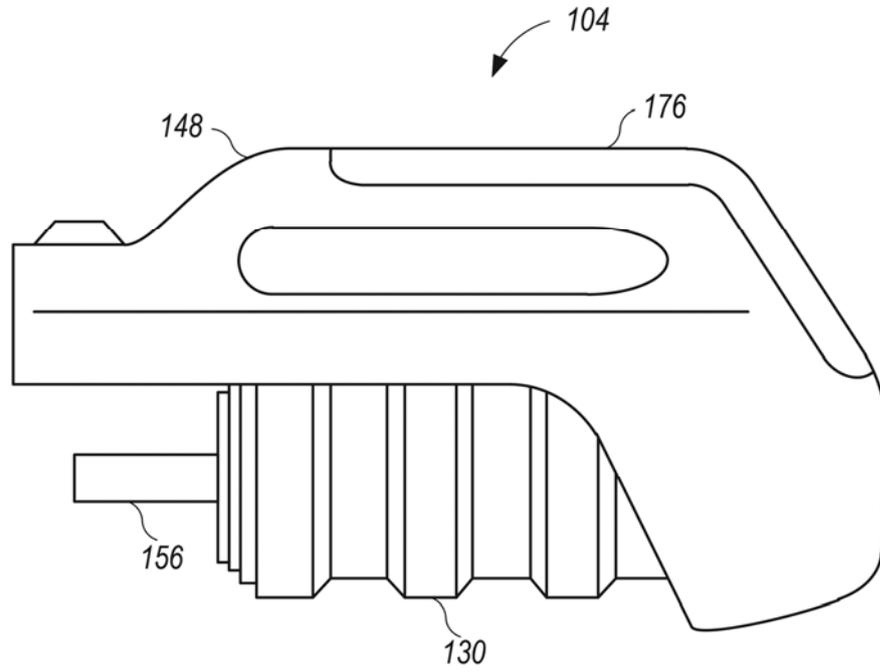


FIG. 8

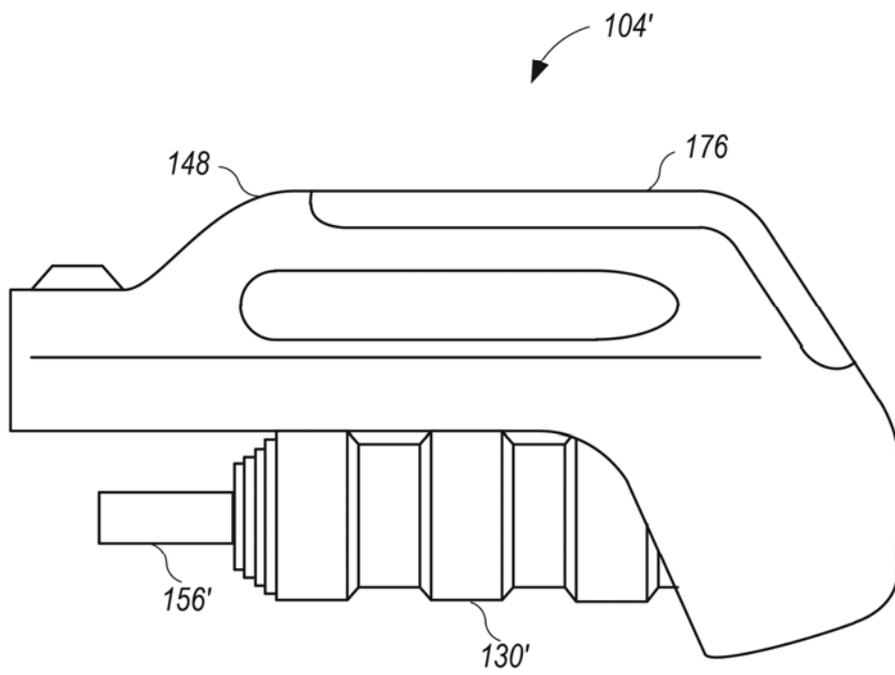


FIG. 9

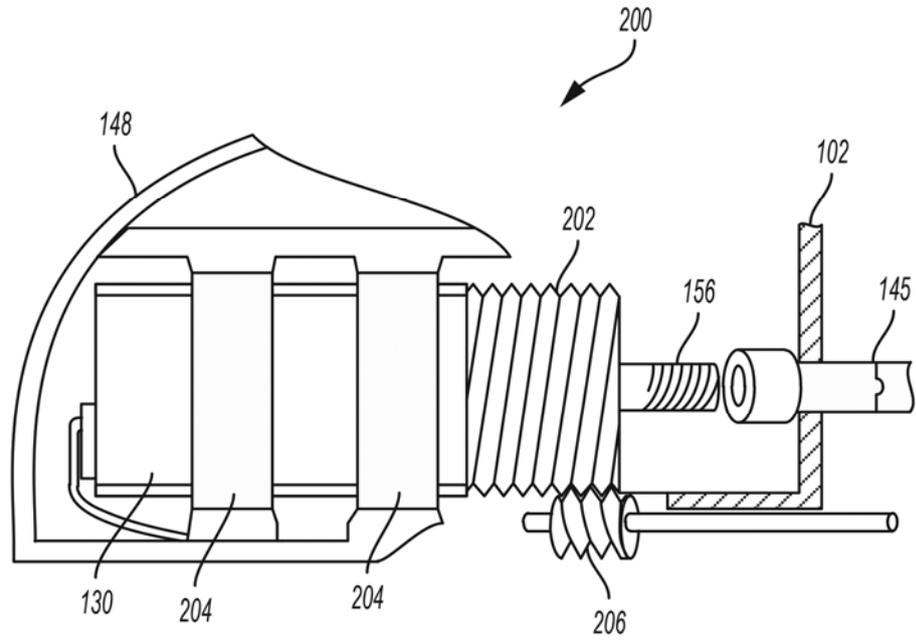


FIG. 10A

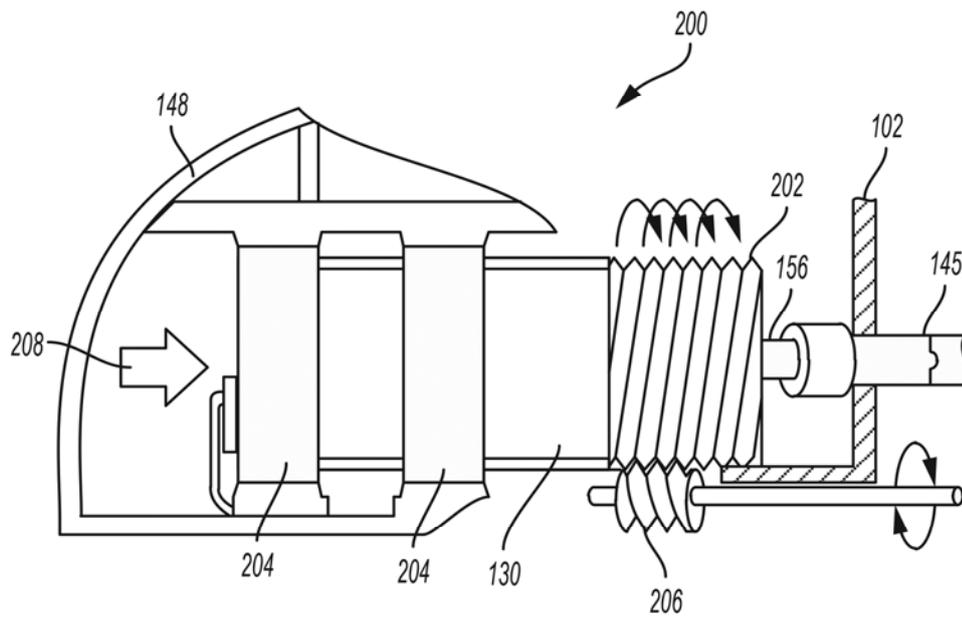


FIG. 10B

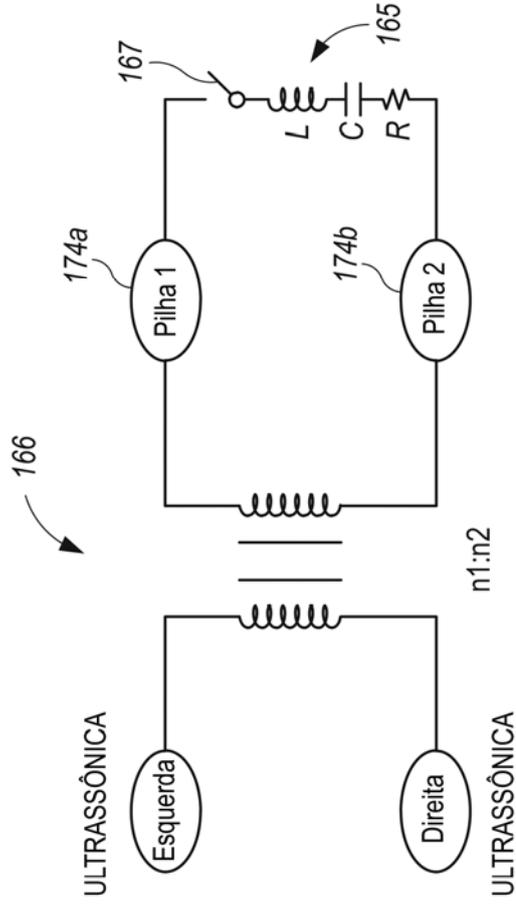


FIG. 13

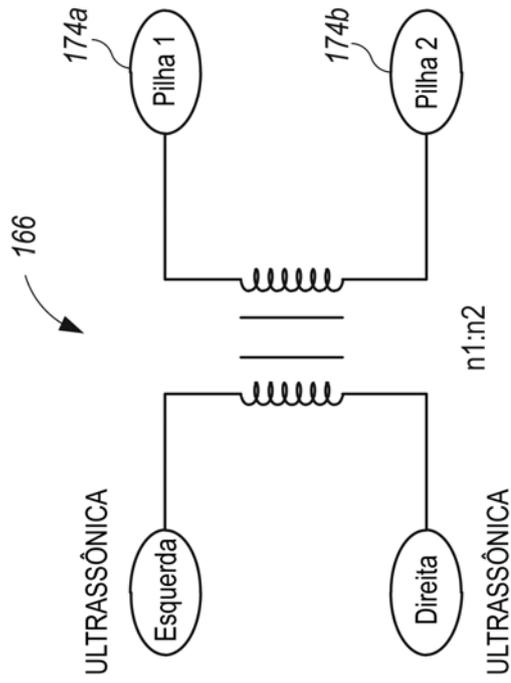


FIG. 12

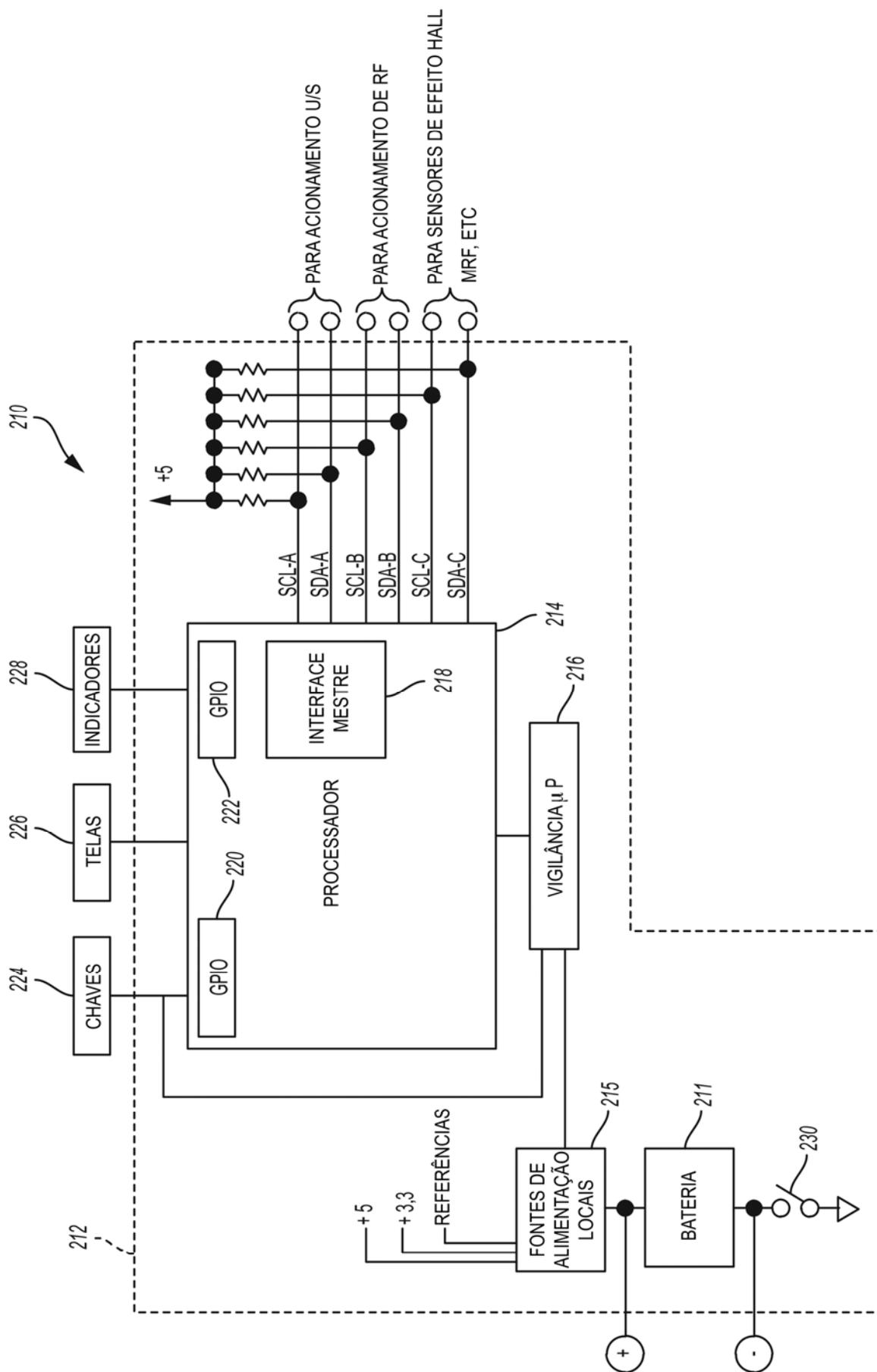


FIG. 14

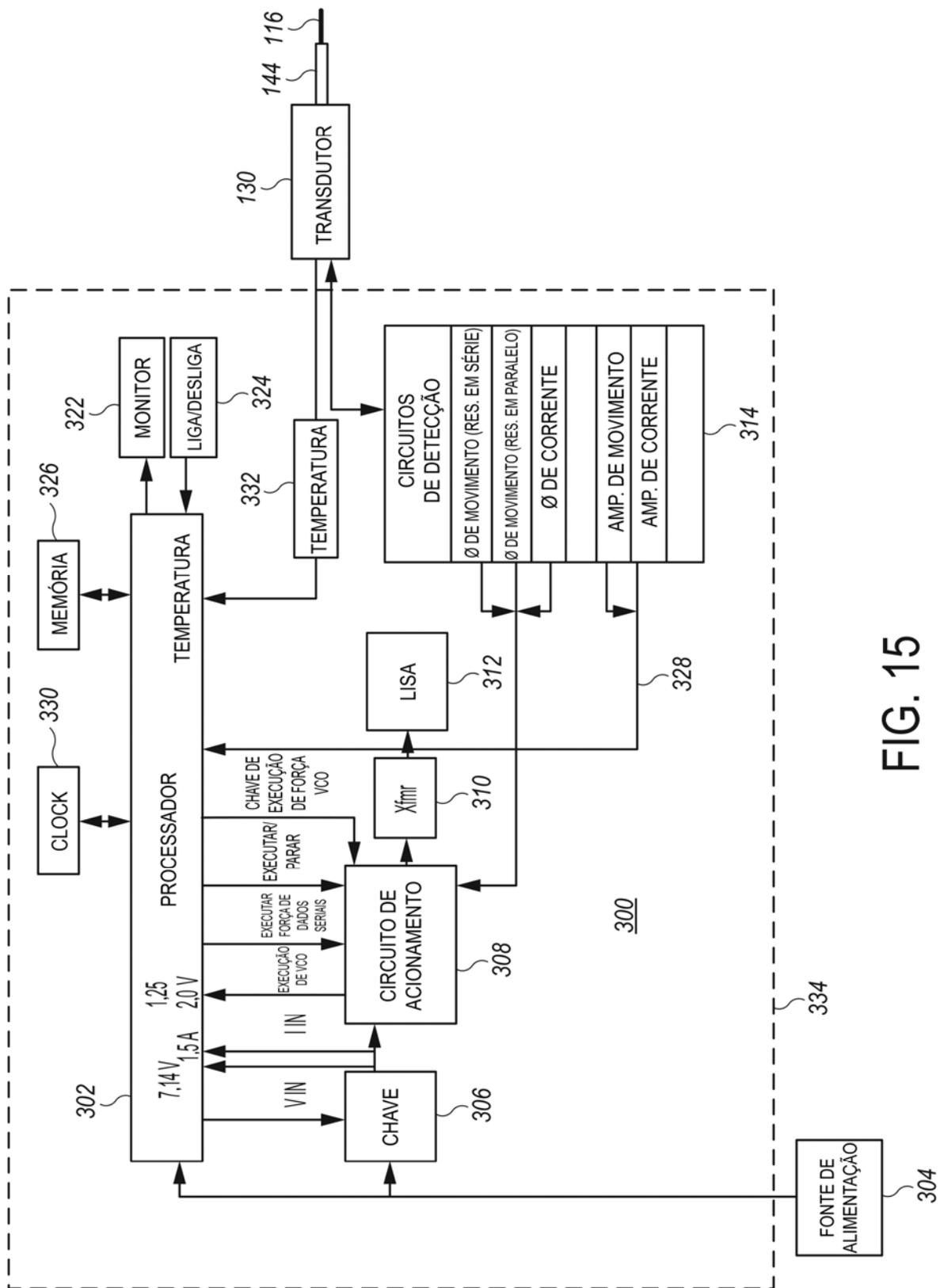


FIG. 15

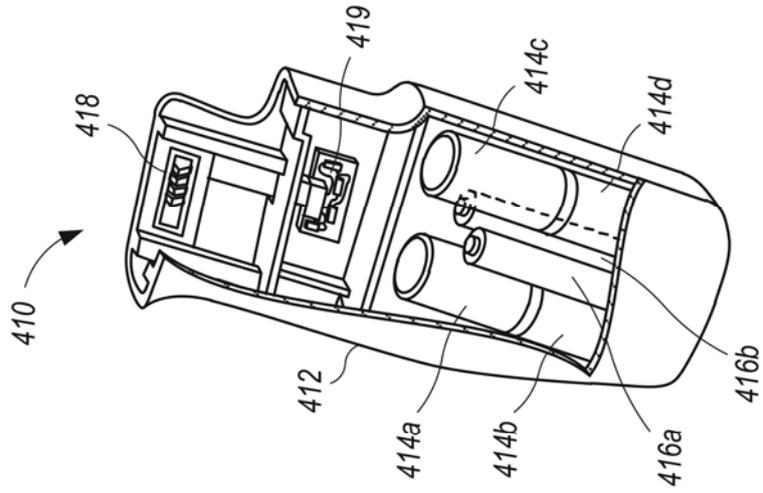


FIG. 17

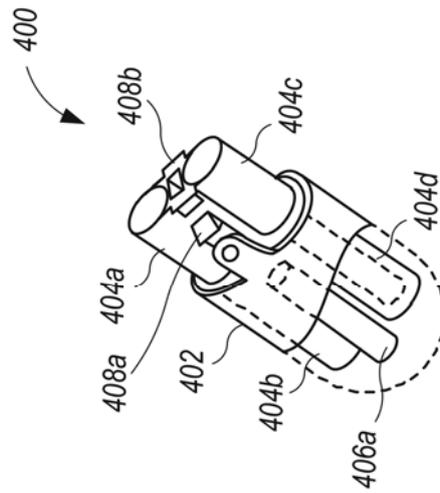


FIG. 16

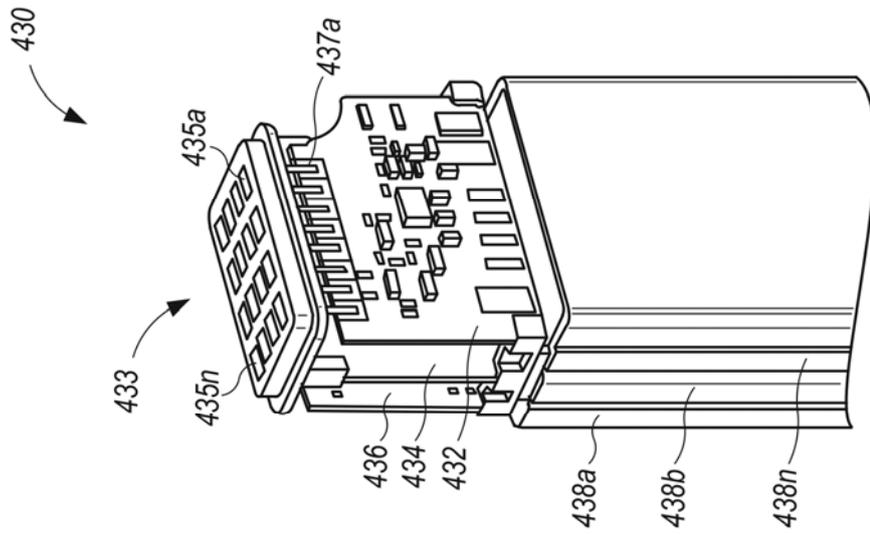


FIG. 19

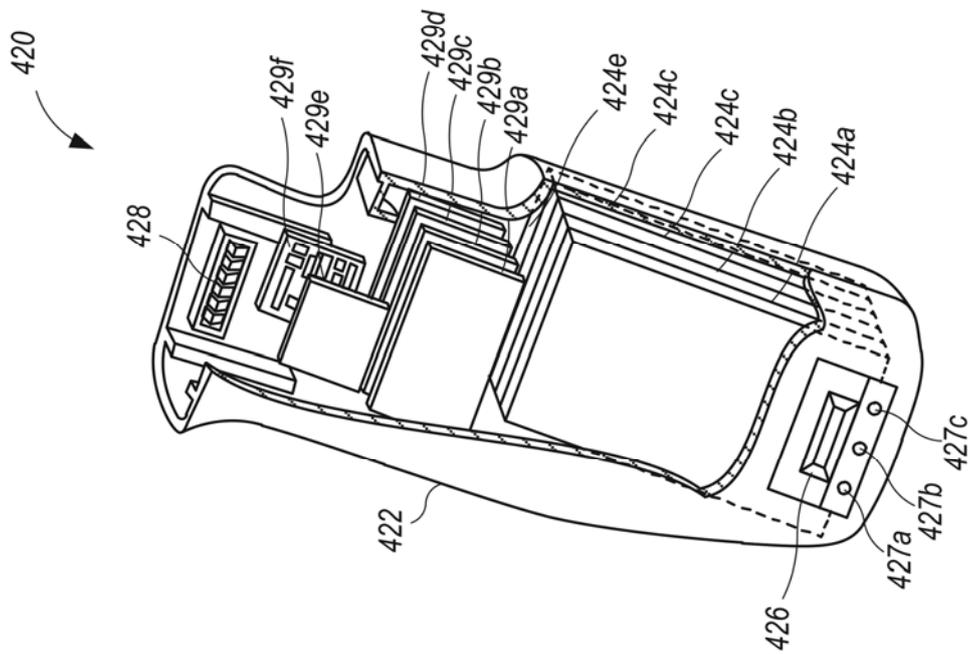


FIG. 18

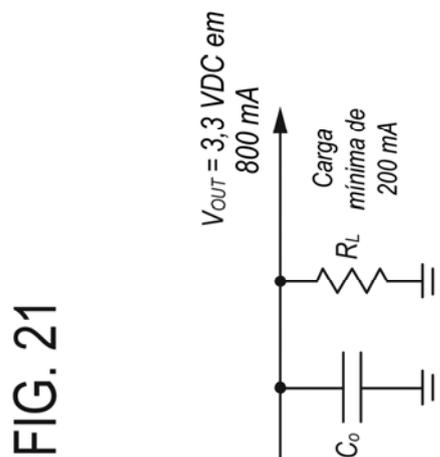
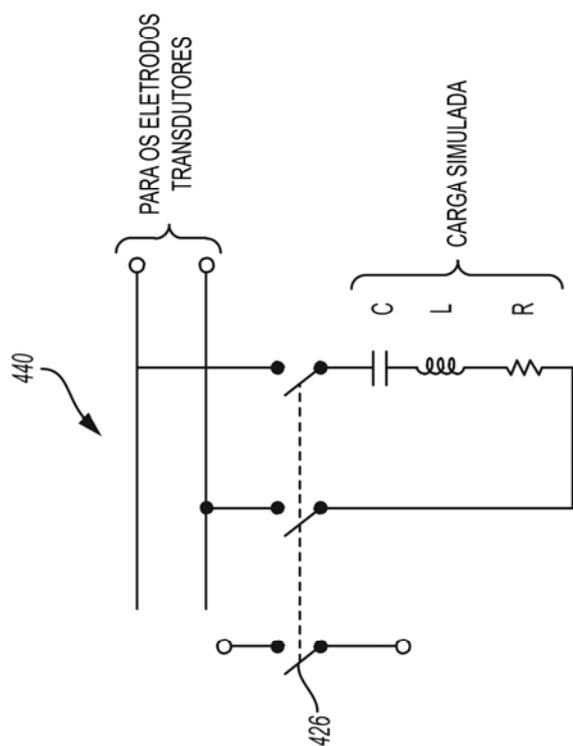
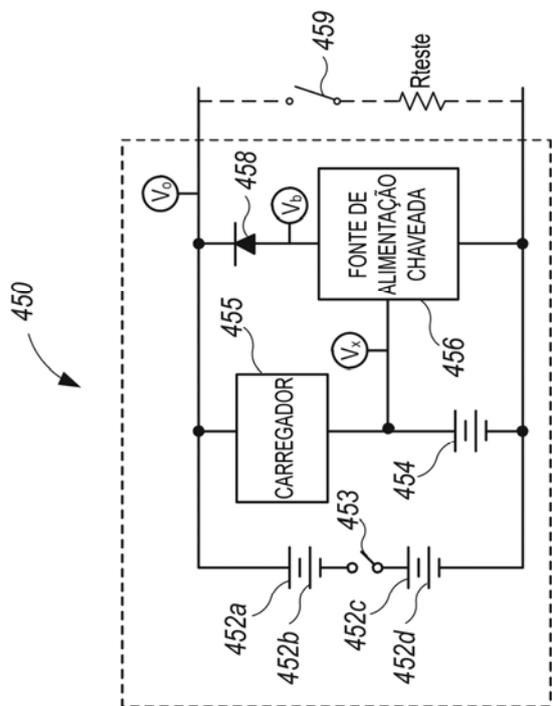


