



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104281433 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 14

(21) 申请号 201410308194. 1

(22) 申请日 2014. 07. 01

(30) 优先权数据

102013212840. 1 2013. 07. 02 DE

(71) 申请人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

(72) 发明人 W. 菲舍尔 N. 班诺夫 A. 冈托罗

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

代理人 宣力伟 杨国治

(51) Int. Cl.

G06F 7/48(2006. 01)

H03M 7/24(2006. 01)

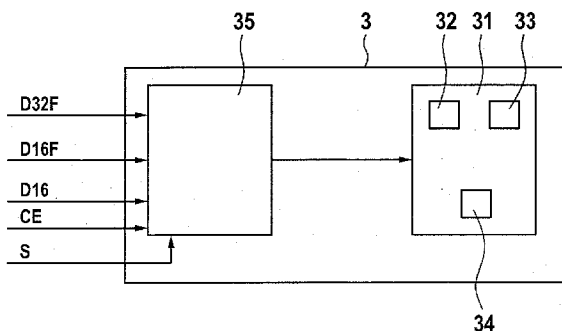
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

用于计算基于数据的函数模型的模型计算单元和控制器

(57) 摘要

本发明涉及一种控制器(1)中用于计算基于数据的函数模型、尤其高斯过程模型的模型计算单元(3),其包括:计算核心(31),所述计算核心构造用于纯基于硬件计算用于基于数据的函数模型的算法,其中在提供计算数据、尤其超参数和控制点数据的情况下计算所述基于数据的函数模型;以及纯基于硬件的转换单元(35),所述转换单元构造用于向所述计算核心(31)以预先给定的数字格式提供至少一部分所述计算数据、尤其所提供的控制点数据。



1. 控制器(1)中用于计算基于数据的函数模型、尤其高斯过程模型的模型计算单元(3),包括:

- 计算核心(31),所述计算核心构造用于纯基于硬件计算用于基于数据的函数模型的算法,其中在提供计算数据、尤其超参数和控制点数据的情况下计算所述基于数据的函数模型;以及

- 纯基于硬件的转换单元(35),所述转换单元构造用于为所述计算核心(31)以预先给定的数字格式提供至少一部分所述计算数据、尤其所提供的控制点数据。

2. 按权利要求1所述的模型计算单元(3),其中所述转换单元(35)构造用于根据选择信号将至少一部分所提供的与所述预先给定的数字格式不同的数字格式的计算数据转换成所述预先给定的数字格式。

3. 按权利要求1或2所述的模型计算单元(3),其中所述转换单元(35)具有至少一个用于将数据的第一数字格式转换成所述预先给定的数字格式的转换块(37、38)以及乘法器(36),从而根据所述选择信号要么将所提供的计算数据要么将通过所述至少一个转换块之一转换成所述预先给定的数字格式的计算数据传递到所述计算核心(31)上。

4. 按权利要求3所述的模型计算单元(3),其中所述预先给定的数字格式相当于32位浮点数字格式。

5. 按权利要求3或4所述的模型计算单元(3),其中第一转换块(37)构造用于将数据从与所述预先给定的数字格式相比具有更少位数的浮点数字格式转换成所述预先给定的数字格式。

6. 按权利要求3到5中任一项所述的模型计算单元(3),其中第二转换块(38)构造用于将数据从定点数字格式转换成所述预先给定的数字格式。

7. 按权利要求6所述的模型计算单元(3),其中所述第二转换块(38)构造用于在将数据从所述定点数字格式转换成所述预先给定的数字格式时考虑预先给定的指数值。

8. 控制器(1),包括:

- 用于由软件控制地执行功能的主计算单元(2);

- 用于以数字格式存储计算数据的存储单元(4);以及

- 按权利要求1到7中任一项所述的模型计算单元(3)。

9. 按权利要求8所述的控制器(1),其中所述主计算单元(2)根据将计算数据保存在所述存储单元(4)中所用的数字格式将选择信号提供给所述模型计算单元(3),从而使得所述转换单元(35)根据所述选择信号将所述计算数据转换成所述预先给定的数字格式。

