



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201044156 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：099102134 (22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 26 日
(51)Int. Cl. : **G06F1/26 (2006.01)** **G05F1/10 (2006.01)**
H03M1/00 (2006.01)
(30)優先權：2009/01/28 美國 61/147,834
2009/04/02 美國 12/417,477
(71)申請人：奇爾半導體公司(美國) CHIL SEMICONDUCTOR CORPORATION (US)
美國
(72)發明人：坎德治 安東尼 CANDAGE, ANTHONY B. (US)；史瑞尼威斯 文凱 SREENIVAS,
VENKAT (US)；馬汀 蓋瑞 MARTIN, GARY D. (US)；卡羅 羅伯特 CARROLL,
ROBERT T. (US)
(74)代理人：林志剛
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：9 共 45 頁

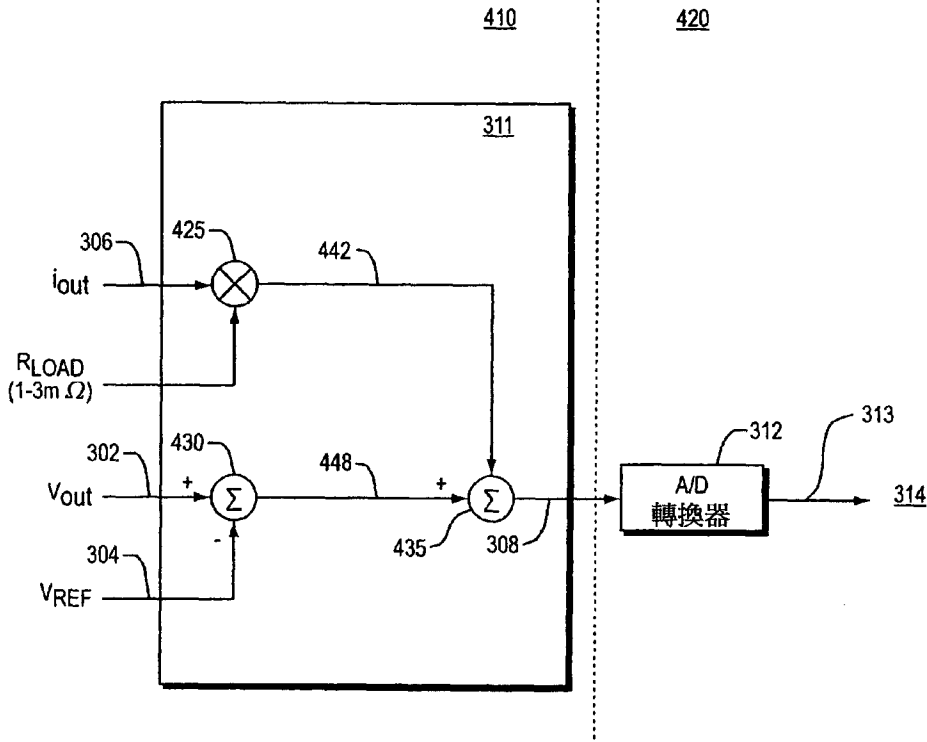
(54)名稱

混合類比 / 數位電源電路

HYBRID ANALOG/DIGITAL POWER SUPPLY CIRCUIT

(57)摘要

根據在此所述的示範設定組態，一種電源系統包括一獨特電路，其包括一類比加法電路、一類比數位轉換器，以及一數位控制器。該電源系統的一輸出電壓回授控制迴路回授該輸出電壓至該類比加法電路。該類比加法電路根據：i) 接收自該輸出電壓回授迴路的該輸出電壓，ii) 一類比參考電壓訊號，以及 iii) 一類比參考電壓調整訊號，以產生一類比誤差電壓訊號。該類比參考電壓調整訊號會依據該輸出電壓提供給該動態負載的一電流大小而變化。因此，該類比加法電路可被設定以支援可調適電壓定位。該類比數位轉換器轉換該類比誤差電壓訊號為一數位誤差電壓訊號。一控制器根據該數位誤差電壓訊號產生輸出電壓控制訊號。