FIG. 21

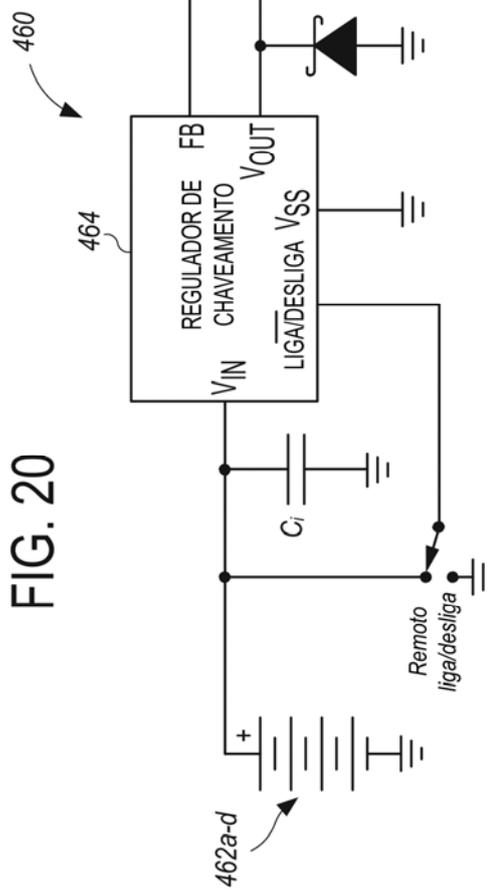


FIG. 20

FIG. 22

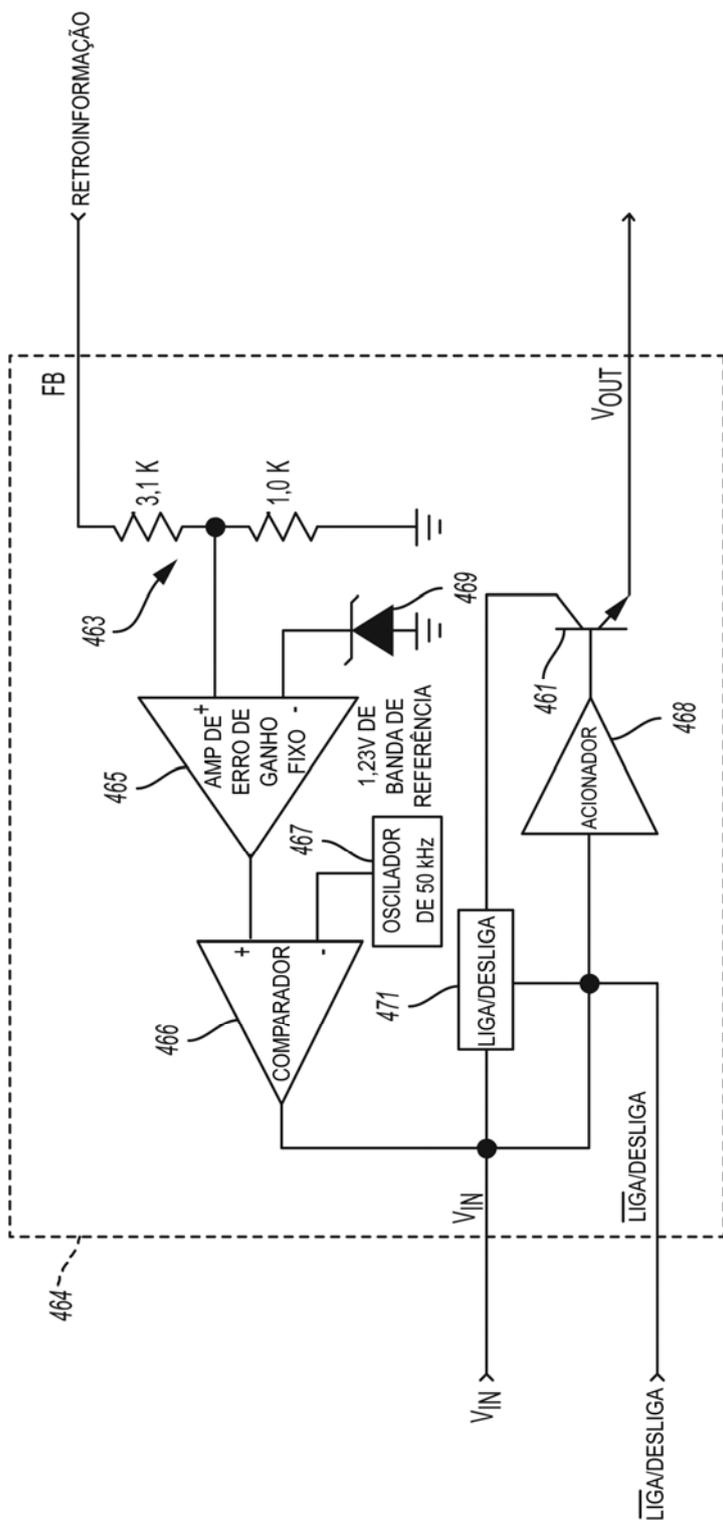


FIG. 23

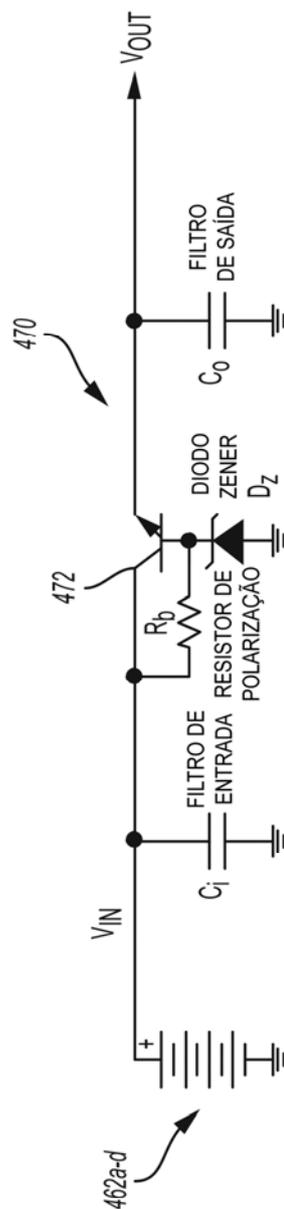


FIG. 24

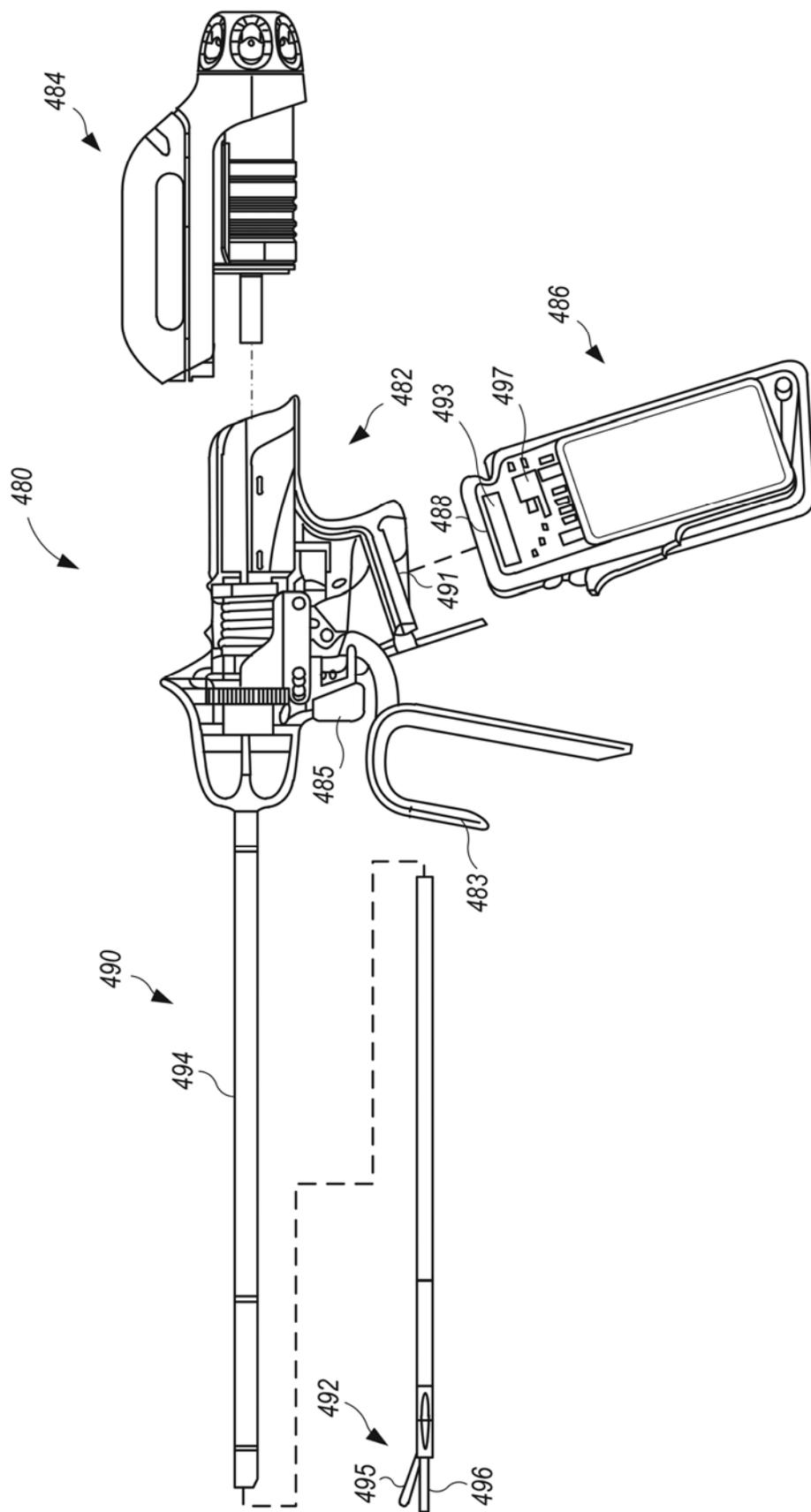


FIG. 25

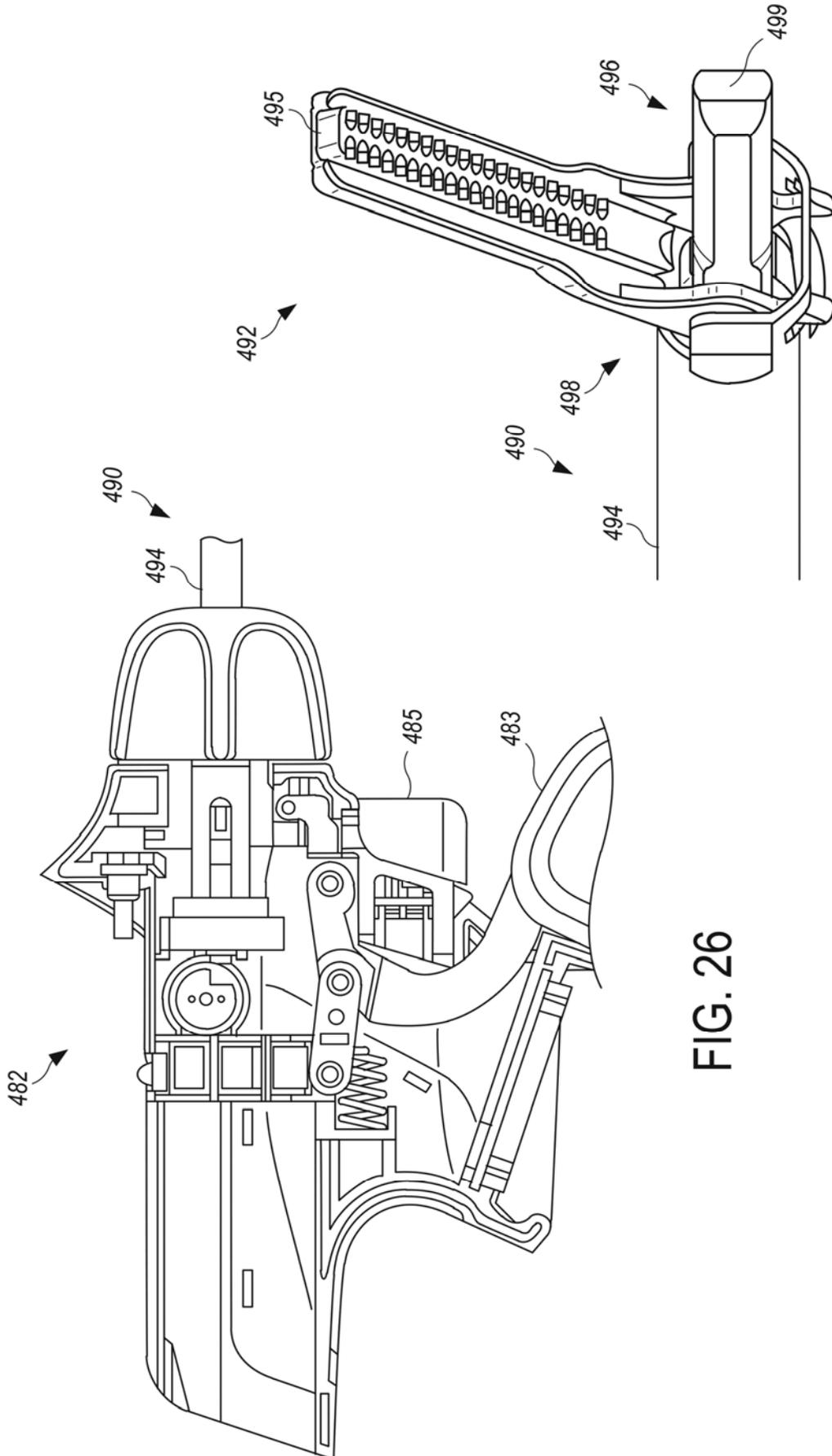


FIG. 26

FIG. 27

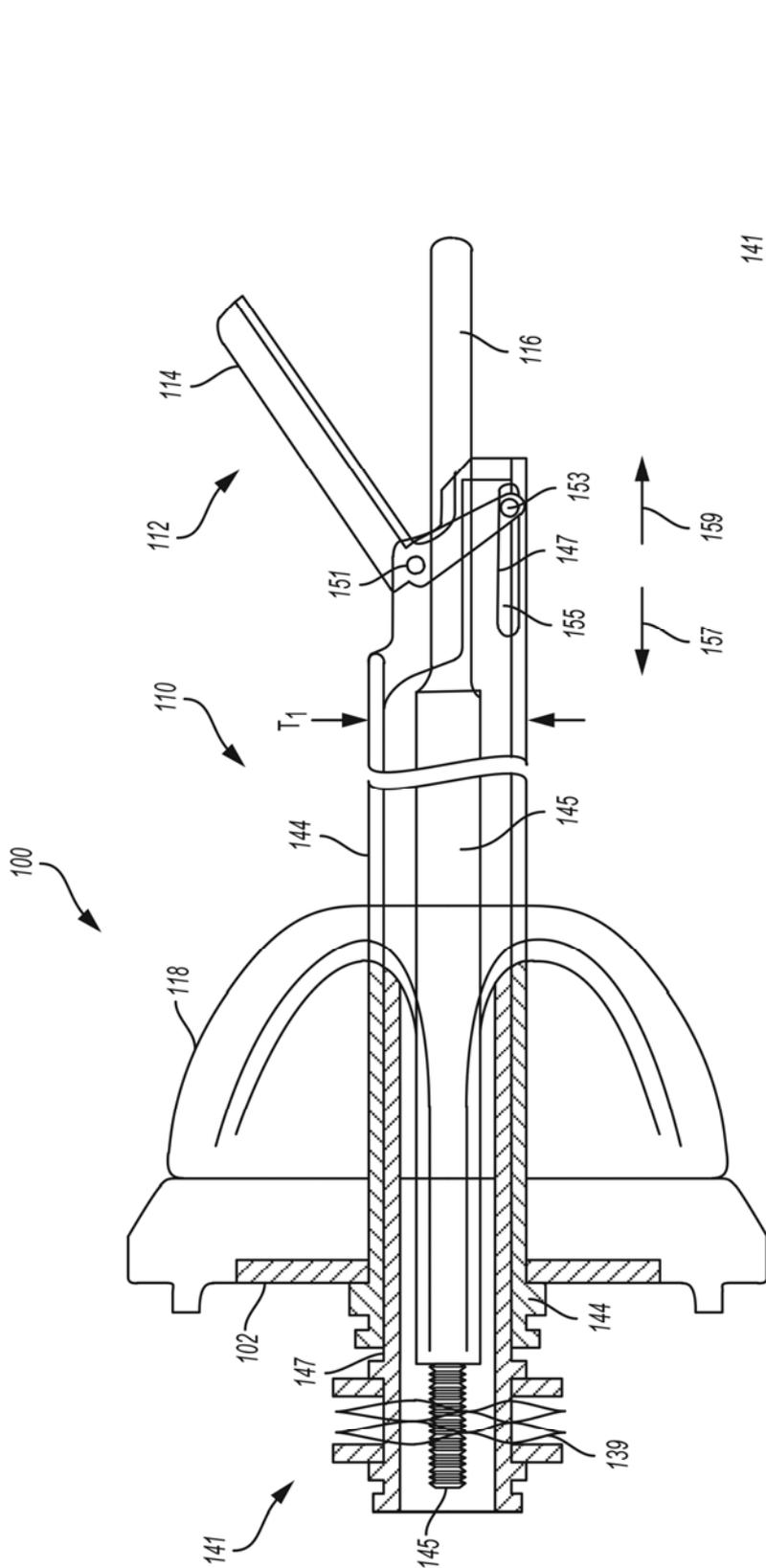


FIG. 28

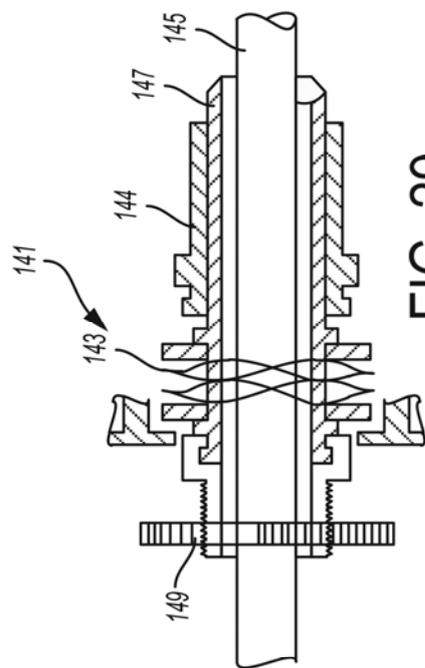


FIG. 29

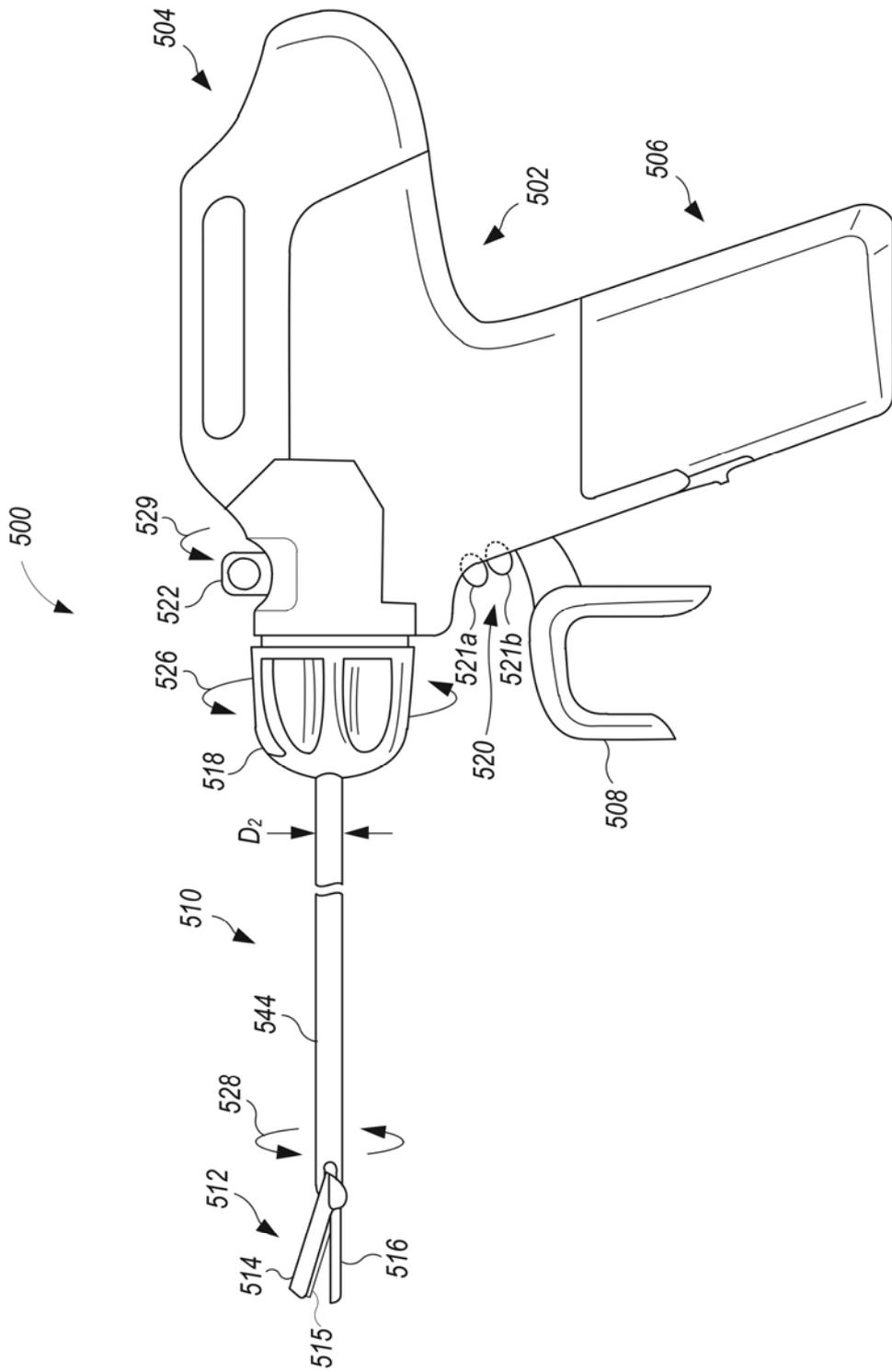


FIG. 30

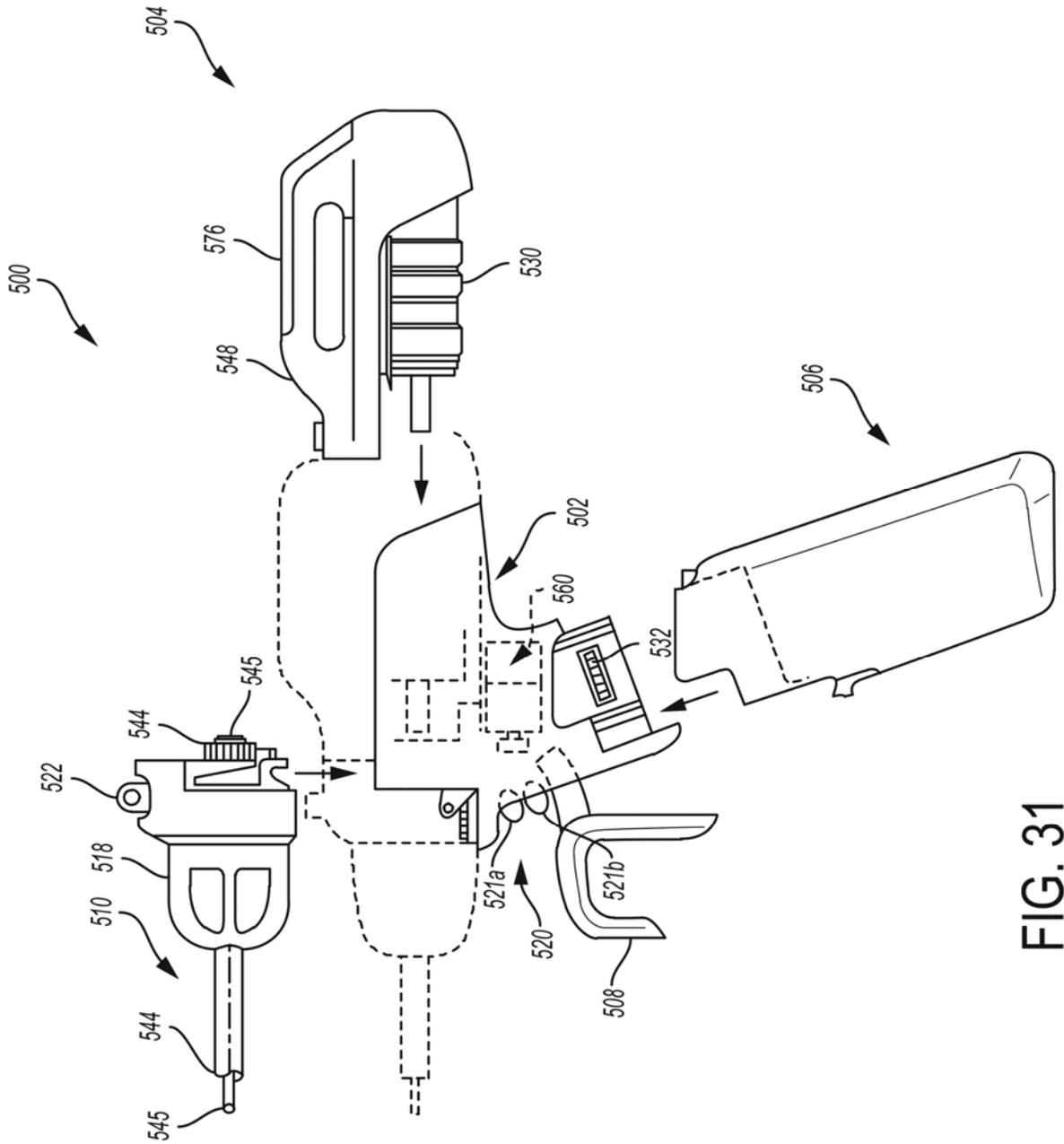


FIG. 31

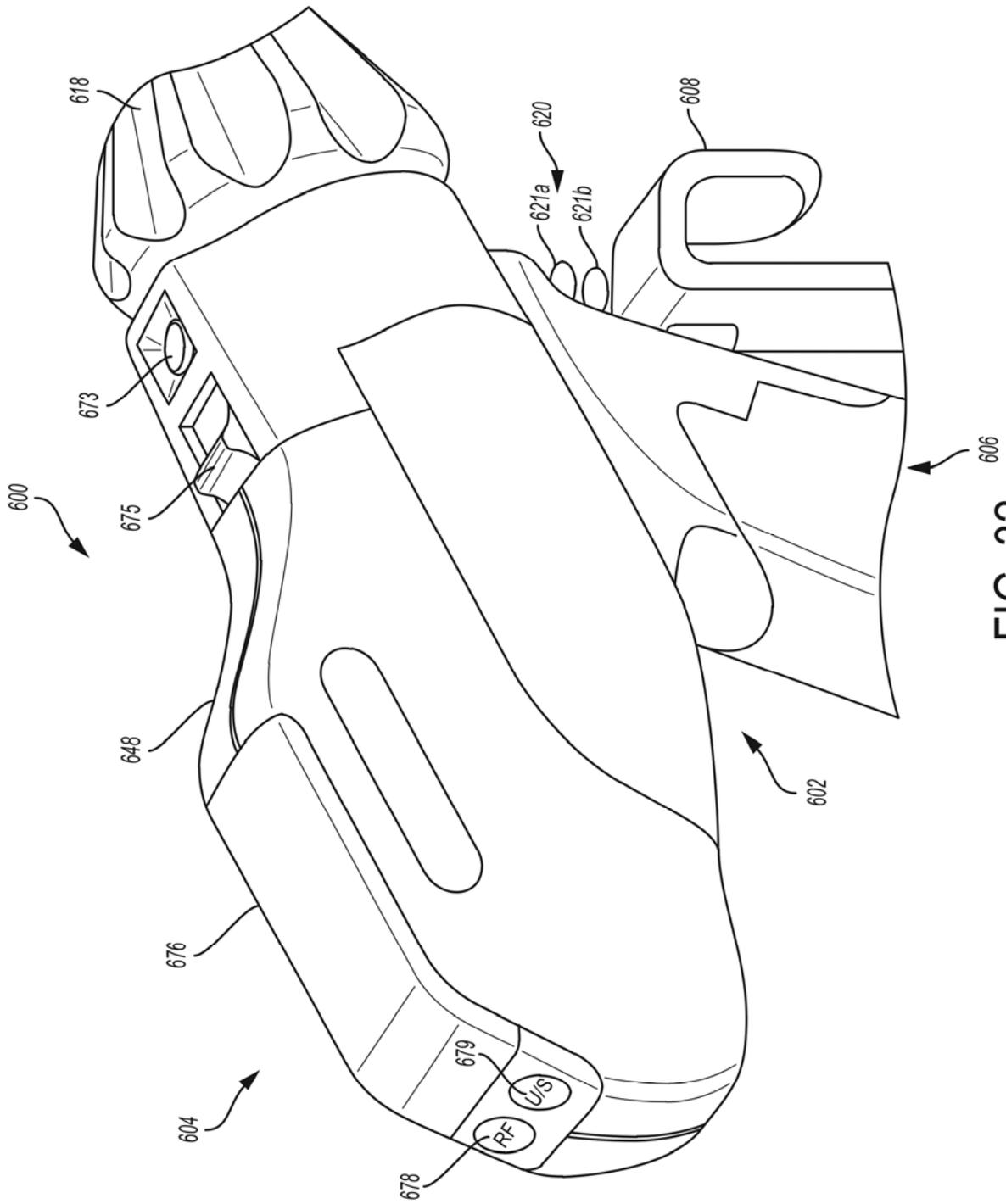