用于计算基于数据的函数模型的模型计算单元和控制器

技术领域

[0001] 本发明涉及用于控制器的模型计算单元、尤其硬布线的模型计算单元作为在其中或者说借助于其能够计算基于数据的函数模型的硬件单元，尤其用于控制马达系统。本发明还涉及这种模型计算单元中基于数据的函数模型的配置数据的提供和处理。

背景技术

[0002] 由现有技术公开了带有主计算单元和单独的用于计算基于数据的函数模型的模型计算单元的控制器。例如文献 DE 10 2010 028 266 A1 示出了带有额外的逻辑线路作为模型计算单元的控制器。所述额外的逻辑线路在硬件方面用于计算指数函数和加法函数。这实现了在硬件单元中支持贝叶斯回归法，尤其需要用所述贝叶斯回归法来计算高斯过程模型。

[0003] 模型计算单元设计用于实施数学过程从而基于参数 / 超参数和控制点数据 (Stützstellendaten) 或者说训练数据 (Trainingsdaten) 来计算基于数据的函数模型。尤其所述模型计算单元在硬件方面构造用于有效地计算指数函数，从而能够以与主计算单元中通过合适的软件所实现的计算速度相比更高的计算速度来计算高斯过程模型。

[0004] 通常配置数据被提供用于模型计算单元中的计算并且通过模型计算单元的硬件实现基于配置数据的计算，其中所述配置数据包含用于计算基于数据的函数模型的参数和控制点。

[0005] 所述控制点数据通常以浮点数据或定点数据的形式预先给定。然而在硬件中执行时，基于浮点算术的算法必须与基于定点算术的算法分开实现。

[0006] 文献 US 4, 675, 809 描述了，通过使用转换单元来应用系统中不同的浮点数据类型。

[0007] 文献 US 5, 161, 117 描述了一种用于使用具有不同基础的不同的浮点值的方法。

发明内容

[0008] 按本发明提出了按权利要求 1 所述的硬件模型计算单元以及按并列权利要求所述的带有模型计算单元的控制器。

[0009] 本发明的其他有利的设计方案在从属权利要求中得到说明。

[0010] 根据第一方面，在控制器中设置用于计算基于数据的函数模型、尤其高斯过程模型的模型计算单元，其包括：

- 计算核心，所述计算核心构造用于纯基于硬件计算用于基于数据的函数模型的算法，其中在提供计算数据、尤其超参数和控制点数据的情况下计算所述基于数据的函数模型；以及

- 纯基于硬件的转换单元，所述转换单元构造用于向所述计算核心以预先给定的数字格式提供至少一部分所述计算数据、尤其所提供的控制点数据。

[0011] 开头所描述的控制器除了由软件控制的主计算单元之外还具有在硬件中执行

的模型计算单元,该模型计算单元除了指数函数计算单元之外还具有在至少一个循环(Schleife)中用于计算和的硬件逻辑单元。所述计算动用预先给定的计算数据、尤其参数和控制点数据用于高斯过程模型,所述计算数据保存在对模型计算单元而言可访问的存储区域中。

[0012] 在设计所述模型计算单元时,通常如此设计硬件模块,即所述计算能够利用最大存在的位分辨率的值进行计算。这在常规的控制中例如相当于浮点数字格式的 32 位分辨率。

[0013] 计算数据通常以浮点数据或者定点数据的形式预先给定。然而在硬件中执行时,基于浮点算术的算法必须与基于定点算术的算法分开实现。然而为了限制用于模型计算单元的硬件的集成结构的面积需求,计算数据的处理仅仅以一数字格式进行设置。如果计算数据完全或者部分以另一数字格式存在,那么必须设置对所涉及的计算数据的预处理,从而将其转换为所希望的数字格式、即要么定点数字格式要么浮点数字格式。