- 302：類比訊號
- 304：類比訊號
- 306：類比訊號
- 308：類比誤差電壓訊號
- 311：類比加法電路
- 312：類比至數位轉換器
- 313：數位誤差電壓訊號
- 314：數位控制器
- 410：類比領域
- 420：數位領域
- 425：乘法器
- 430：加法電路
- 435：加法電路
- 442：修正訊號
- 448：初步誤差電壓訊號



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201044156 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：099102134 (22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 26 日
(51)Int. Cl. : **G06F1/26 (2006.01)** **G05F1/10 (2006.01)**
H03M1/00 (2006.01)
(30)優先權：2009/01/28 美國 61/147,834
2009/04/02 美國 12/417,477
(71)申請人：奇爾半導體公司(美國) CHIL SEMICONDUCTOR CORPORATION (US)
美國
(72)發明人：坎德治 安東尼 CANDAGE, ANTHONY B. (US)；史瑞尼威斯 文凱 SREENIVAS,
VENKAT (US)；馬汀 蓋瑞 MARTIN, GARY D. (US)；卡羅 羅伯特 CARROLL,
ROBERT T. (US)
(74)代理人：林志剛
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：9 共 45 頁

(54)名稱

混合類比 / 數位電源電路

HYBRID ANALOG/DIGITAL POWER SUPPLY CIRCUIT

(57)摘要

根據在此所述的示範設定組態，一種電源系統包括一獨特電路，其包括一類比加法電路、一類比數位轉換器，以及一數位控制器。該電源系統的一輸出電壓回授控制迴路回授該輸出電壓至該類比加法電路。該類比加法電路根據：i) 接收自該輸出電壓回授迴路的該輸出電壓，ii) 一類比參考電壓訊號，以及 iii) 一類比參考電壓調整訊號，以產生一類比誤差電壓訊號。該類比參考電壓調整訊號會依據該輸出電壓提供給該動態負載的一電流大小而變化。因此，該類比加法電路可被設定以支援可調適電壓定位。該類比數位轉換器轉換該類比誤差電壓訊號為一數位誤差電壓訊號。一控制器根據該數位誤差電壓訊號產生輸出電壓控制訊號。

六、發明說明：

相關申請案的對照

本發明申請案以 2009 年 1 月 28 日提出之美國臨時專利申請案第 61/147,834 號題為「具有寬頻 AVP 的多相 VR 控制器 (Multiphase VR Controller with Wideband AVP) 」 (事務所案號 No.CH109-01 p) 主張優先權，並完整引用其內容。

【發明所屬之技術領域】

本發明關於混合類比/數位電源電路。

【先前技術】

可調適電壓定位 (Adaptive voltage positioning, AVP) 係應用在電源供應電路系統以提供較佳的暫態反應並降低輸出濾波電容的數目。舉例來說，可調適電壓定位包括更改電源的操作設定點 (operating setpoint) ，使得在供應至負載的電流相當低的情形下，輸出電壓會高於一標稱數值，而輸出電壓在供應至負載的電流相當高的情形下，會低於標稱數值。因此，對電源的輸出電壓實施可調適電壓定位時，需視負載所消耗的電流而定。

爲了實施可調適電壓定位，大多數的傳統電源控制電路使用標準的類比控制迴路。此種控制迴路一般包括一類比緩衝放大器、類比誤差放大器 (其作為具有外部補償元件的控制迴路濾波器) 、斜坡產生器 (每相) ，以及一比

較器（每相）。在先前技術中有用到其他類比元件以實施相位平衡與故障偵測。

第 1 圖所示為根據先前技術用以控制電源輸出的一加法電路（summer circuit）100 的範例。如圖所示，加法電路 100 同時包括類比元件與數位元件。電路包括多個類比至數位轉換器。

第 2 圖所示為第 1 圖中的電源的假設性輸出阻抗的示範圖。如圖所示，電源電路 100 的直流輸出阻抗因為類比至數位轉換器（analog-to-digital converter）101 與 102 所存在的誤差而為非線性的。