FIG. 32

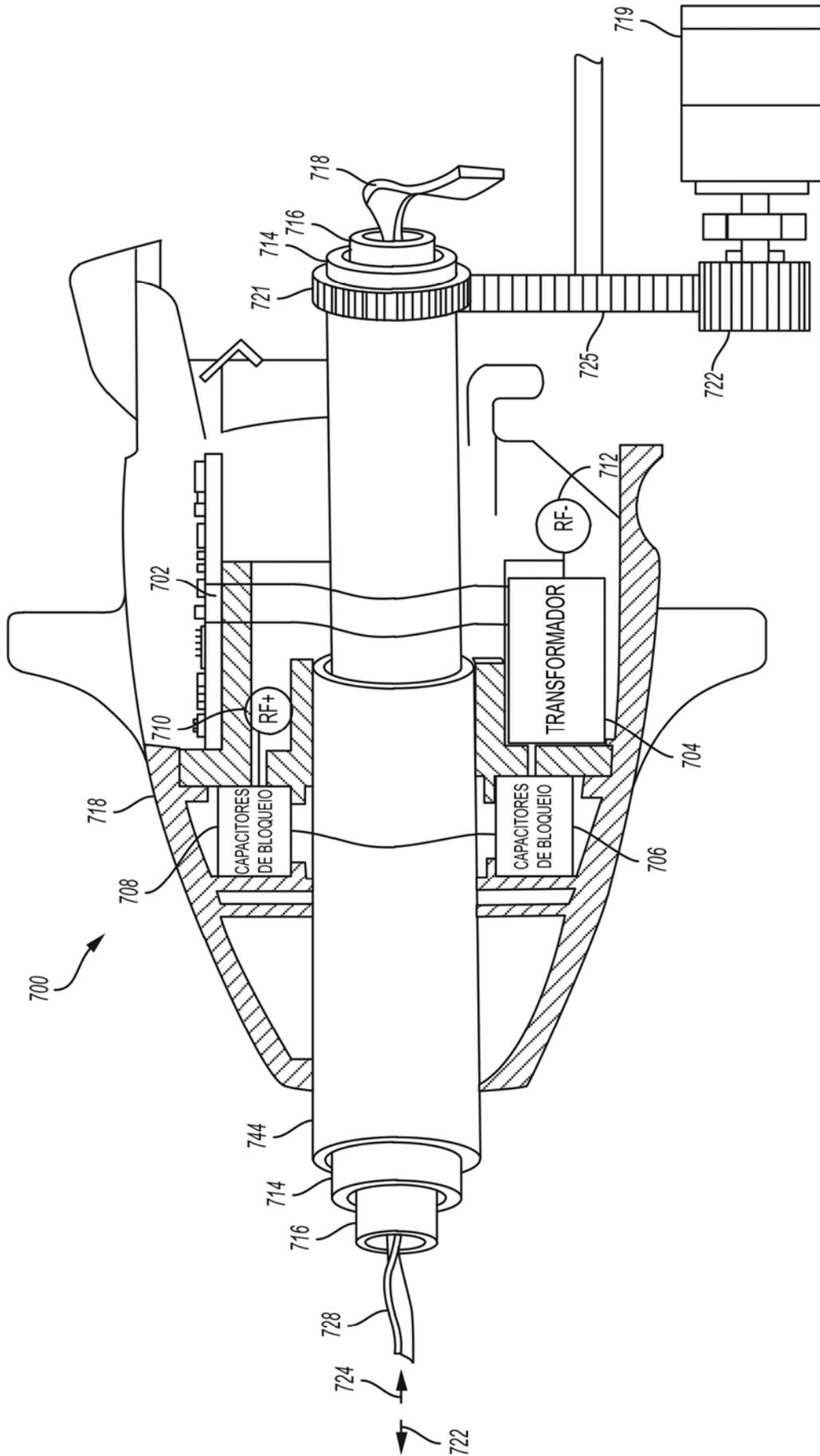


FIG. 33

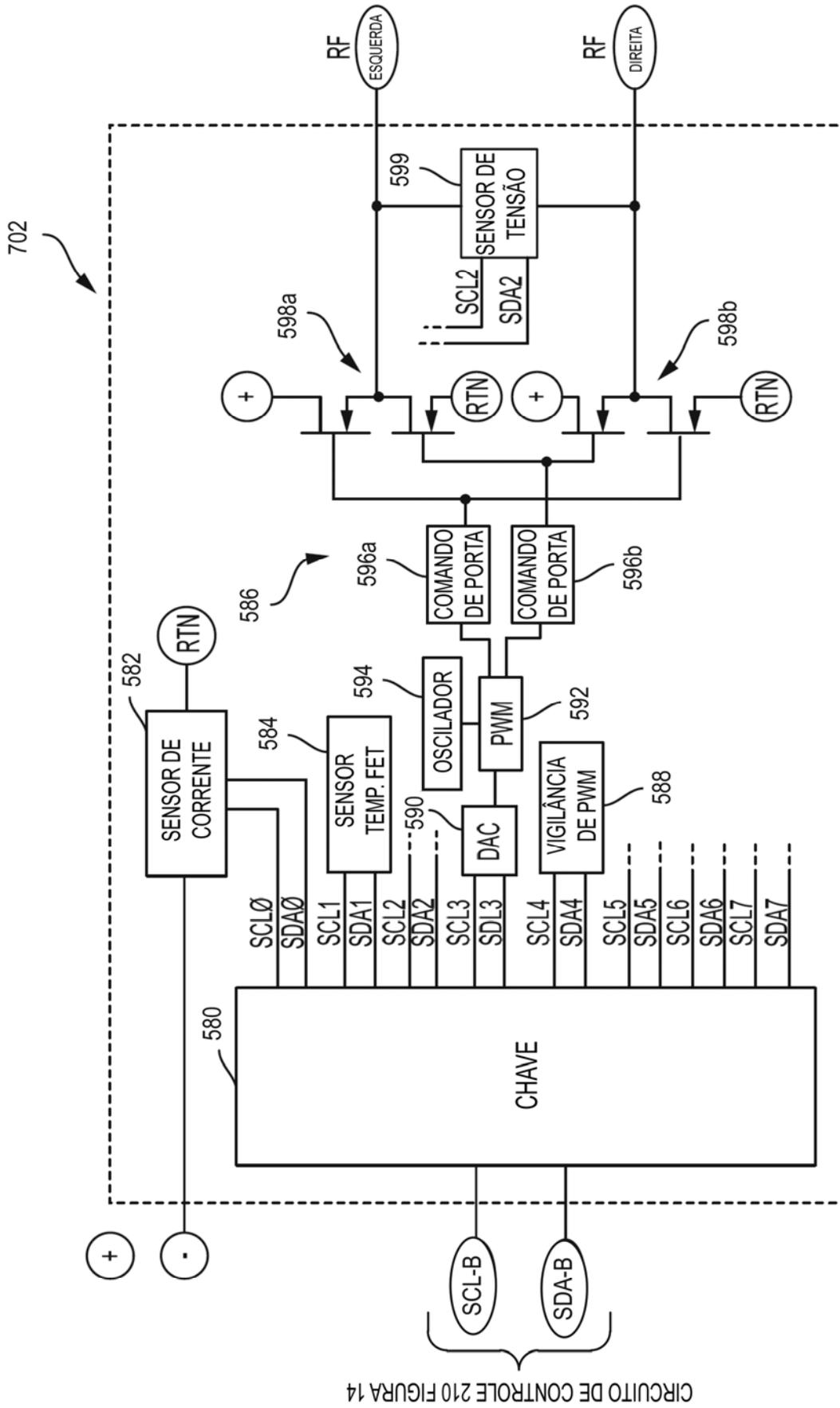


FIG. 34

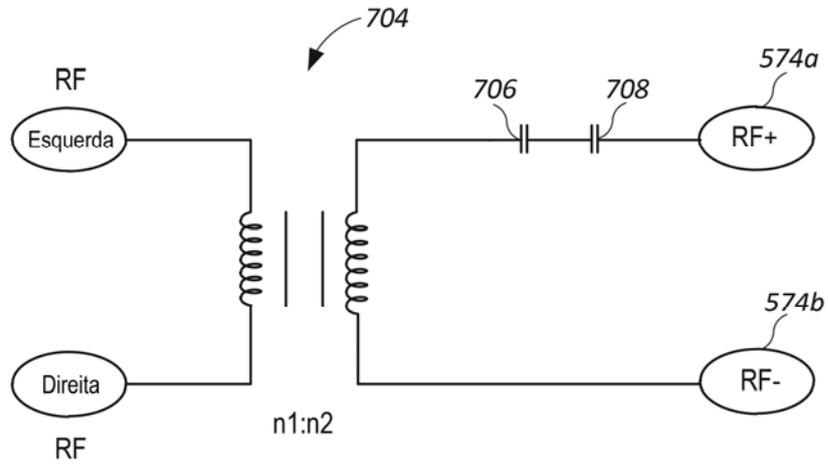


FIG. 35

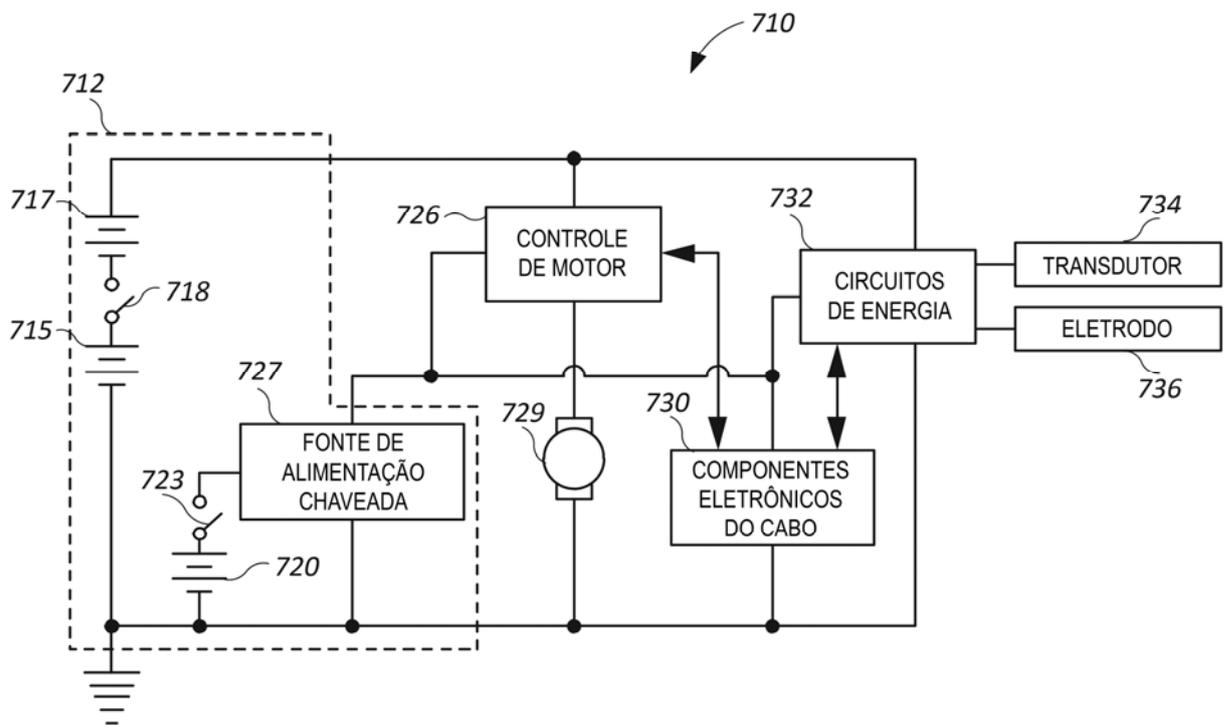


FIG. 36

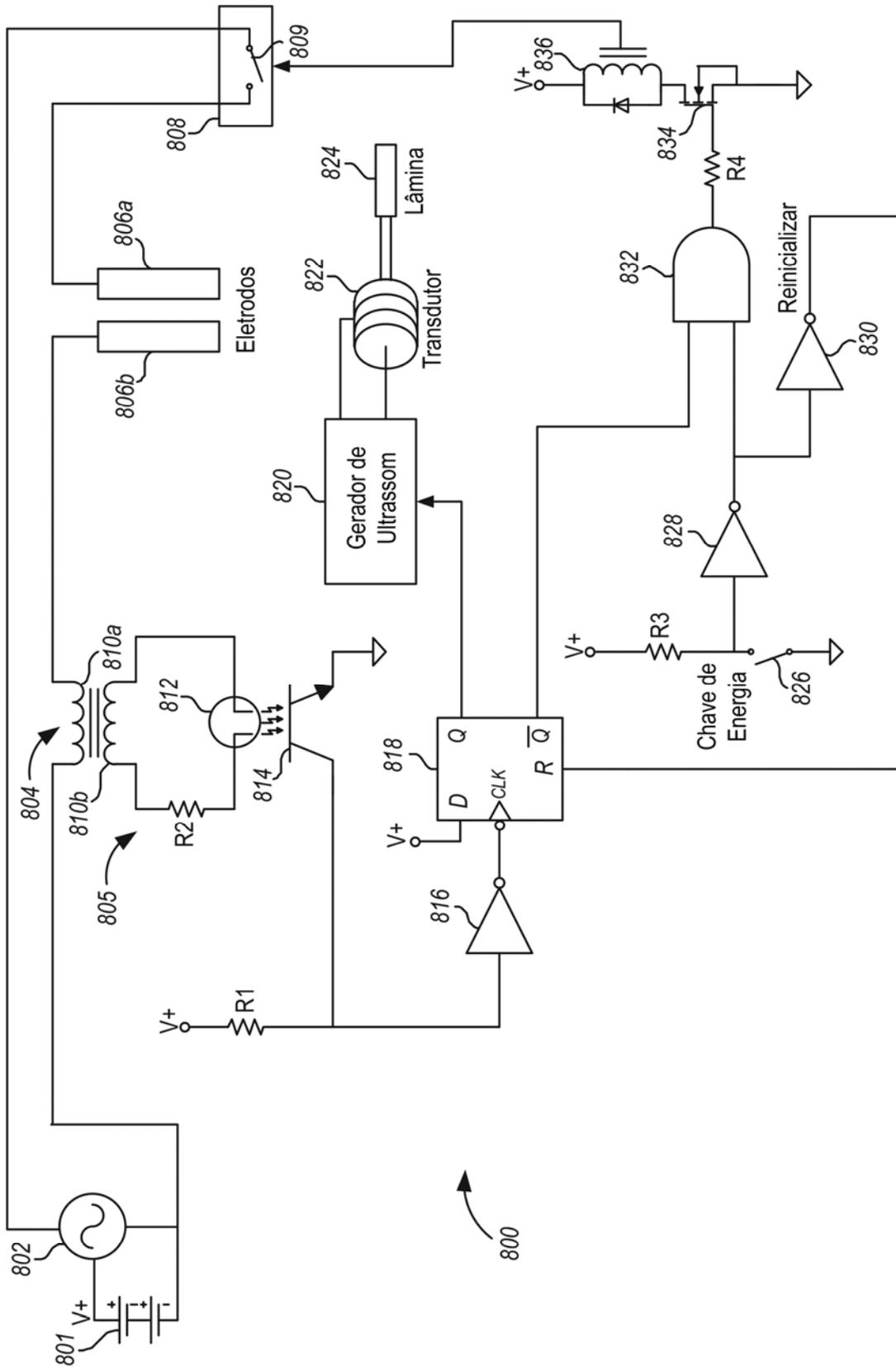


FIG. 37

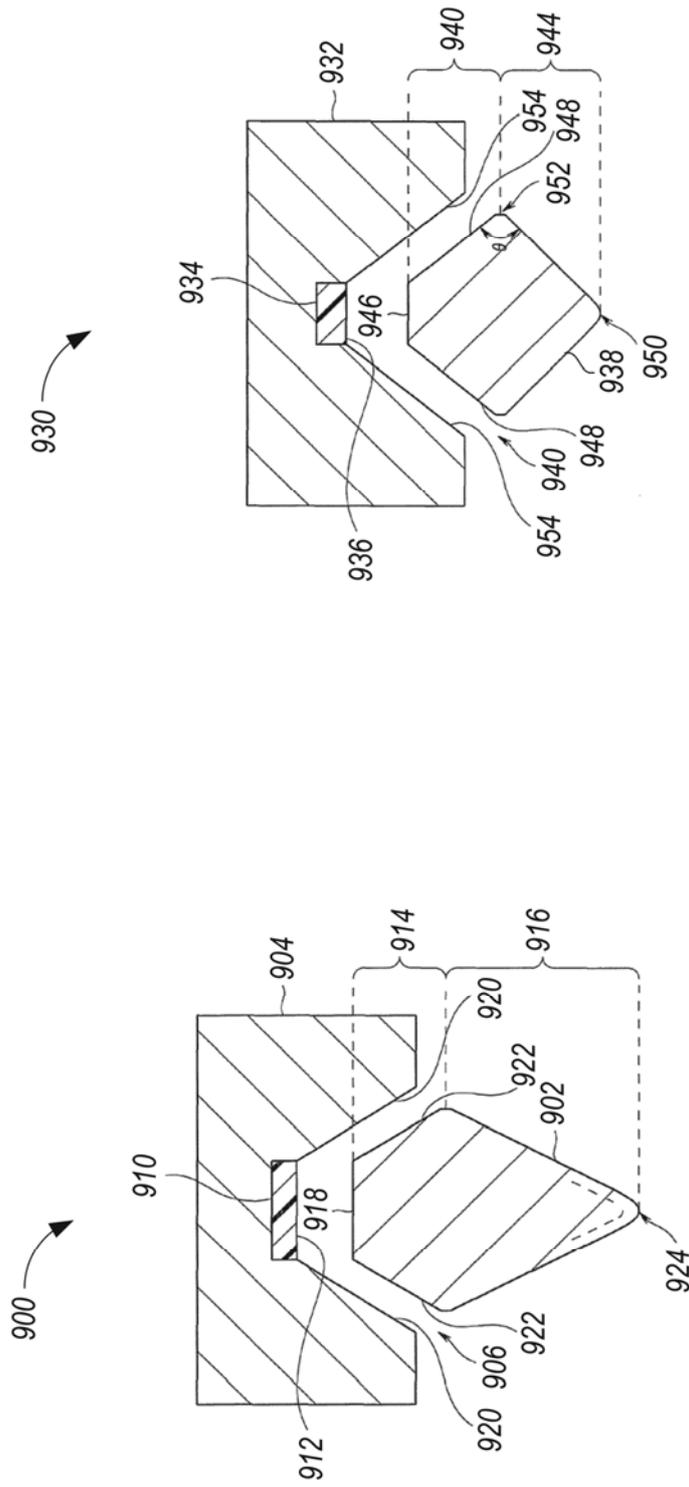


FIG. 39

FIG. 38

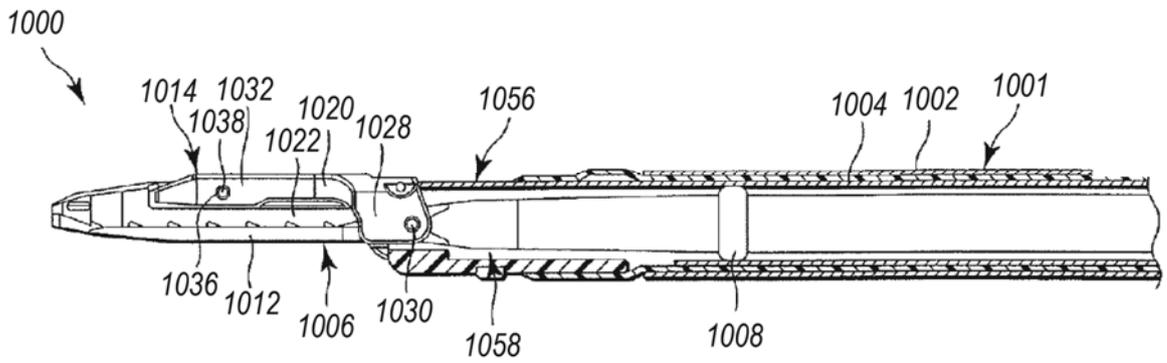


FIG. 40

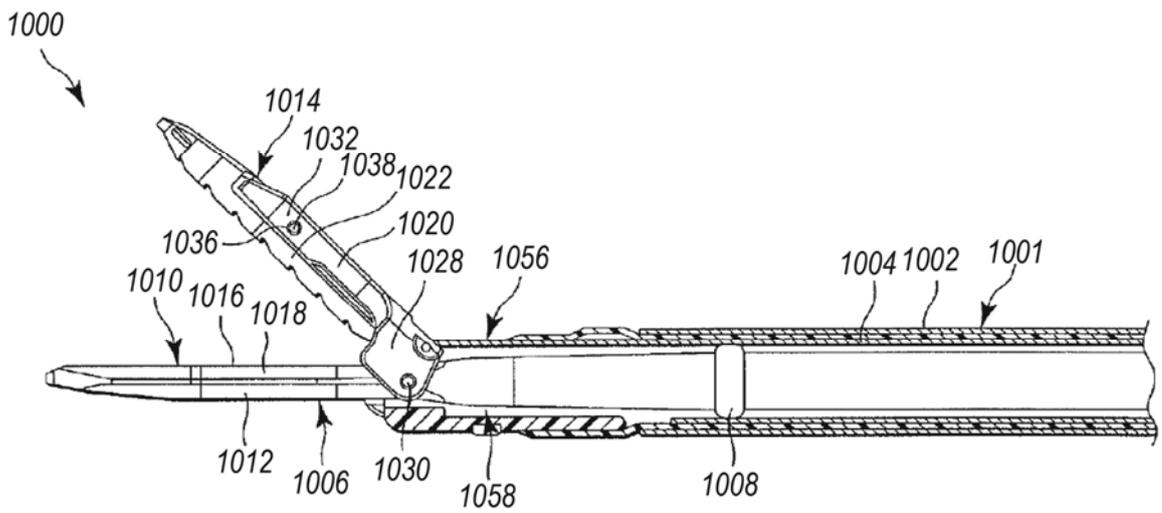


FIG. 41

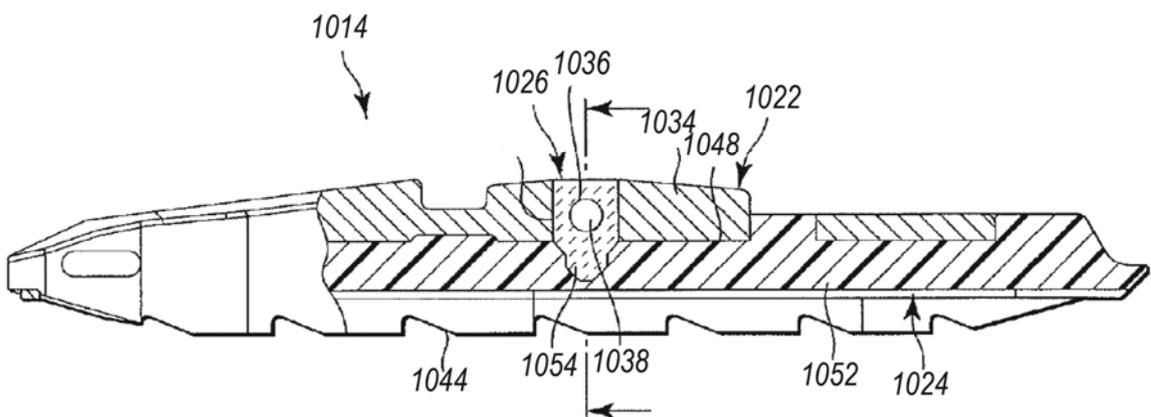


FIG. 42