[0014] 在为了计算基于数据的函数模型足以提供例如具有 8 位或 16 位精度的计算数据作为定点值或浮点值时,在主计算单元中通常以 32 位宽的浮点值进行浮点计算。

[0015] 为了使用于提供计算数据的存储需求最小化并且仍然设置带有用于高精度的计算数据的计算方案的模型计算单元,因此能够设置一种模型计算单元,其作为输入级具有转换单元。通过转换单元能够为用于计算的模型计算单元直接提供计算数据的其他数字格式、例如 16 位浮点数字格式的值或者 16 位定点数字格式的值并且在那里使用这些数据,而无需在模型计算单元中设置单独的硬件。

[0016] 此外,所述转换单元实现了,不必在主计算单元中实施对计算所需的数据的转换,所述主计算单元的功率在控制器中通常受到限制。通常作为定点值提供的传感器数据也能够借助于转换单元中所提供的共同的指数参数飞速写入地(on-the-fly),也就是不借助主计算单元,以合适的方式进行转换。

[0017] 此外,转换单元能够构造用于根据选择信号将与预先给定的数字格式不同的数字格式的、所提供的计算数据转换成预先给定的数字格式。

[0018] 根据一种实施方式,所述转换单元能够具有至少一个用于将第一数字格式的数据转换成预先给定的数字格式的数据的转换块以及乘法器,从而根据选择信号要么将所提供的计算数据要么将通过所述至少一个转换块之一转换成预先给定的数字格式的计算数据传递到计算核心上。

[0019] 能够规定,所述预先给定的数字格式相当于 32 位浮点数字格式。

[0020] 第一转换块尤其能够构造用于将数据从与预先给定的数字格式相比具有更少位数的浮点数字格式转换成预先给定的数字格式。

[0021] 第二转换块能够构造用于将数据从定点数字格式转换成预先给定的数字格式。

[0022] 此外,第二转换块能够构造用于在将数据从定点数字格式转换成预先给定的数字格式时考虑预先给定的指数值。

[0023] 根据另一方面设置了一种控制器,其尤其以集成的结构方式例如芯片的形式构造。该控制器包括:

- 用于由软件控制地执行函数或者说功能(Funktion)的主计算单元;
- 用于以至少一种数字格式存储计算数据的存储单元;以及

- 上述模型计算单元。

[0024] 此外,所述主计算单元能够根据计算数据在存储单元中所保存的数字格式将选择信号提供给模型计算单元,从而根据该选择信号将计算数据转换成预先给定的数字格式。

附图说明

[0025] 下面根据附图详细解释本发明的优选实施方式。附图中:

图 1 示出具有主计算单元和模型计算单元的控制器的示意图;

图 2 示出具有转换单元的、图 1 的模型计算单元的示意图;

图 3 示出图 2 的转换单元的详细示图;并且

图 4 示出从具有共同指数的 16 位定点值转换成浮点数字格式的值的转换示图。

具体实施方式

[0026] 图 1 示出了用于集成的控制器 1 的硬件结构的示意图,在所述控制器中以集成的方式(例如单片地)设置了例如形式为微控制器的主计算单元 2 以及用于基于硬件计算尤其基于数据的函数模型(Funktionsmodell)的模型计算单元(Modellberechnungseinheit) 3。主计算单元 2 和模型计算单元 3 通过系统总线 6 彼此处于通讯连接之中。模型计算单元 3 仅构成硬件(硬布线)并且因此不能执行软件代码。出于这个原因,在模型计算单元 3 中也不设置处理器或者类似器件。这能够资源最佳地实现这种模型计算单元 3。

[0027] 此外,控制器 1 具有内部的存储单元 4 和 DMA 单元 5(DMA=Direct Memory Access),它们经由内部的通讯连接部 6、例如经由内部的数据总线与主计算单元 2 和模型计算单元 3 处于连接之中。