【發明內容】

如上所述的傳統電源電路會有一些缺點。舉例來說，在第 2 圖中的電源電路的直流輸出阻抗因為類比至數位轉換器 101 與 102 所存在的誤差而為非線性的。輸出阻抗在電流消耗範圍（如第 2 圖）內的（非線性）變化並非所想要的。

在此所述的實施例會針對傳統應用而有變化。舉例來說，在此所述的實施例係指一電源回授電路的個別類比與數位元件的獨特分割。

更特別地，在此所述的一個實施例包括一電源系統，用以產生輸出電壓以供電至一動態負載。電源系統可包括類比加法電路、類比至數位轉換器，以及一數位控制器。電源電路的一輸出電壓回授控制迴路將輸出電壓回授給類

比加法電路。該類比加法電路被設定以根據 i) 接收自該輸出電壓回授迴路的該輸出電壓，ii) 一類比參考電壓訊號，以及 iii) 一類比參考電壓調整訊號，以產生一類比誤差電壓訊號。

在一個實施例中，類比加法電路支援可調適電壓定位。舉例來說，調整類比電壓參考訊號（根據類比參考電壓調整訊號）以產生操作設定點數值。類比參考電壓調整訊號根據負載所消耗的電流大小而變化。所以，操作設定點根據動態負載所消耗的電流大小而變化。

由類比加法電路產生的類比誤差電壓訊號係指示輸出電壓的大小有多接近操作設定點。如上述，操作設定點係根據該類比參考電壓訊號與該類比參考電壓調整訊號的一組合。

在一個實施例中，類比至數位轉換器係設置在輸出電壓回授迴路內，使得類比至數位轉換器係被設定以將類比誤差電壓訊號（由類比加法電路所產生）轉換為數位誤差電壓訊號。

數位控制器從類比至數位轉換器接收數位誤差電壓訊號。根據數位誤差電壓訊號，數位控制器產生一或更多個控制訊號以驅動該系統的個別電源切換相位，以根據數位誤差電壓訊號增加或減少輸出電壓。

先前技術包括數個不同的「全」類比控制器（其中整個控制電路和相關元件），其不具有彈性，容易受到元件老化的影響，也可能會因為類比電路固有的不匹配情形而

有低良率。

先前技術的數位控制器使用低頻寬數位方法來實施可調適電壓定位功能。此種功能因為無法提供實施可調適電壓定位所需的頻寬，因此有缺陷。使用「全」數位（例如，其中整個可調適電壓定位波形均數位化）對類比至數位轉換器有嚴格的線性要求，其可抵銷數位控制所帶來的產品成本優勢。先前技術的數位控制器也使用低取樣率（像是低於 10MHz），因此無法實施複雜的數位非線性暫態控制方法。為了克服此問題，先前技術使用類比電路（以輔助個別的數位回授控制）來實施暫態電路。

在一個實施例中，一獨特的混合類比／數位架構包括與誤差電壓（至少 50MHz）的高速取樣耦合之寬頻類比電流回授（像是至少 1MHz 而且不會受到取樣率的頻寬限制）。高速固定誤差取樣率（不與相位切換頻率有關）可讓先進的數位演算法以精細的解析度（像是大於或等於 7 位元）來量測電壓誤差的斜率和大小。固定的取樣率也可讓數位邏輯達到低閾數。

在此所述的實施例可包括一第二低速類比至數位轉換器（ADC），用以數位化低頻寬訊號以進行像是總電流、個別相電流、輸入電壓，以及溫度的故障感測和監測。低速 ADC 可為低功率、高解析度的轉換器，像是一連續近似（successive approximation）或三角轉換器（sigma-delta converter）。

對於需要多個電壓控制迴路的應用來說，根據實施例

之高速誤差數化器 (digitizer) 可多工以數位化二或更多個誤差電壓。數位回授迴路可能會變得較複雜一些以支援多工電壓迴路，這是因為數位濾波器可加入暫存器以儲存中間數值而可輕易地重複使用。所以，所提議的數位架構係高度可擴充。