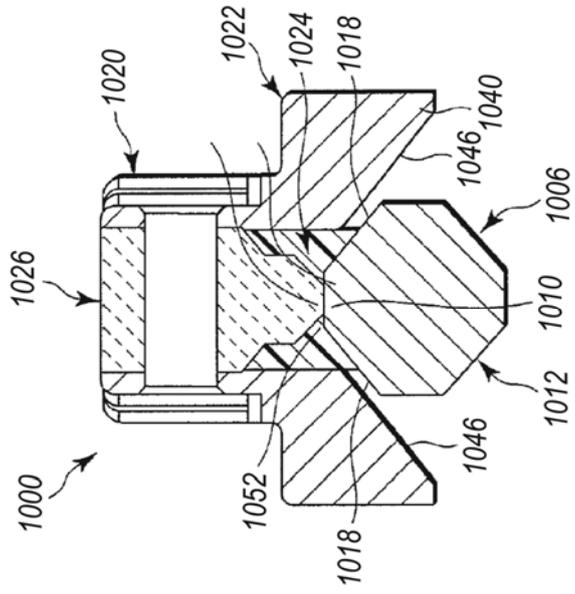


FIG. 44

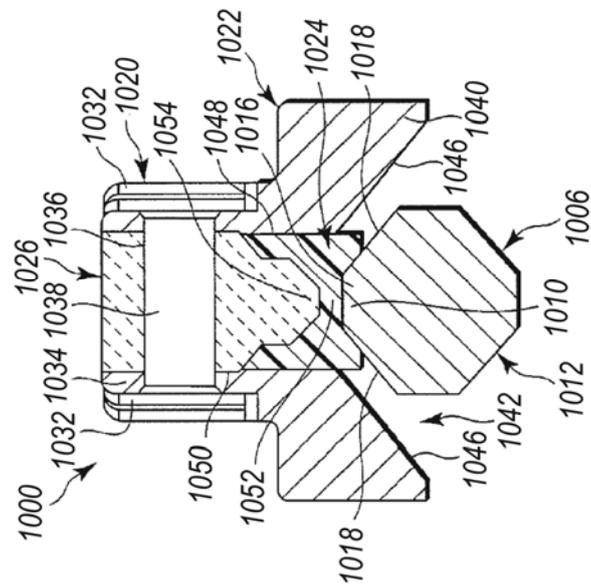


FIG. 43

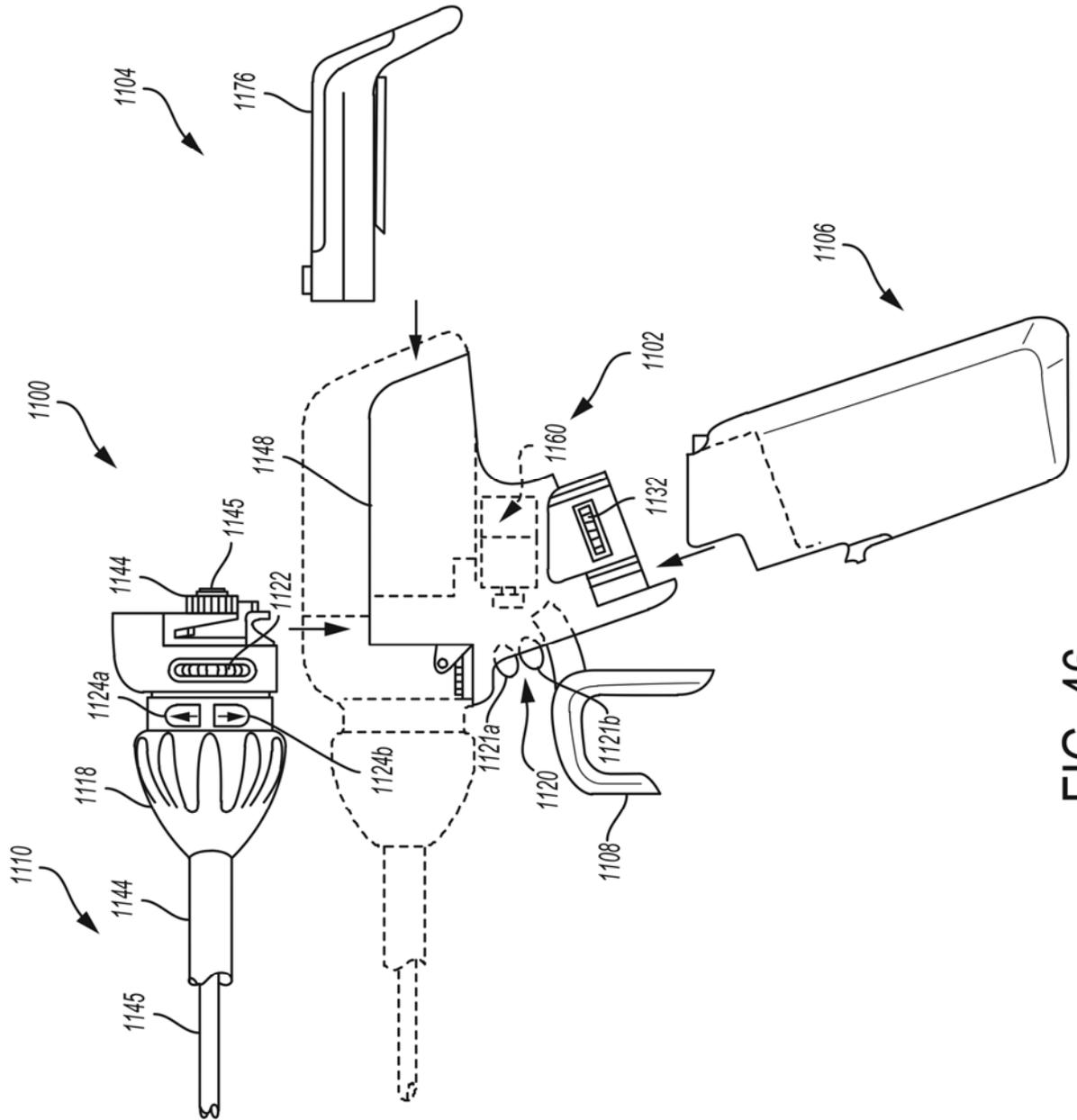


FIG. 46

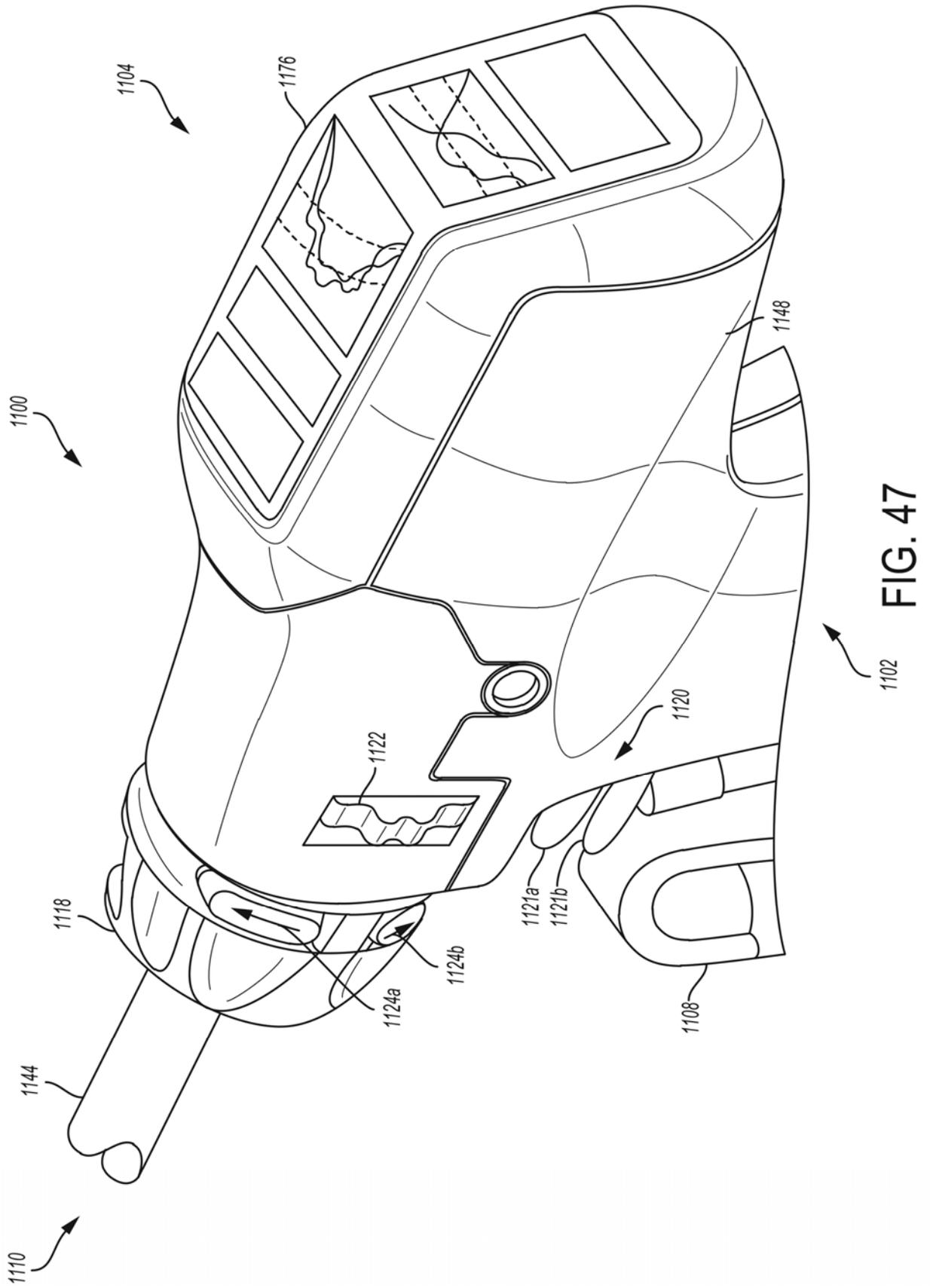


FIG. 47

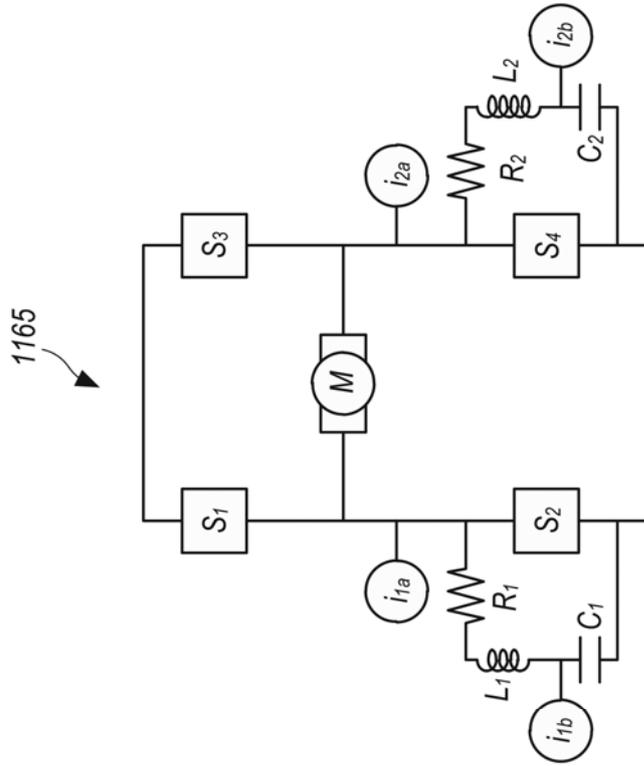


FIG. 50

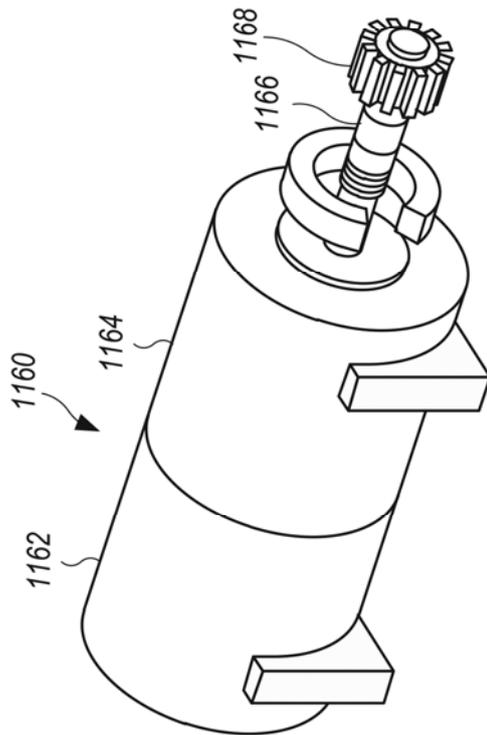


FIG. 49

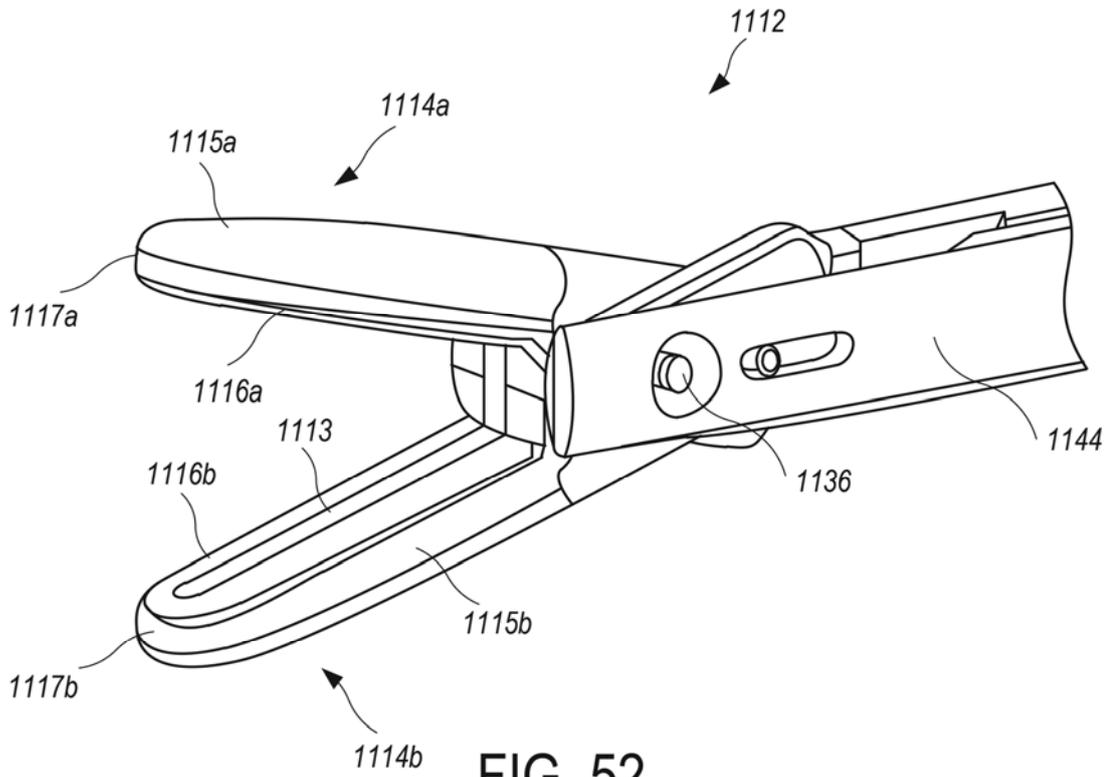


FIG. 52

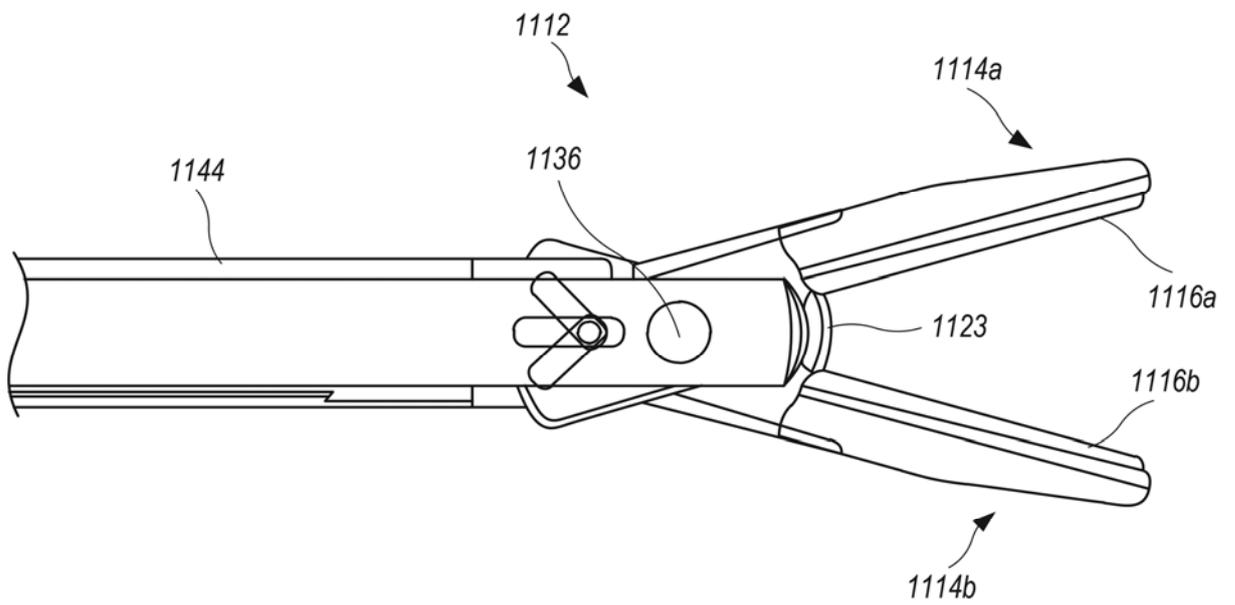


FIG. 53

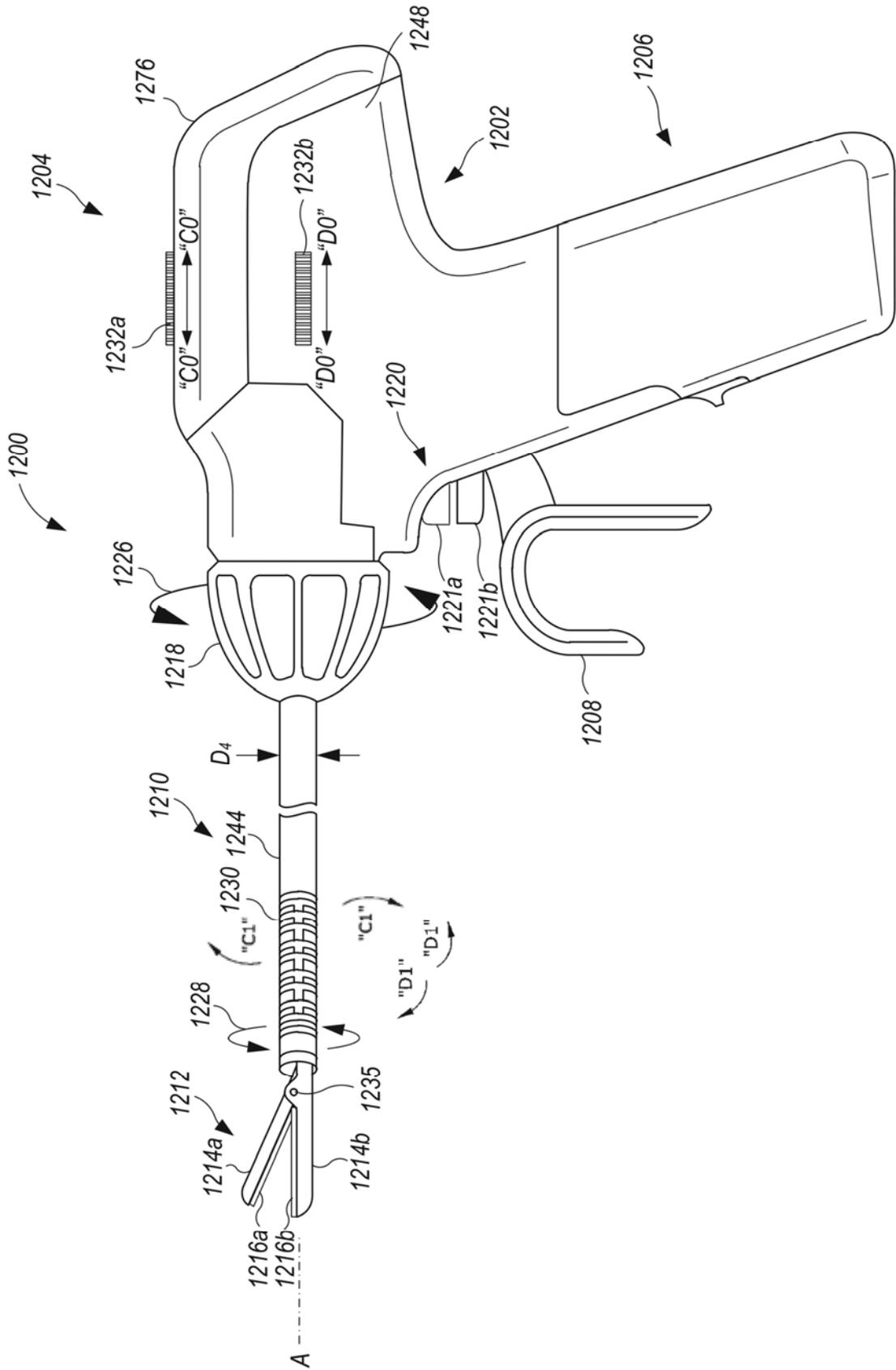


FIG. 54

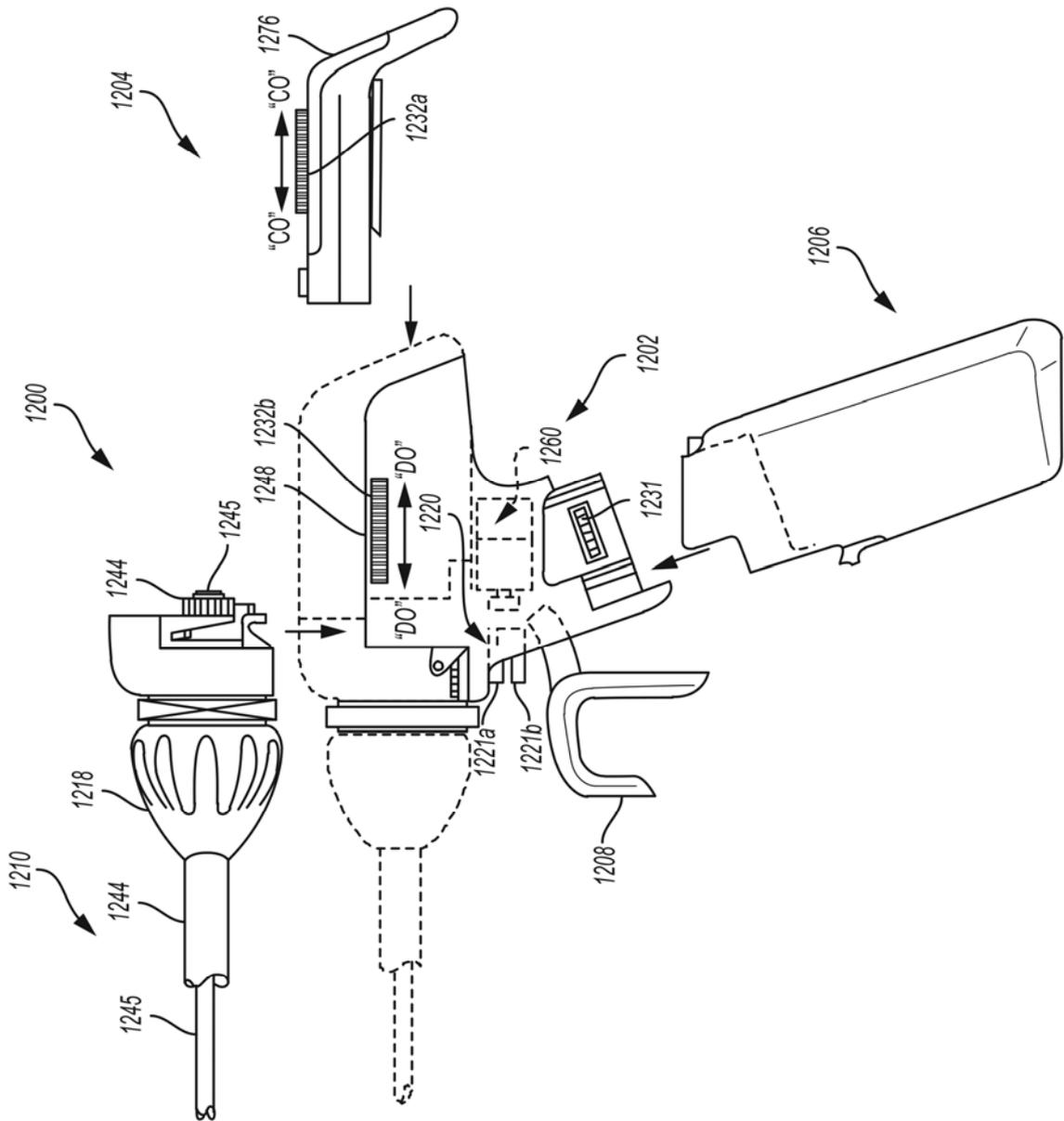


FIG. 55