[0028] 在图 2 中详细地示出了模型计算单元 3。能够看到,为了计算基于数据的函数模型,计算核心 31 设有指数单元 32、在一些情况下能够组合地设置在共同的 FMA 单元(FMA=Fused Multiply Add)中的加法及乘法单元 33 以及在使用前面所述单元 32、33 的情况下用于提供确定的计算过程的逻辑单元 34。

[0029] 通常已知两种 IEEE-754 浮点标准作为数据格式。所述浮点标准在单精度中相当于 32 位分辨率、即 1 个符号位、8 个指数位和 23 个尾数位并且在半精度中相当于 16 位分辨率、即 1 个符号位、5 个指数位和 10 个尾数位。此外,在 16 位定点数字格式中使用 16 位值来代表数据值,而不设置指数。除了 16 位定点数字格式之外,也能够为一系列数据值设置共同的指数,从而为所述数据分配共同的数量级。

[0030] 为了使模型计算单元 3 能够使用具有不同数据格式的数据值,在模型计算单元 3 中设置了转换单元 35,如其结合图 3 详细示出的那样。所述转换单元 35 将计算数据、即例如控制点数据转换成预先给定的数字格式、例如转换成 32 位浮点数字格式并且将其作为处理数据 V 提供给模型计算单元 3 中描述计算算法的硬件。计算数据的数据元素也能够以不同的数字格式存在,从而使得所述计算数据根据数据元素的数字格式进行转换。

[0031] 所述转换单元 35 包括乘法器 36 用于为模型计算单元 3 中对基于数据的函数模型的计算提供转换过的处理数据 V。在这种情况下,所述控制点数据能够作为形式为 32 位浮点数字格式(具有单精度的浮点数字格式)的数据 D32F、形式为 16 位浮点数字格式(具有半精度的浮点数字格式)的数据 D16F 或者形式为 16 位定点数字格式的数据 D16 结合预先给

定的共同的指数 CE 被提供给模型计算单元 3。

[0032] 16 位浮点数字格式的数据 D16F 以及 16 位定点数字格式的数据 D16 在相应的第一及第二转换块 37、38 中以已知的方式转换成 32 位浮点数字格式并且与不必转换的 32 位浮点数字格式的数据 D32F 共同输入乘法器 36。在乘法器 36 中,借助于例如能够由主计算单元 2 提供的选择信号 S 相应地选择数据格式 D16F、D32F、D16 之一。

[0033] 在第一转换块 37 中由 16 位浮点数字格式转换成 32 位浮点数字格式是简单的位运算。5 位指数(转译为带有符号的 $\pm 15(\text{Excess-15})$)以及使用了 8 位指数(转译成带有符号的 $\pm 127(\text{过量 } -127)$)的 32 位浮点数字格式通过 112(也就是 $127-15$)的加和形成指数转换,该加和通常能够以集成的结构形式面积有利地作为带有两个输入端的乘法器实现,该乘法器通过最高的指数位进行控制,其中零值、 $+\infty$ 或 $-\infty$ 的数据以及 NaN (Not-a-Number, 非数字)作为特殊情况处理,使得转换结果产生相同的值。将尾数值从 10 位扩展到 23 位所使用的方式为简单地加入零作为最低值的位,这例如能够通过左移 13 位的左移运算或者将 10 个尾数位和 13 个零位串连起来实现。

[0034] 16 位定点数字格式转换成 32 位浮点数字格式例如能够借助于图 4 中所示的第二转换块 38 实现。同时能够考虑预先给定的共同的指数 CE。图 4 的第二转换块 38 能够实现由带有符号的 16 位定点数字格式产生 32 位浮点值。