以下將揭示這些和其他更特別的實施例。

根據實施例而支援可調適電壓定位的類比／數位介面相較於傳統技術具有優勢。舉例來說，介面可包括比傳統方法要少的複雜類比至數位轉換器元件。此外，在此所述的類比／數位介面電路提供在一電流範圍內比傳統方法更為固定的輸出阻抗。

要注意的是在此所述的系統、方法，以及設備等可完全以硬體實施、或混合硬體或軟體，或者是僅有軟體，像是在一處理器、或者是作業系統，或者是在一軟體應用程式中。本發明的示範實施例可以在產品內實施，以及／或者軟體應用程式，像是由美國麻州 Tewksbury 的 CHiL Semiconductor 開發與製造的軟體實施。

如上所討論的，在此所述的技術適合用於交換電源應用，像是實施可調適電壓定位的應用。然而，要注意的是在此所述的實施例並不限於此等應用，而在此所述的技術也可用於其他應用。

另外，儘管在本說明書的不同地方會提到每一不同的特點、技術、組態設定等，然而每一個概念都可以個別實施，或者是與其他合併實施。因此，在此所述的一個或更

多發明型態可以許多不同的方式來實施與檢視。

同樣地，要注意的是有關實施例的初步討論並沒有明定每一實施例以及／或者本說明書或所申請發明所述的遞增新穎型態。反之，本說明書僅提出一般的實施例和超過傳統技術的新穎點。爲了了解本發明的額外細節與可能的型態（交換），讀者應參考本發明書以下所揭示的實施例說明和相關的圖表。

【實施方式】

根據在此所述的示範組態配置，一電源系統產生一輸出電壓以供電至一動態負載。電源系統包括一獨特的電路，其包括一類比加法電路、一類比至數位轉換器，以及一數位控制器。電源電路的輸出電壓回授迴路將輸出電壓回授給類比加法電路。類比加法電路根據：i) 接收自該輸出電壓回授迴路的輸出電壓，ii) 一類比參考電壓訊號，以及 iii) 一類比參考電壓調整訊號，以產生一類比誤差電壓訊號。類比參考電壓調整訊號可根據輸出電壓提供給動態負載的電流大小而變化。

調整類比電壓參考訊號（根據類比參考電壓調整訊號）可產生電源的一操作設定點數值。如上述，類比參考電壓調整訊號係根據負載所消耗的電流量變化，所以，操作設定點數值（輸出電壓的大小）會根據動態負載所消耗的電流量而變化。

現在，更特別地，第 3 圖所示爲根據實施例的電源系

統 300 的範例。如圖所示，電源系統 300 包括一輸出電壓回授迴路 320、電流回授迴路 (current feedback loop) 330、類比加法電路 (analog summer circuit) 311，類比至數位轉換器 312、數位控制器 314、上側開關 342、下側開關 344、能源儲存裝置 350，以及動態負載 310。

在操作中，類比加法電路 311 從輸出電壓回授迴路 320 接收一類比訊號 302。類比訊號 302 指示供電給動態負載 310 的輸出電壓 380 的大小。類比加法電路 311 同時也從電流回授迴路 330 接收類比訊號 306。類比訊號 306 指示透過輸出電壓 380 供電給動態負載 310 的電流量。類比加法電路 311 接收一類比參考電壓訊號 304。在一個實施例中，類比參考電壓訊號 304 係一固定的參考電壓數值。

根據輸入 (例如類比訊號 302、類比訊號 304，以及類比訊號 306)，類比加法電路 311 至少部分根據類比訊號 302 和類比參考電壓訊號 304 的一差異產生一類比誤差電壓訊號 308。

在一個實施例中，電源系統 300 實施可調適電壓定位以產生輸出電壓 380。在此種實施例中，類比加法電路 311 至少部分根據類比訊號 306 的大小調整類比誤差電壓訊號 308。