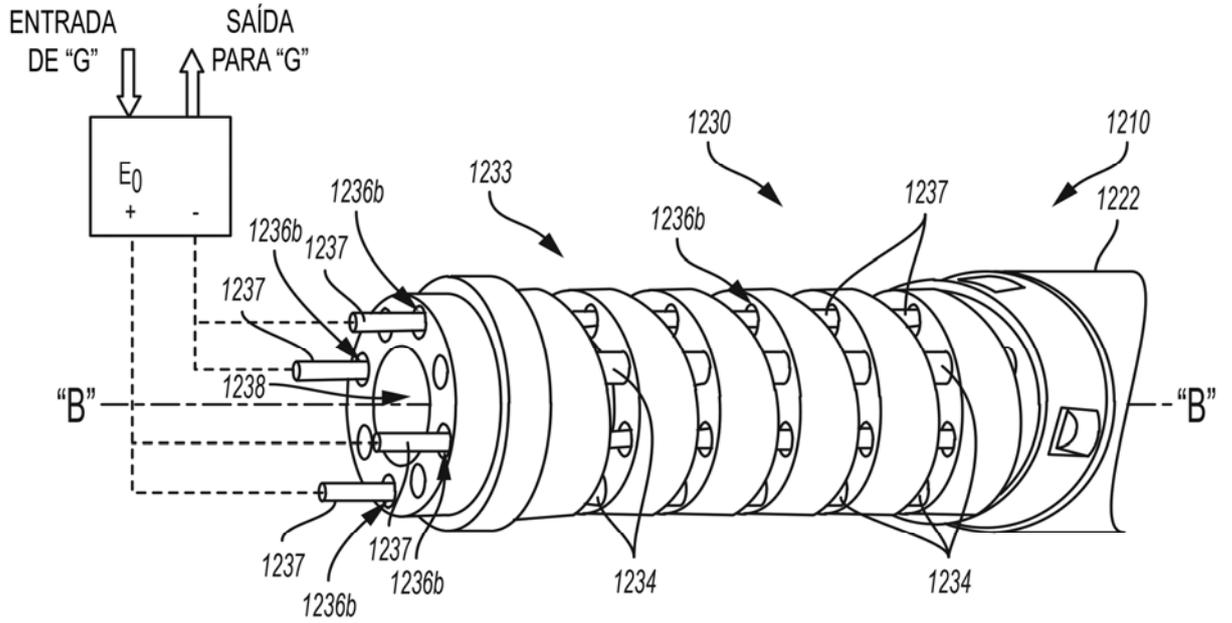


FIG. 56

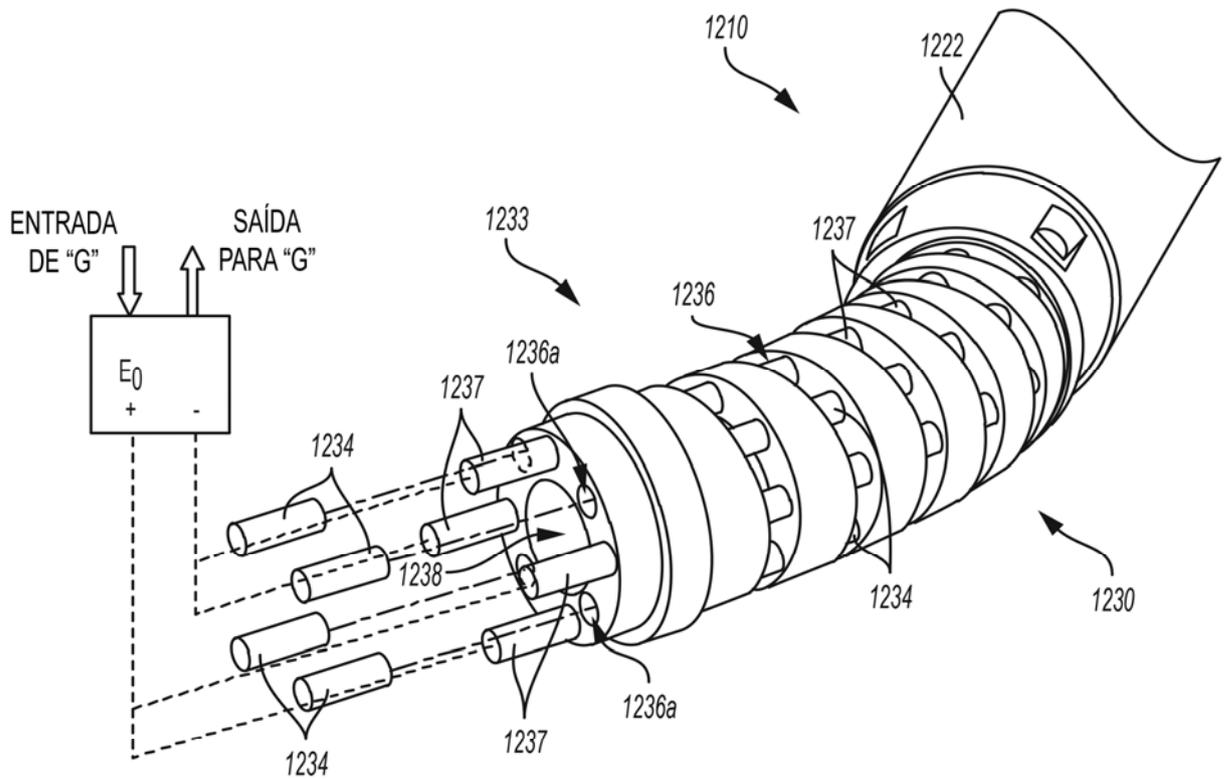


FIG. 57

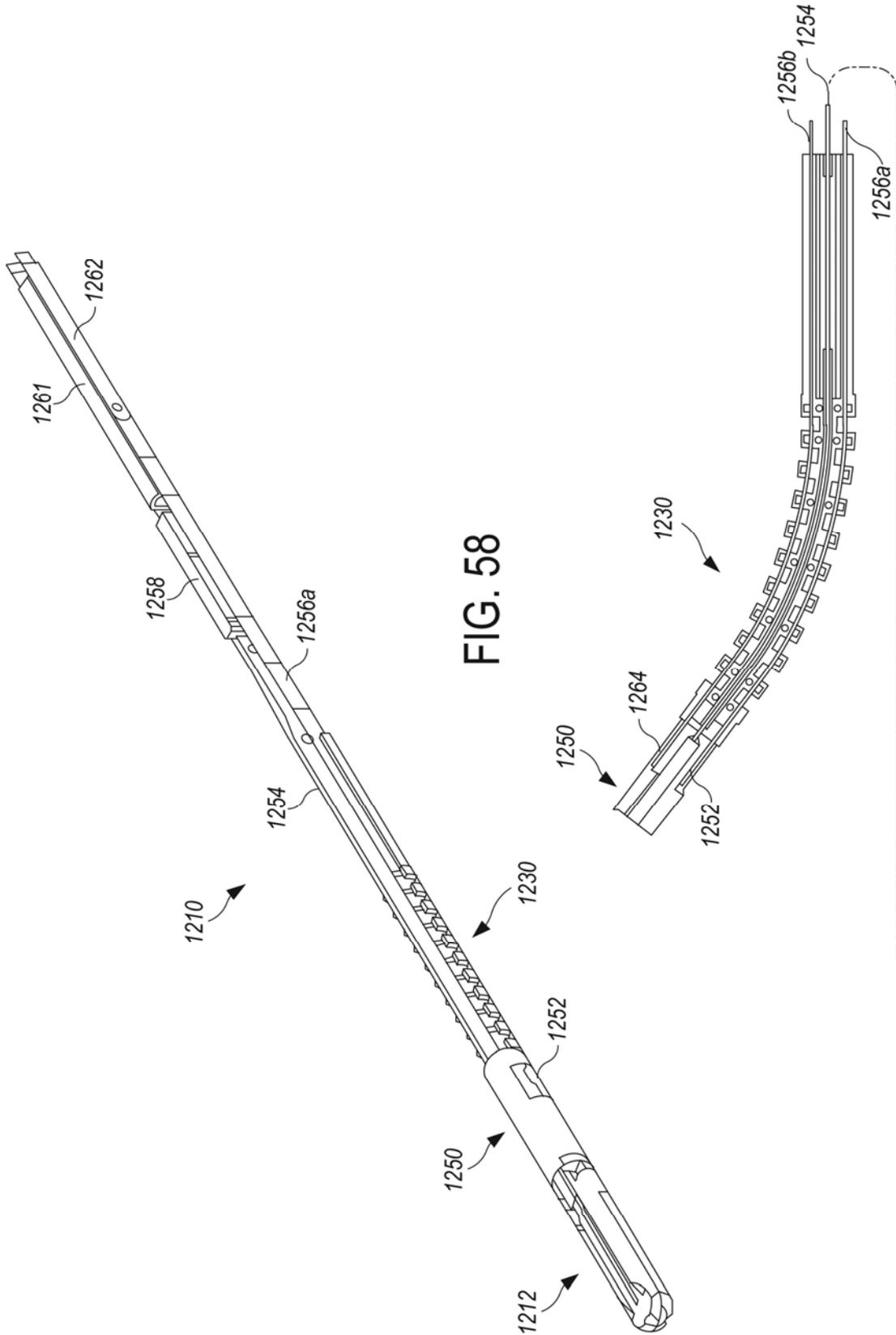


FIG. 58

FIG. 59

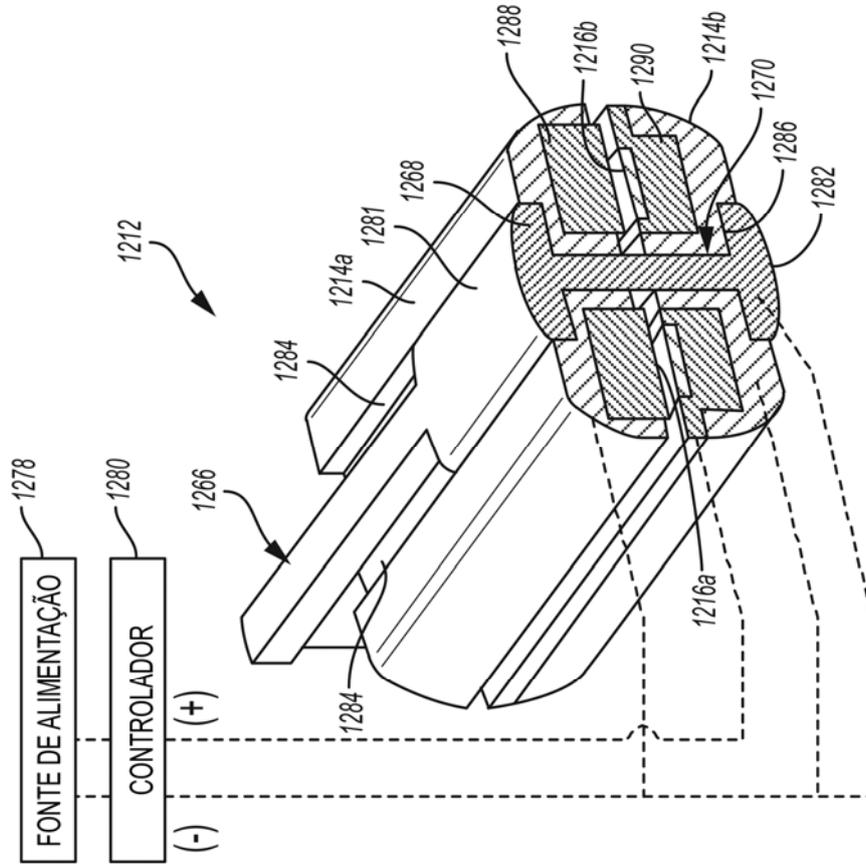


FIG. 61

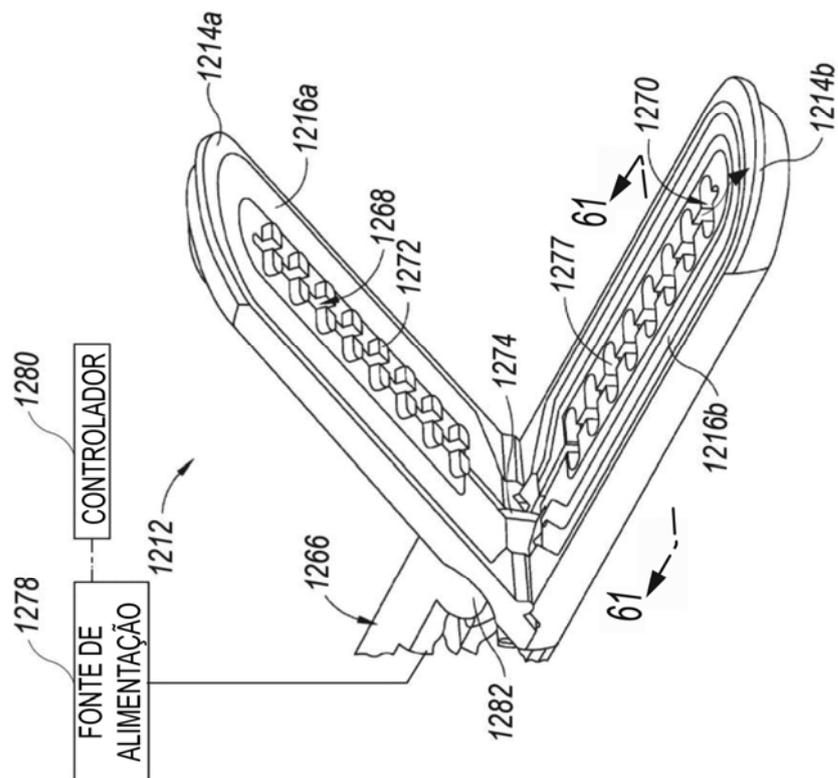


FIG. 60

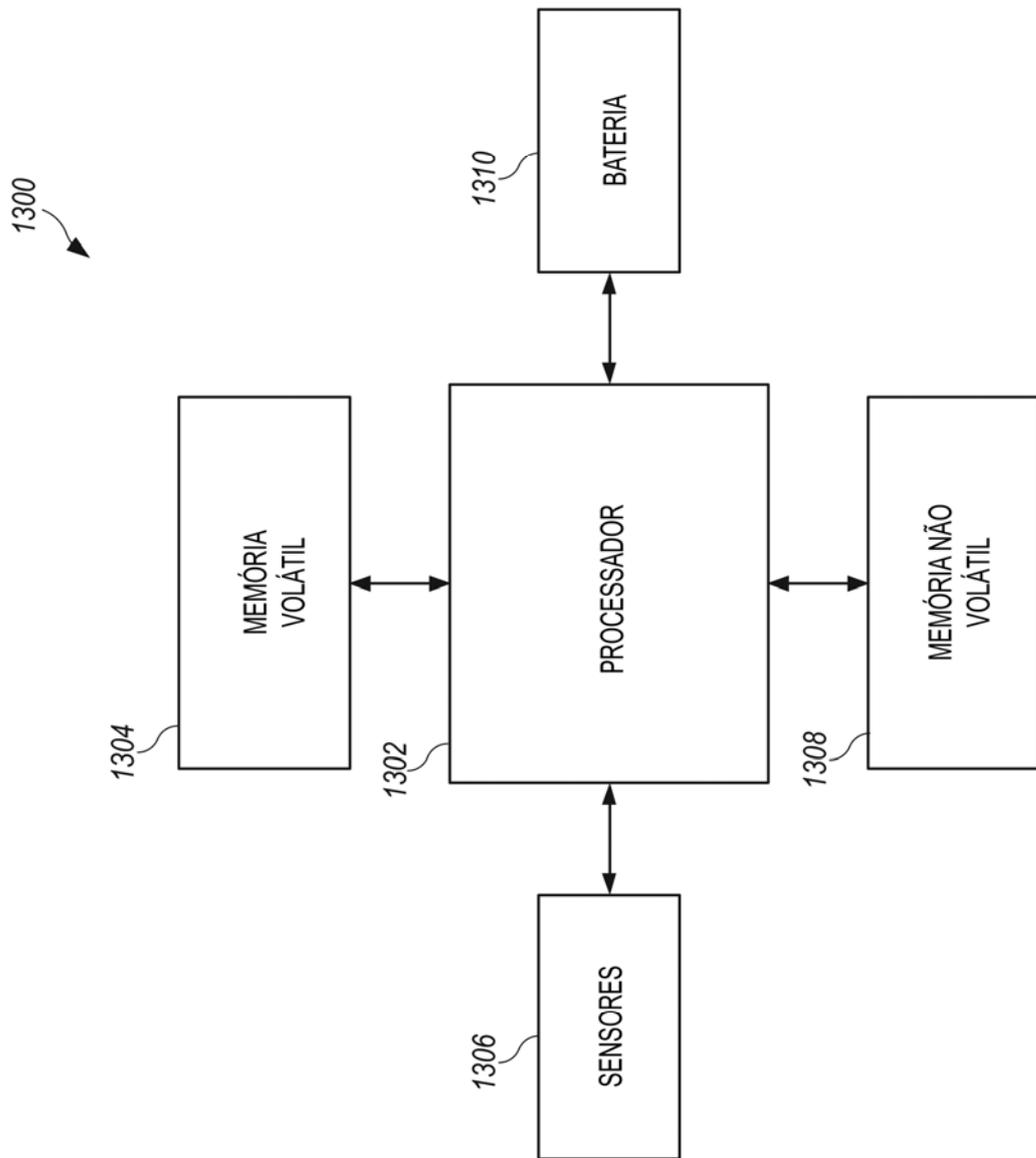


FIG. 62

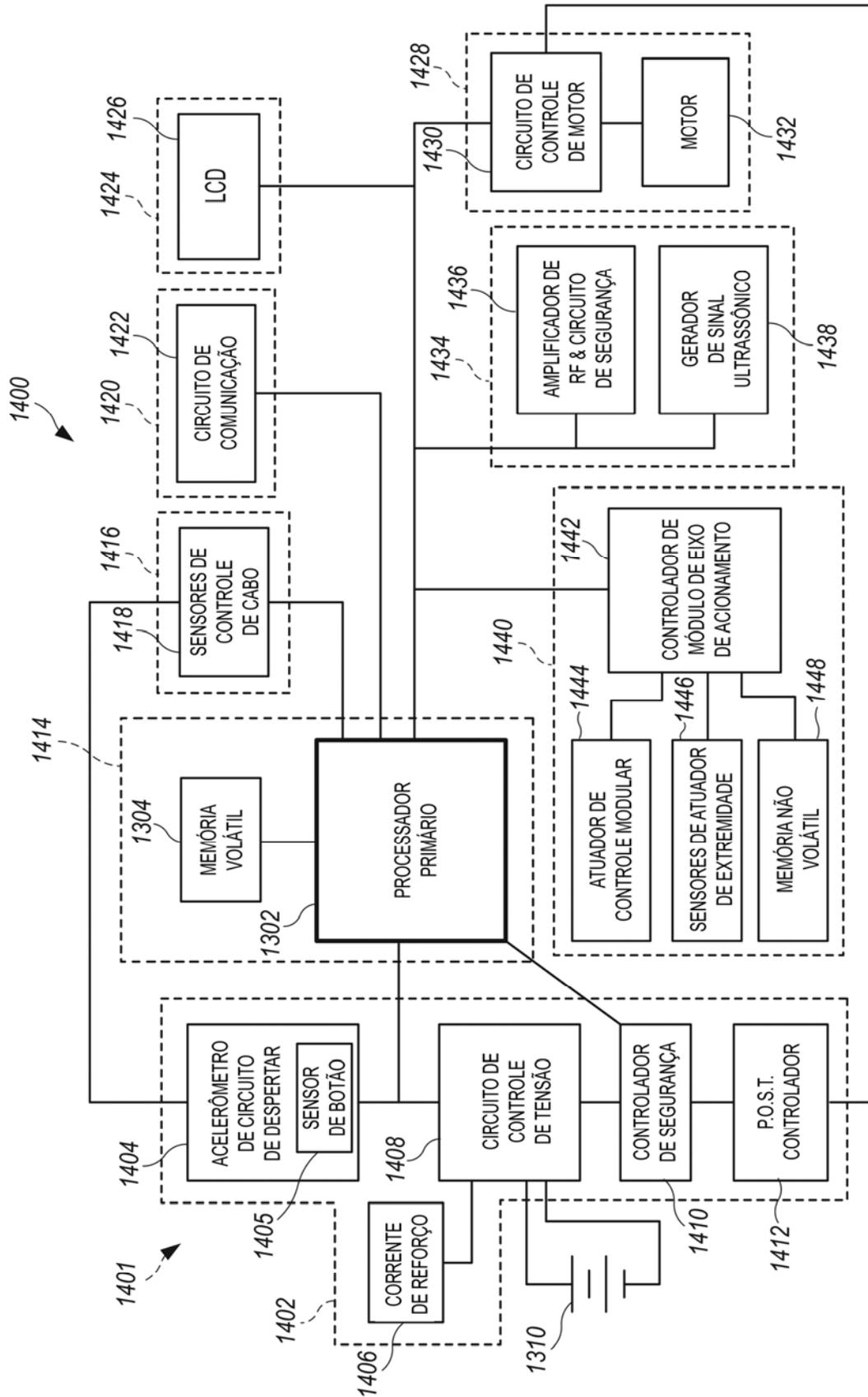


FIG. 63

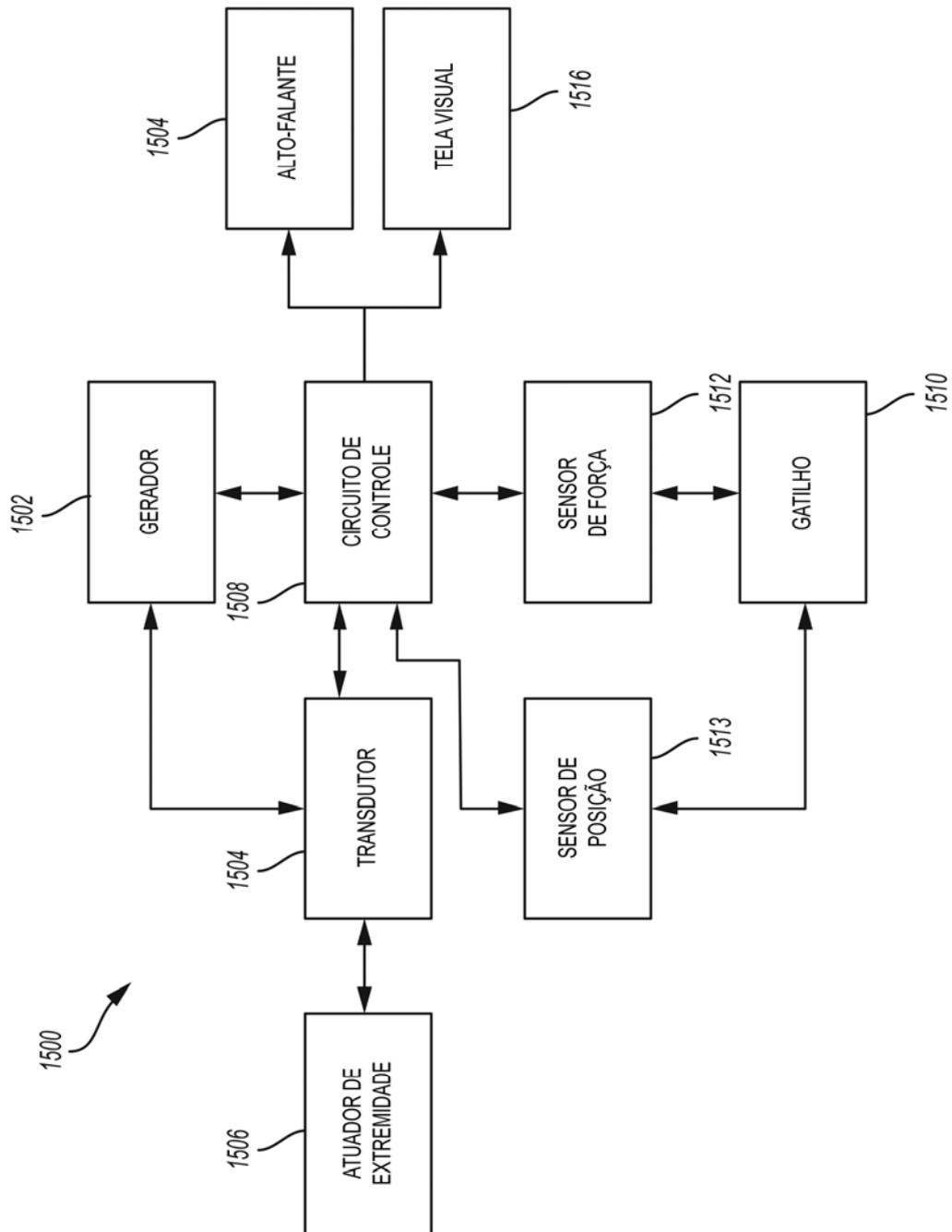


FIG. 64

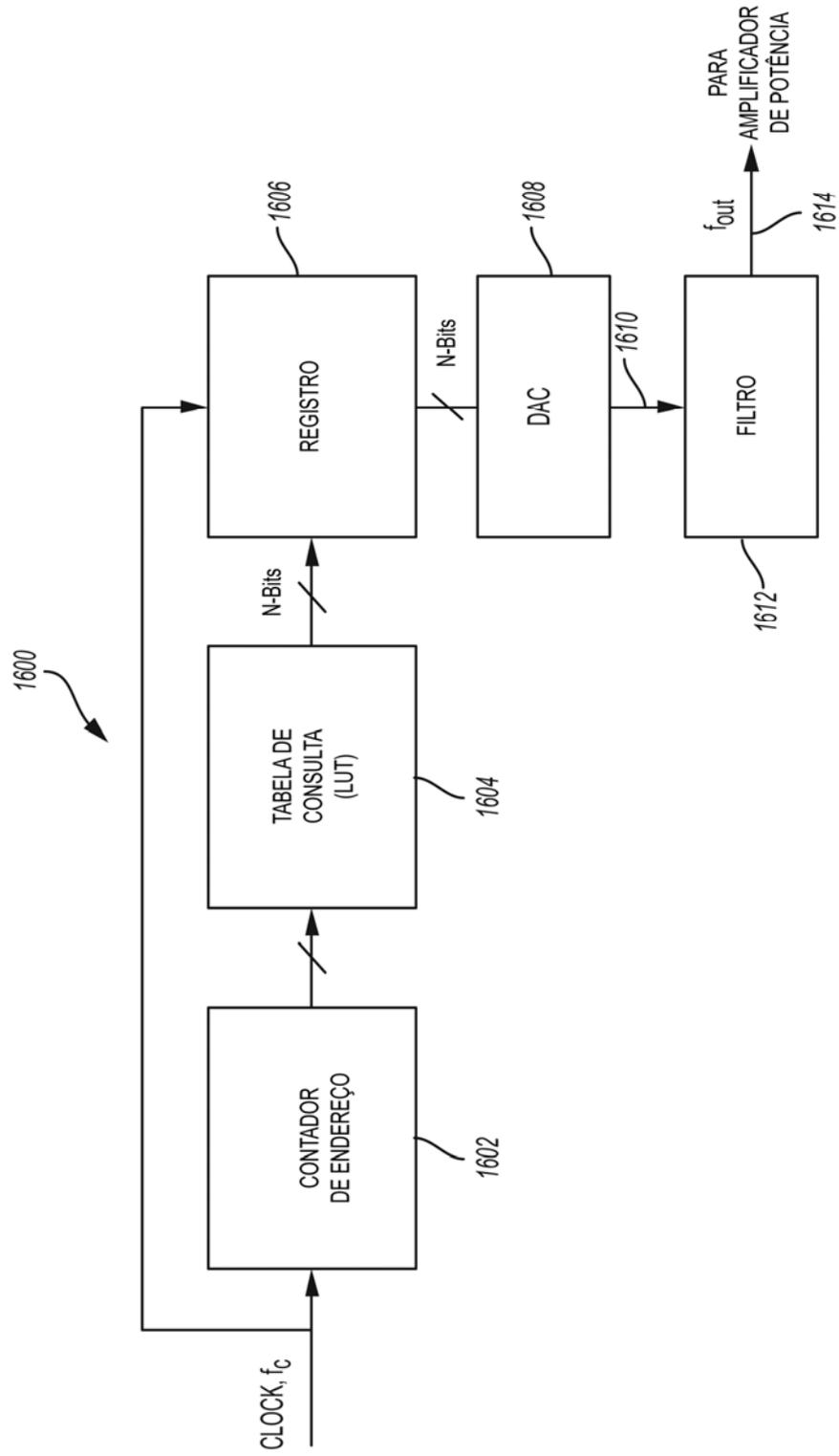


FIG. 65

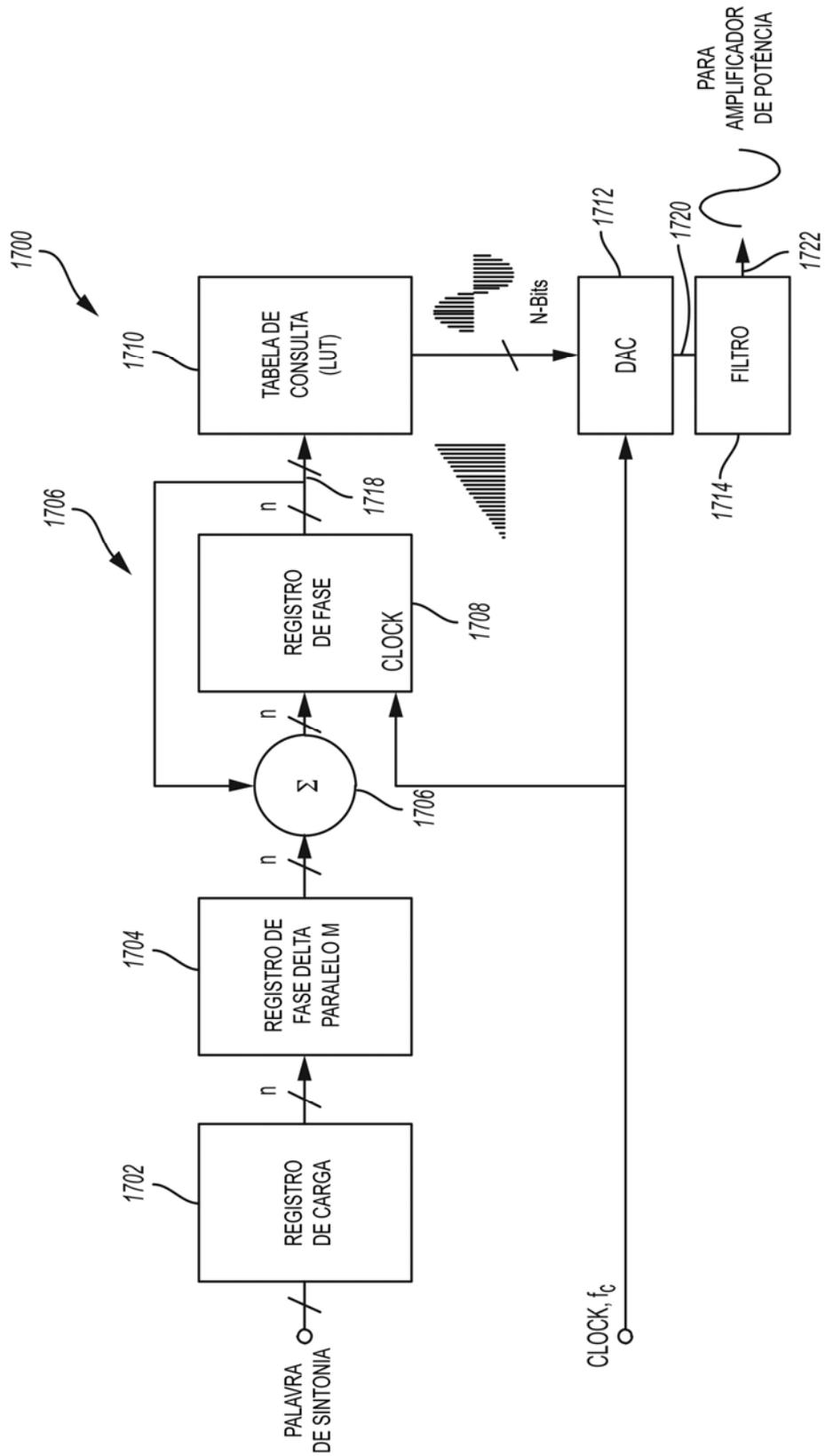


FIG. 66