[0035] 在此,在符号提取块 41 中提取输入值的符号位并且用作输出值的符号位。此外,在值提取块 42 中从输入值提取并且随后在标准化块 43 中通过向左的位移动运算进行移动,直到最高值的位相当于“1”,其中输入值的零值作为特殊情况处理,使得转换结果同样获得零。标准化块 43 将关于为此所需的位移动的数量数据提供给指数加法单元 44,该指数加法单元在共同指数的值上减去所述位移动的数量并且作为转换结果提供其作为 32 位浮点值的指数值。通过组合标准化块 43 中获得的尾数值、符号提取块 41 中提取的符号位以及指数加法单元 44 中获得的指数值来产生转换结果。该转换结果随后被提供给模型计算单元 3 作为处理数据 V,该处理数据包含转换过的控制点数据。

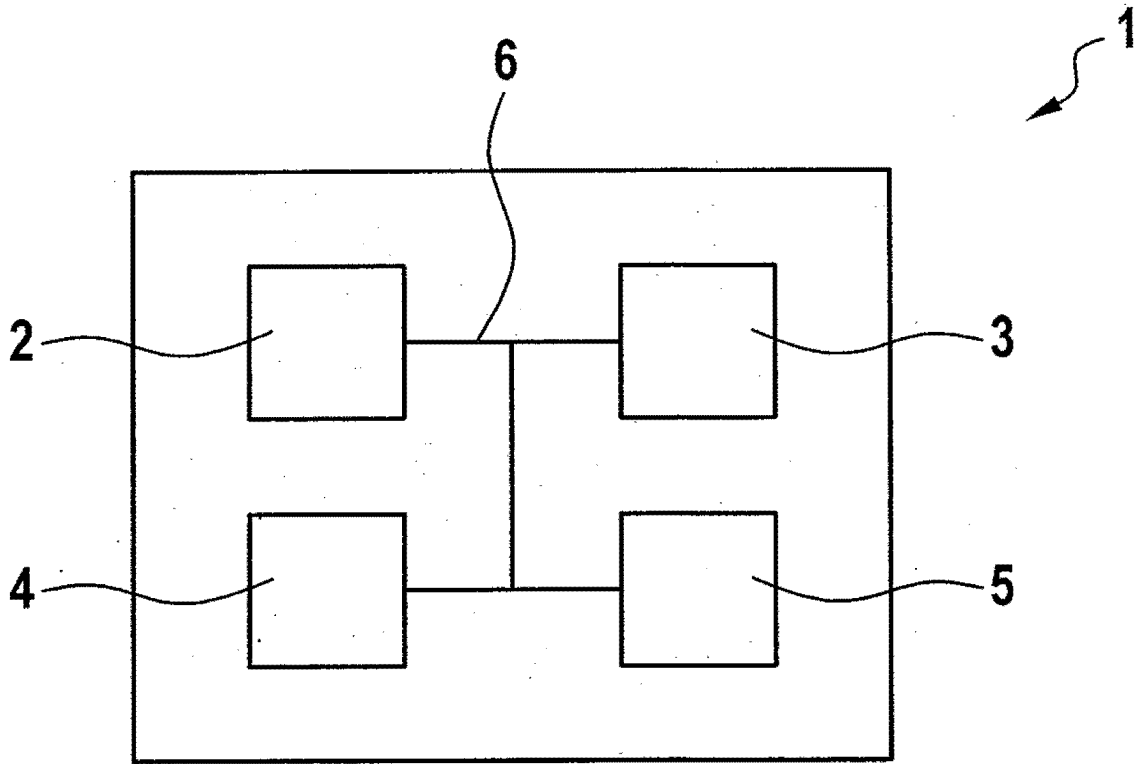


图 1

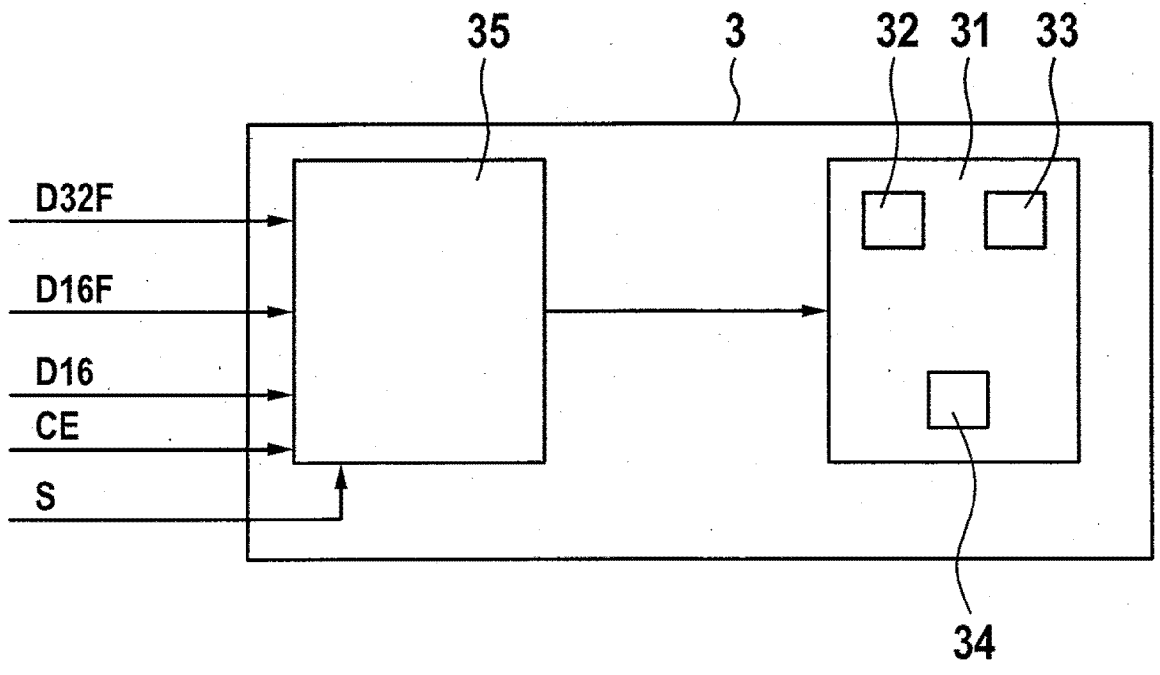


图 2

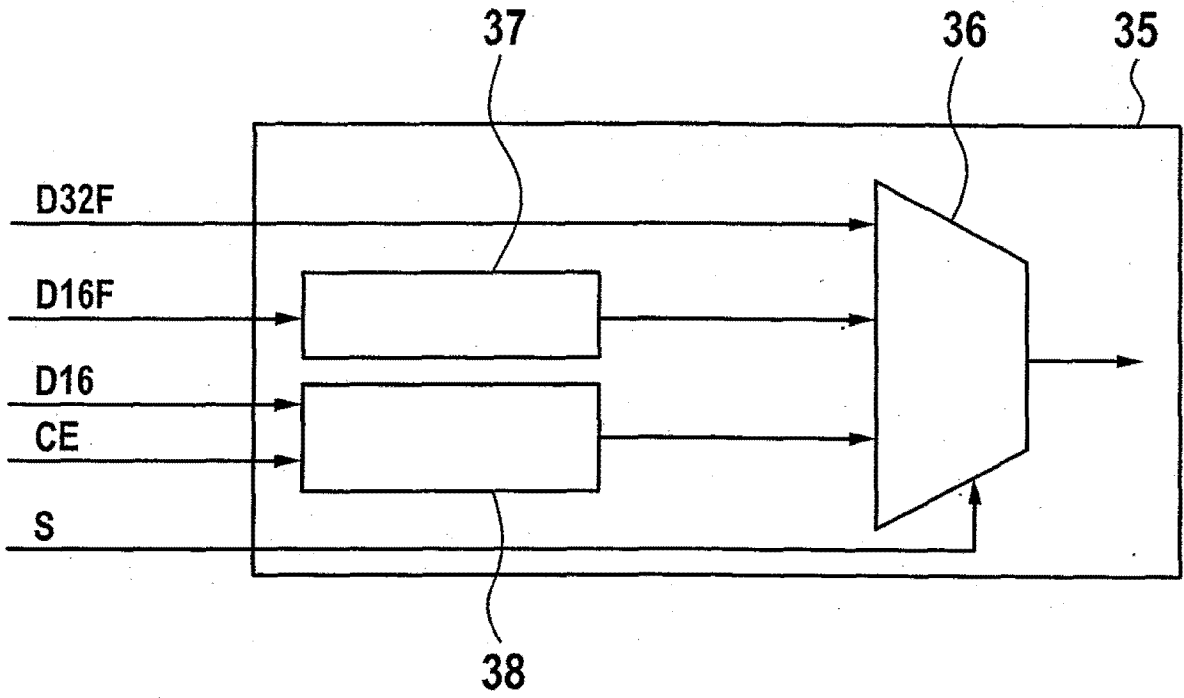


图 3

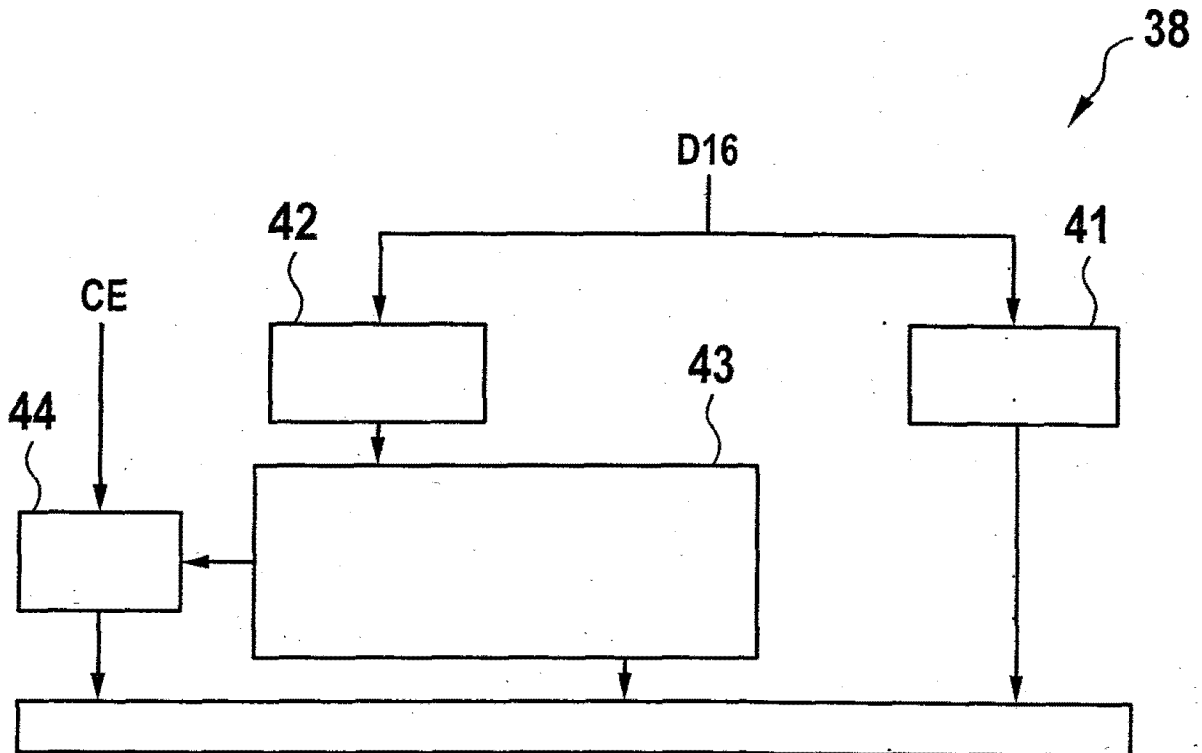


图 4