類比至數位轉換器 312 接收由類比加法電路 311 所產生的類比誤差電壓訊號 308。類比至數位轉換器 312 將類比誤差電壓訊號 308 轉換為數位誤差電壓訊號 313。

類比至數位轉換器 312 將數位誤差電壓訊號 313 輸出至數位控制器 314。在一個實施例中，數位控制器 314 係被設定以產生至少一個脈寬調變訊號，以便驅動電源系統 300 的上側開關 342 與下側開關 344。

如已知，當上側開關導通 342 (ON)，下側開關 344 為關閉 (OFF)。一般來說，當上側開關關閉時，下側開關 344 則導通。

根據上側開關 342 與下側開關 344 的切換，數位控制器 314 控制輸出電壓 380 的大小，舉例來說，以增加輸出電壓 380 (如果輸出電壓的大小恰好小於數位誤差電壓訊號 313 所指示的操作設定點)，數位控制器 314 在一脈寬調變週期讓上側開關 342 啓動較久的工作時間。反過來說，如果要降低輸出電壓 380 (如果輸出電壓的大小恰好大於數位誤差電壓訊號 313 所指示的較佳操作設定點)，數位控制器 314 在一脈寬調變週期讓上側開關 342 啓動較短的工作時間。

電源系統 300 可包括一單一相位 (例如包括上側開關 342、下側開關 344，儲存裝置 350 等的相位)，或平行的多個相位，以產生輸出電壓 380。

第 4A 圖所示為根據實施例的一介於類比領域 410 與數位領域 420 支援可調適電壓定位的介面之範例。類比領域 410 包括類比加法電路 311，用以處理類比電壓輸入和產生一誤差電壓訊號 308。數位領域 420 包括類比至數位轉換器 312 和數位控制器 314，以控制輸出電壓 380 的大

小。

更特別地，如第 4A 圖所示，類比加法電路 311 接收類比訊號 302、類比參考電壓訊號 304，以及類比訊號 306。在此一更特定的實施例中，類比加法電路 311 包括乘法器 425、加法電路 430，以及加法電路 435。加法電路 430 被設定根據類比訊號 302 與類比參考電壓訊號 304 之間的一差異以產生初步誤差電壓訊號 448（例如類比加法電路 311 的一內部訊號或差異訊號），舉例來說，在一個實施例中，加法電路 430 將類比訊號 302 減去類比參考電壓訊號 304 的大小，以產生誤差電壓訊號 448。

一如其名，乘法器模組 425 將類比訊號 306（代表動態負載 308 所消耗的電流量）乘上電源系統 300 的一阻抗數值（例如所需的輸出阻抗），以產生一修正訊號 442。

加法模組 435 接收誤差電壓訊號 448 以及可調適電壓定位修正訊號 442 以作為輸入。在一個實施例中，加法模組 435 將誤差電壓訊號 448 減去（可調適電壓定位）電壓修正訊號 442 以產生類比誤差電壓訊號 308。因此，根據一個實施例，加法模組 435 藉由類比修正訊號 442 的大小調整類比誤差電壓訊號 448 以產生類比誤差電壓訊號 308。

第 4A 圖所示的類比加法電路 311 僅用以舉例，而非限制本發明。要注意的是類比誤差電壓訊號也可以其他組態配置產生，像是（第 4B 圖）根據供應給動態負載 310 的電流大小修改參考電壓 304，以及，接下來，根據輸出

電壓 380 和（可調適電壓定位）調整的參考電壓數值之比較產生一差異電壓。

在此實施例中，電流回授迴路包括一電流消耗訊號（例如訊號 306），用以指示動態負載 310 所消耗的電流大小。類比加法電路 311 可包括一乘法電路 465，用以將電流消耗訊號轉換為類比參考調整訊號 482。類比參考調整訊號 482 支援可調適電壓定位，其中操作設定點（例如調整的參考電壓 490）會根據動態負載 310 所消耗的電流大小而變化。