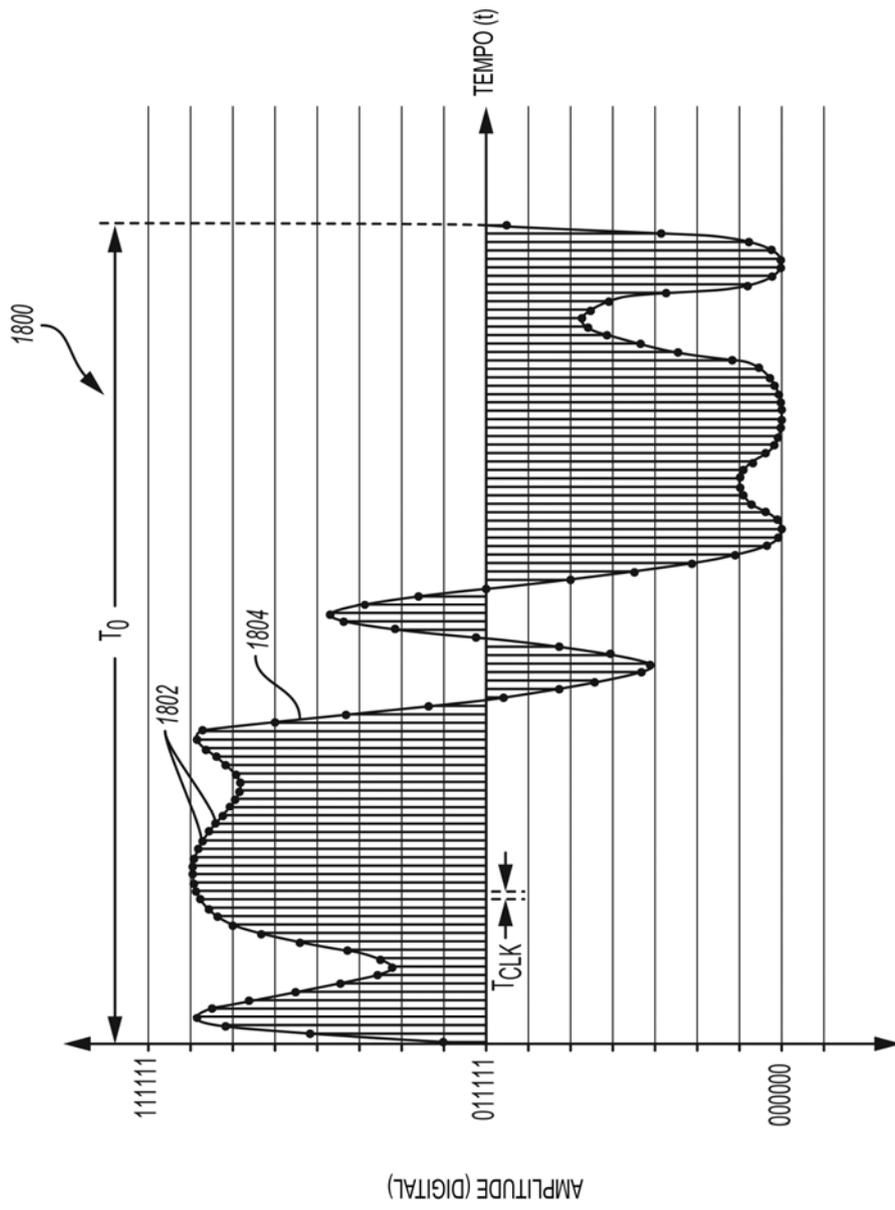


FIG. 67

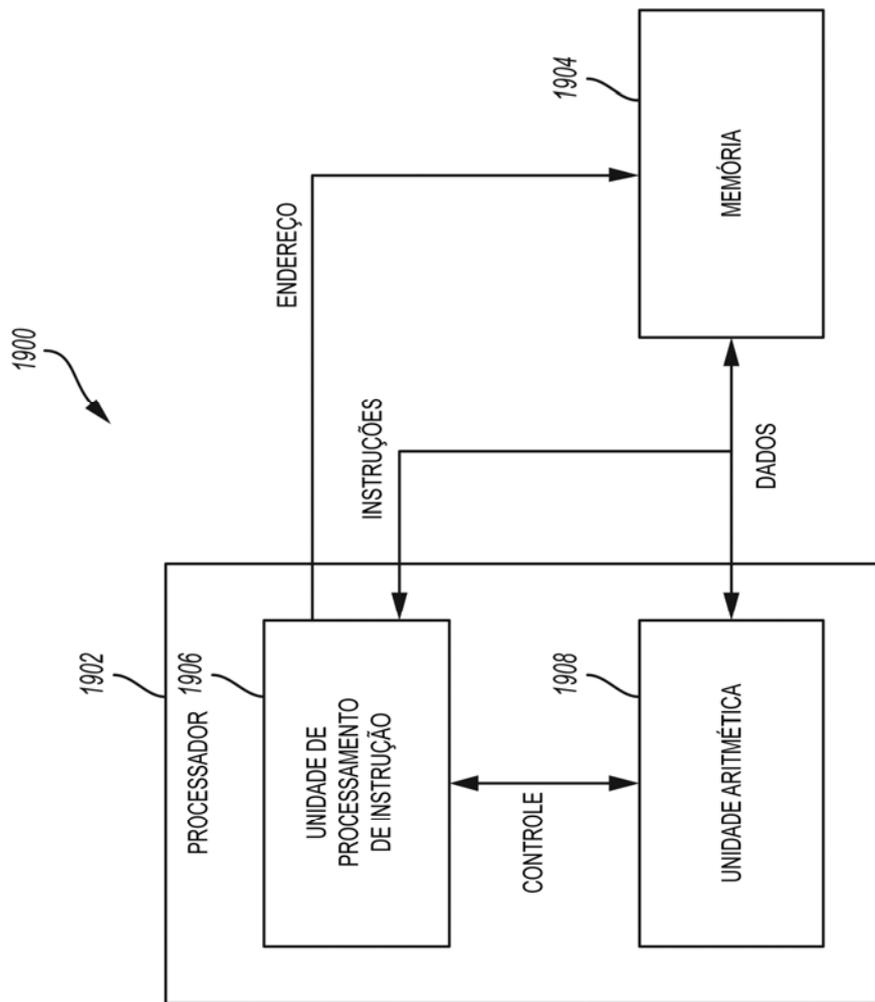


FIG. 68A

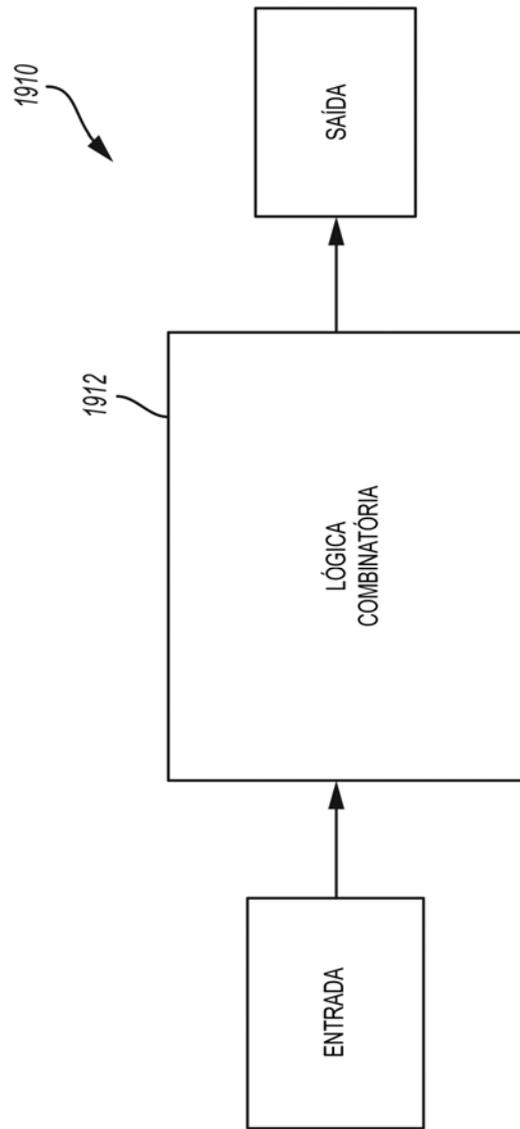


FIG. 68B

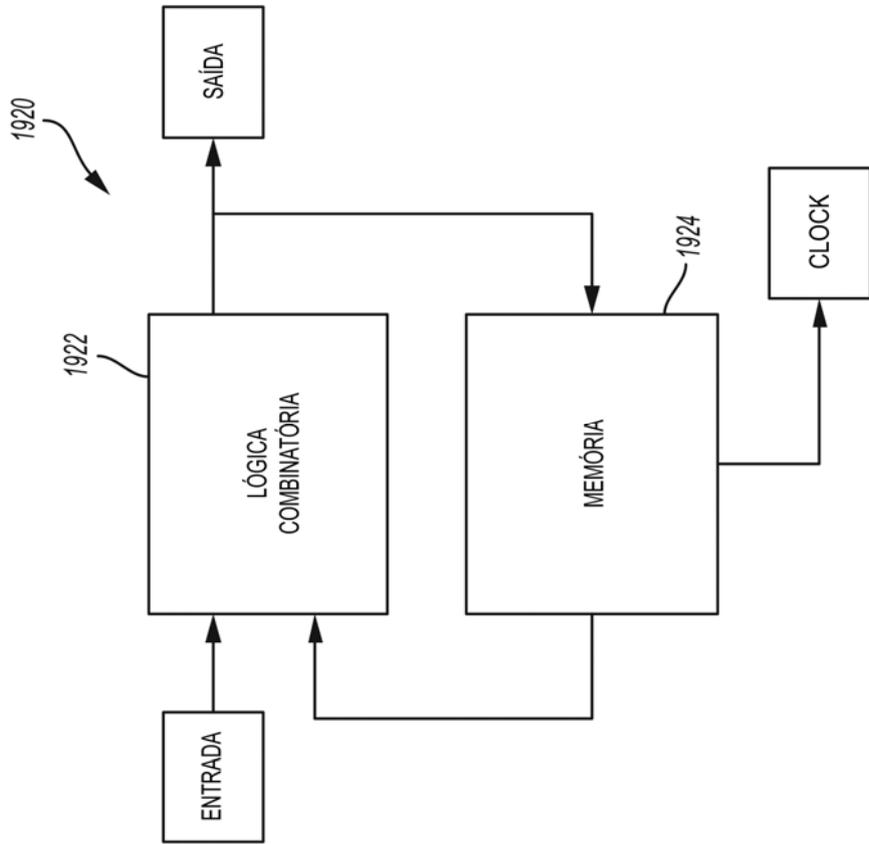


FIG. 68C

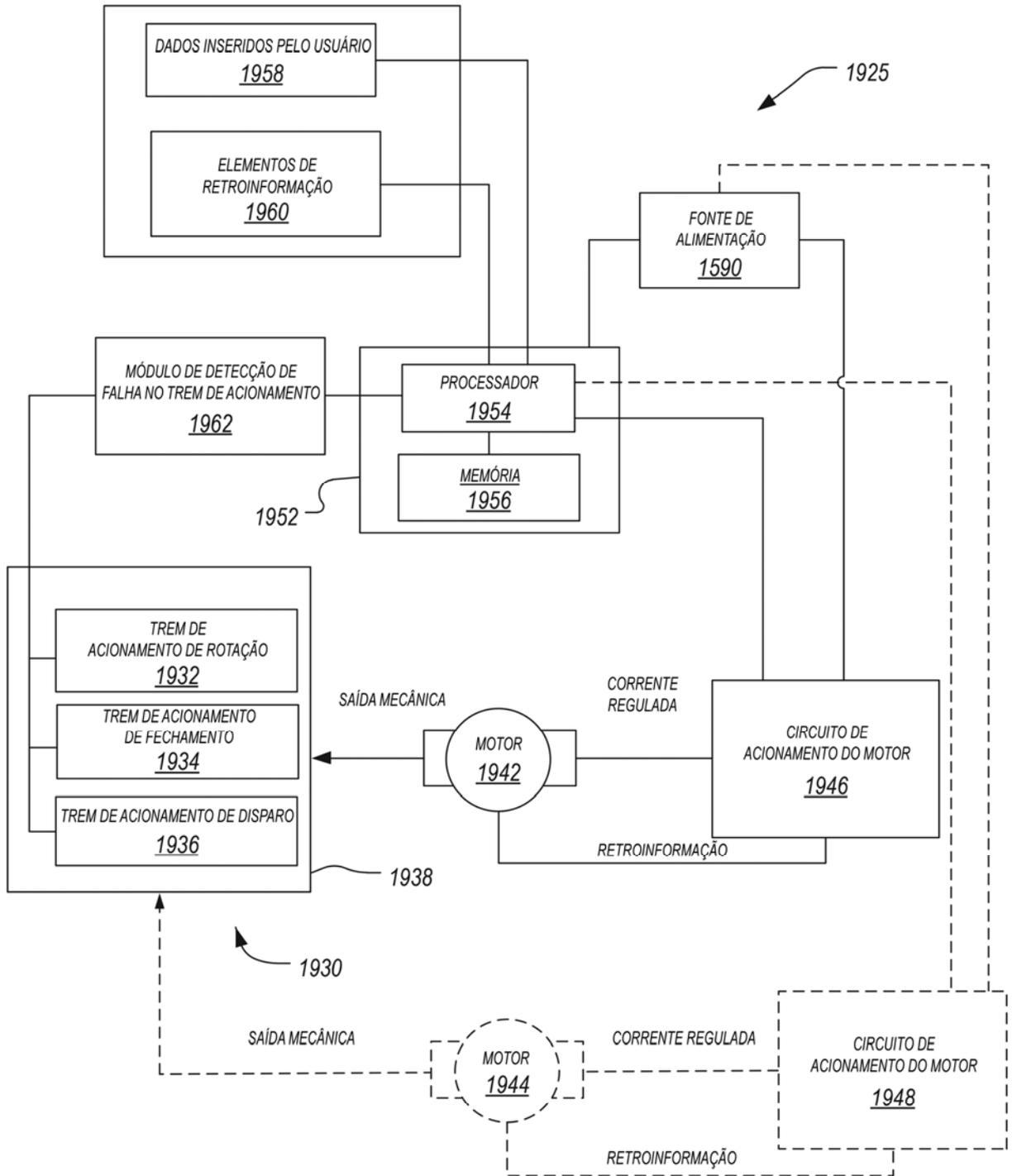


FIG. 69

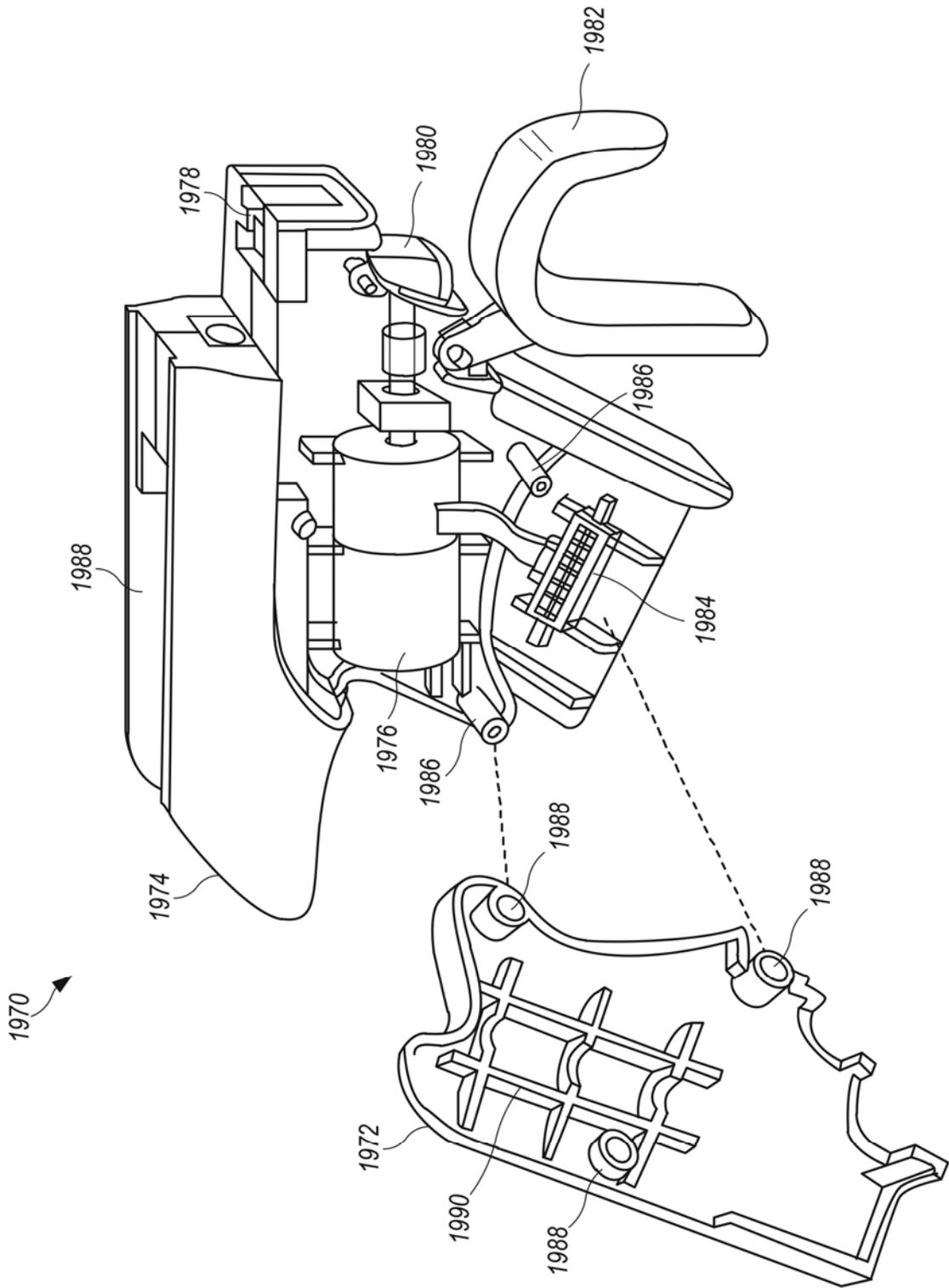


FIG. 70

1970

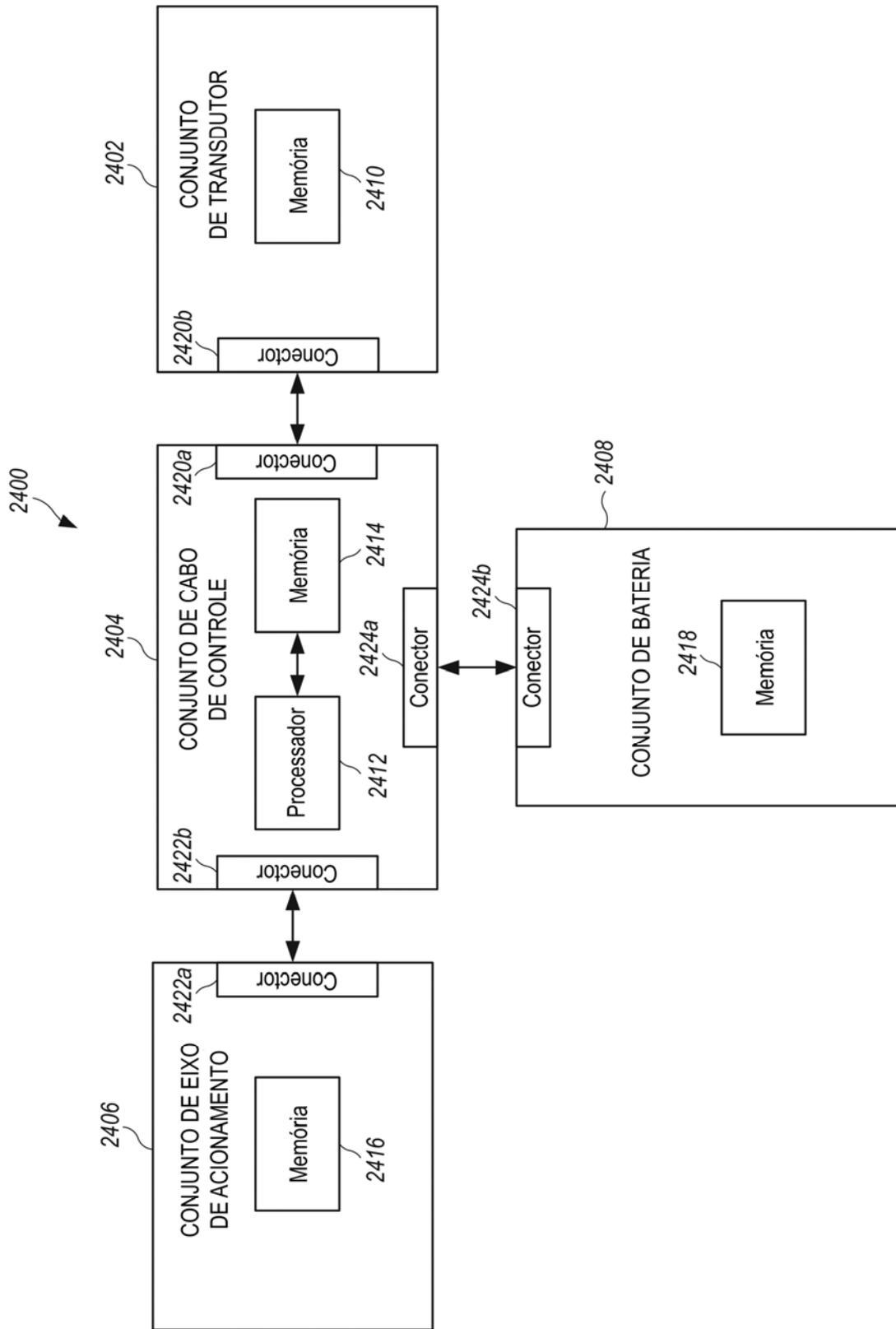


FIG. 71

2500

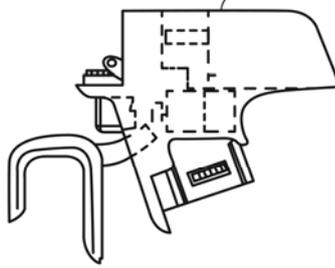
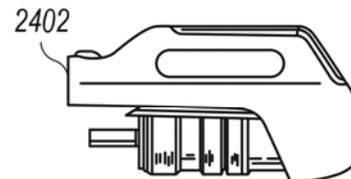
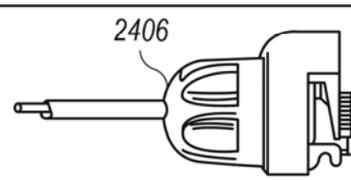
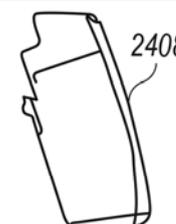
COMPONENTES DE CONTROLE DE CABO	
HARDWARE	SOFTWARE
MANÍPULO	
 <p>2404</p>	Software RTOS ~ 2502
	Controle do Motor ~ 2504
	Chave ~ 2506
	Controle de segurança ~ 2508
	Transdutor ~ 2509
	55 kHz ~ 2510
	31 kHz ~ 2512
	RF ~ 2514
	Eixo de acionamento ~ 2515
	<ul style="list-style-type: none"> Ultrasônica ~ 2516 Combinação US/RF ~ 2518 Lâmina I de RF ~ 2520 Garra oponível de RF ~ 2522
TRANSDUTOR	
 <p>2402</p>	ID de Componentes ~ 2524
	Contador de Uso ~ 2526
	Atualização de RTOS ~ 2528
	Atualização de energia ~ 2530
EIXO DE ACIONAMENTO	
 <p>2406</p>	ID de Componentes ~ 2532
	Contador de Uso ~ 2534
	Atualização de RTOS ~ 2536
	Atualização de energia ~ 2538
BATERIA	
 <p>2408</p>	Contador de Uso ~ 2540
	Número Máximo de Usos ~ 2542
	Carga/Drenagem ~ 2544
	Atualização de RTOS ~ 2546
	Atualização de energia ~ 2548

FIG. 72

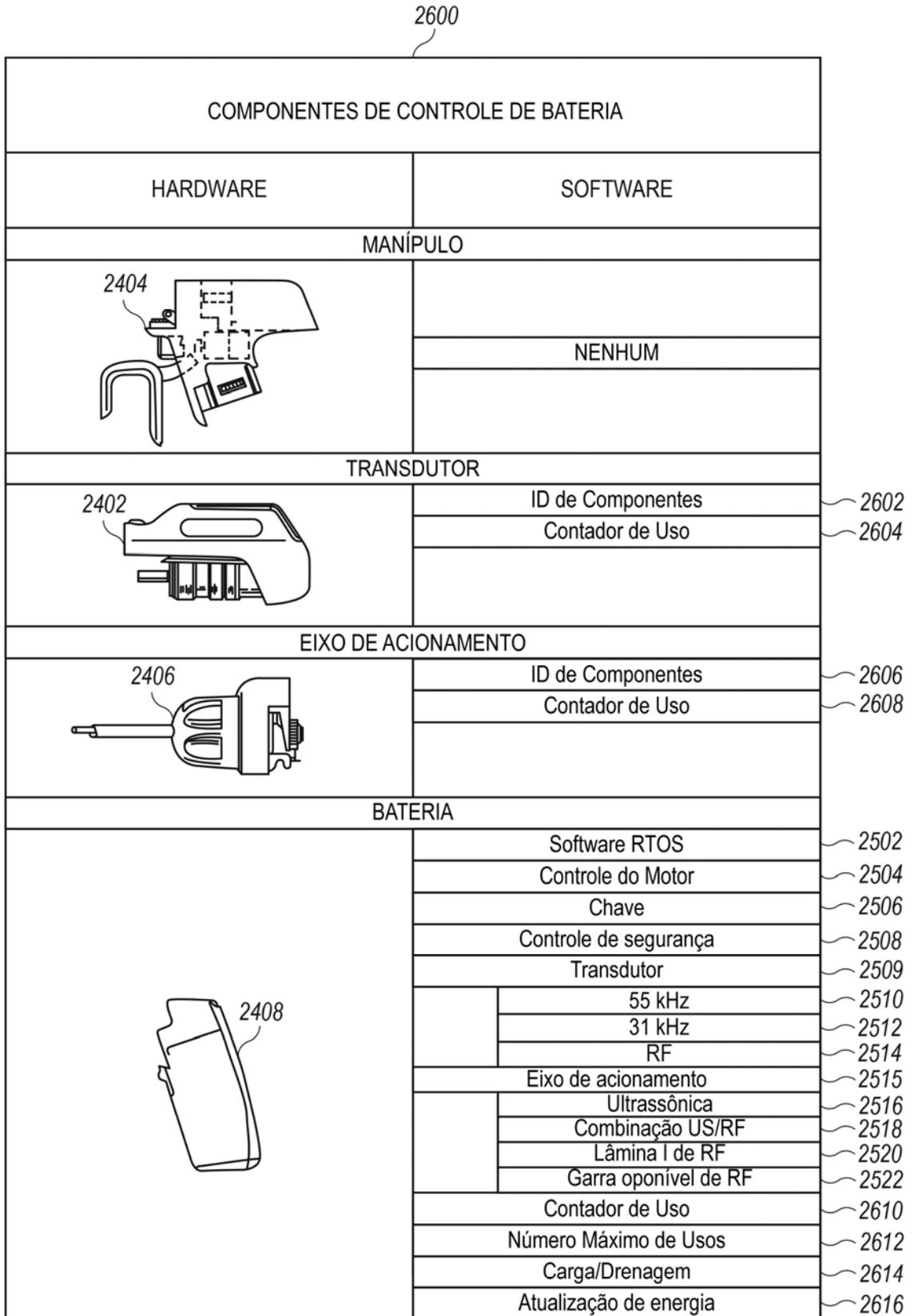


FIG. 73

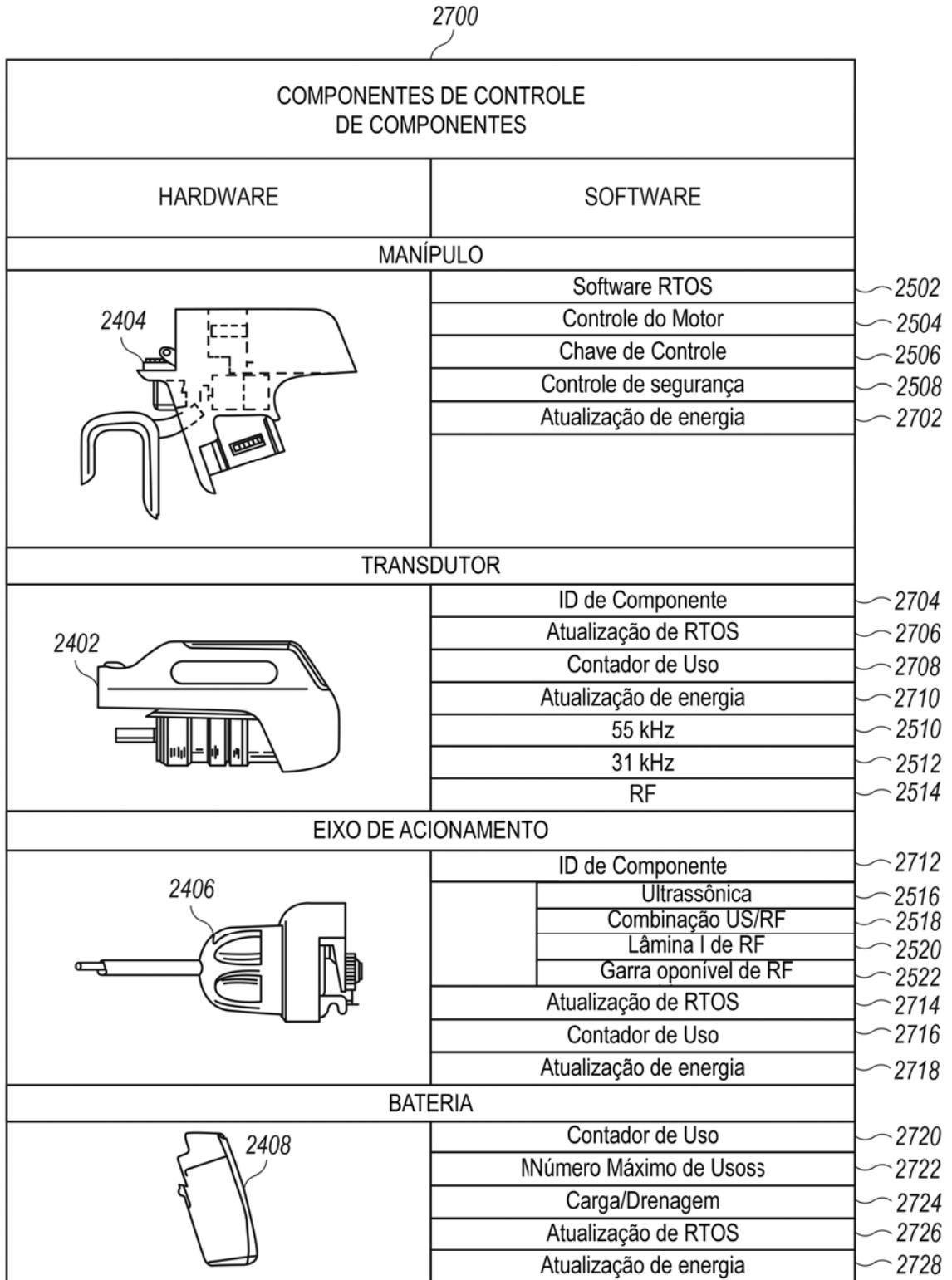


FIG. 74

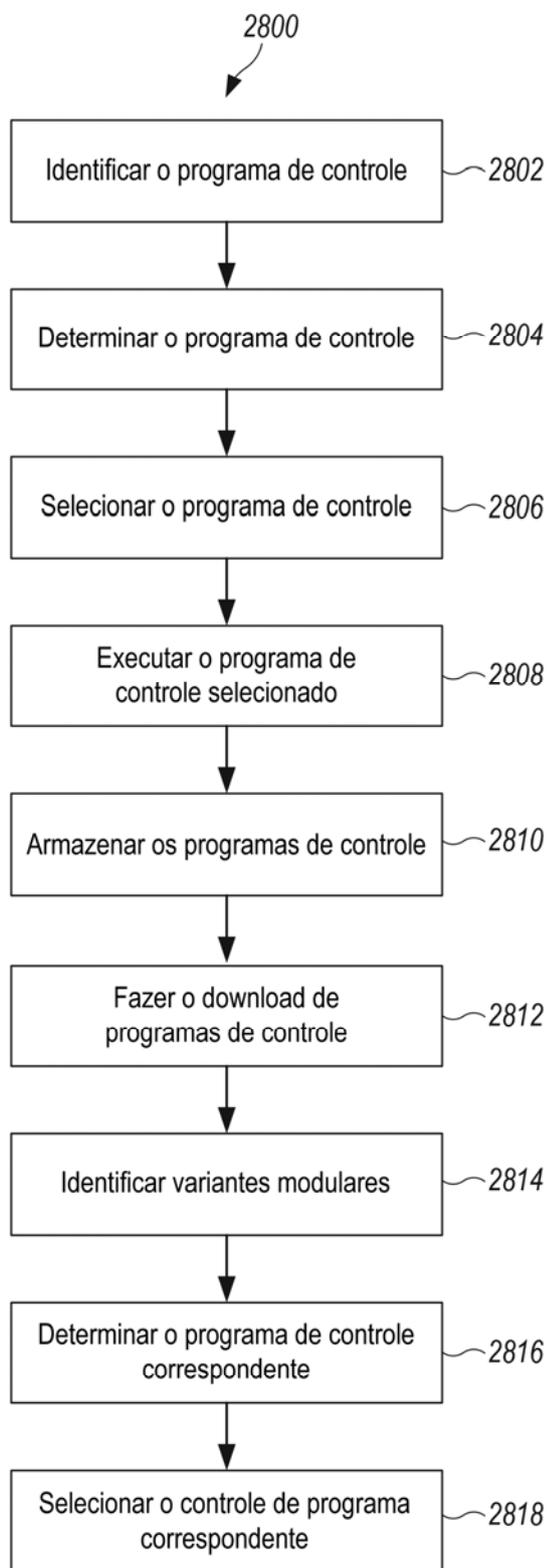


FIG. 75

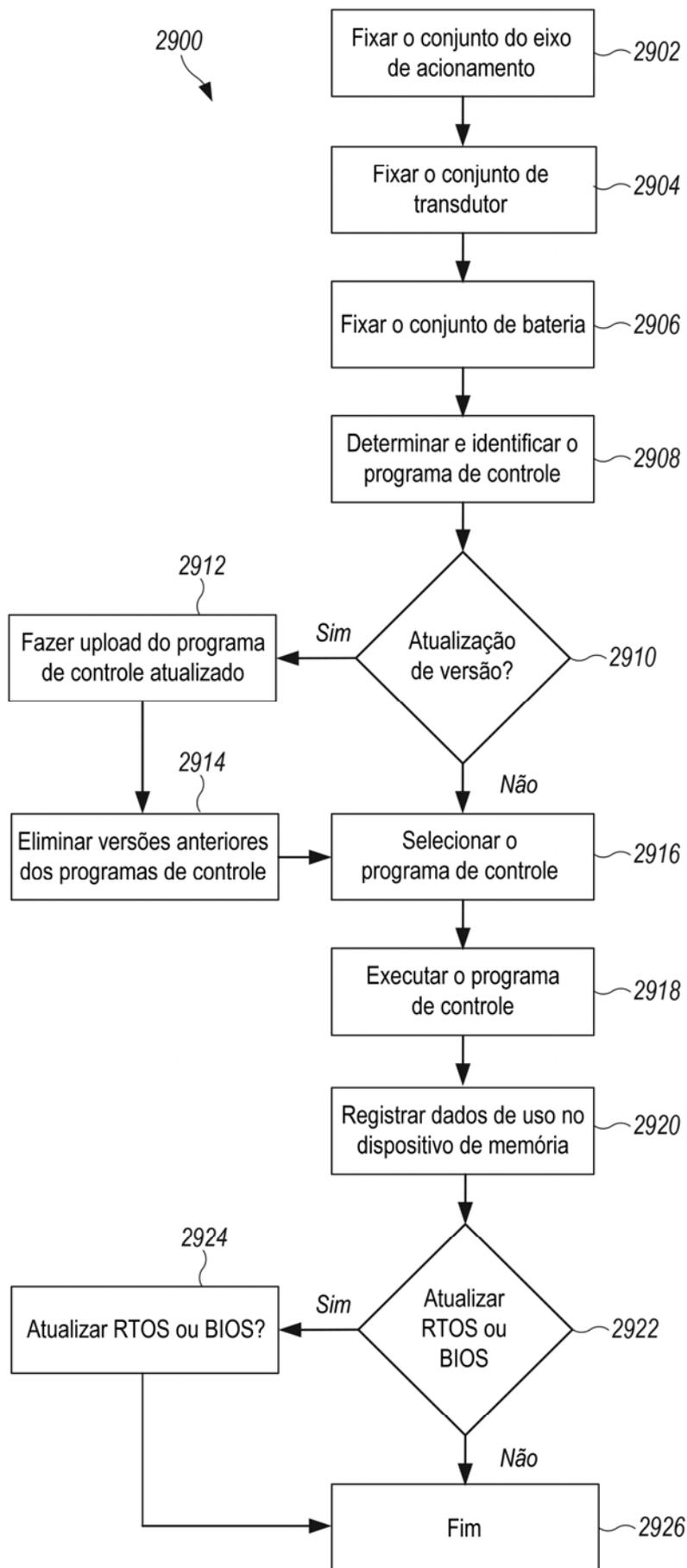


FIG. 76