調整的參考電壓 490 根據輸出電壓 380 提供給動態負載 310 的電流量而變化。如前述，類比至數位轉換器 312 將類比誤差電壓訊號 308 轉換為數位誤差電壓訊號 313。

對於第 4A 圖或 4B 圖所示的類比加法電路來說，在操作中，數位誤差電壓訊號 313 在類比訊號 302 遠離類比參考電壓訊號 304 的情況下產生較大的數位誤差電壓訊號 313，而在類比訊號 302 接近類比參考電壓訊號 304 時產生較小的數值。如前述，數位控制器 314 利用數位誤差電壓訊號 313 以產生一或更多個脈寬調變訊號以驅動一或更多個個別的電源相位，以調整輸出電壓和降低數位誤差電壓訊號的大小。

第 5 圖所示為根據實施例的一使用類比加法電路 311 的電源電路的假設性基本線性輸出阻抗之範例。如第 4A 圖與 4B 圖所示，將類比至數位轉換器 312 放置於類比加法電路 311 和數位控制器 314 之間，讓電源系統 300 的

輸出在輸出電壓 380 輸出給動態負載 310 的電流範圍內，具有對應的實質上（substantially）線性的直流輸出阻抗。

第 6 圖所示為根據實施例的用以校準類比至數位轉換器 312 以支援可調適電壓定位的範例。

如圖所示，類比至數位轉換器 312 產生的個別數位誤差電壓訊號 313 的大小係以計數的方式量測。舉例來說，在類比至數位轉換器所產生的計數數值的中間位置之計數數值 N 對應至零。當類比至數位轉換器 312 產生 N 個計數的數值，供應給動態負載 310 的輸出電壓 380 相當於電流消耗設定點。

當類比至數位轉換器 312 產生的計數數值大於或等於 N ，數位控制器 314 起始控制訊號以增加或減少輸出電壓 380 的大小，接著將會使得數位誤差電壓訊號 313（由類比至數位轉換器 312 產生）再次回到 N 的計數數值。當動態負載 310 所消耗的電流改變時，操作設定點（例如，輸出電壓 380 的所需大小）也會改變。根據此方式，如前述，數位控制器 314 持續地根據數位誤差電壓訊號 313 以更新個別的控制訊號，以維持輸出電壓 380 的大小在可容許的範圍內。

類比加法電路 311、類比至數位轉換器 312，以及相關的元件可能會因為元件變動而不精確。在一個實施例中，為了考慮到元件變動並提供更佳的準確度，類比至數位轉換器 312 會利用一或更多個計數數值校準，以提供誤差

電壓的更精確量測。在一個實施例中，類比至數位轉換器具有輸出計數範圍在一最小值與一最大值之間。如前述，計數數值 N 對應至在最小值與最大值之間的輸出範圍的中間數值。

在一進一步的實施例中，類比至數位轉換器 312 的計數 N 可對應至類比誤差電壓訊號 308 的大小為零的情形。換句話說，計數數值 N 是類比至數位轉換器 312 的輸出計數數值範圍內一個特殊的數值，是在輸出電壓 380 實質上 (substantially) 等於所需的操作設定點數值的情況下所產生。

然而，由於電路不精確的關係，類比至數位轉換器 312 的計數數值 N 可能對應至一電壓數值，舉例來說，0.020 伏特而非零伏特。為了提供錯誤修正，實施例包括產生一偏移數值已調整在計數範圍內，類比至數位轉換器 312 的輸出。舉例來說，錯誤修正包括一個 -2 的偏移調整數值，其可應用至數位誤差電壓訊號 313，使得數位控制器 313 可根據所接收到的誤差電壓訊號的更準確讀數而操作。

類比至數位轉換器 312 的輸出在輸出計數範圍內的多重數值的每一個都可能不太精確，舉例來說，誤差的百分率大小在計數範圍內可能會有變化，使得類比至數位轉換器為非線性的。在一個實施例中，即使可以針對單一計數電壓數值像是 N 進行測試以達到校準的功能，誤差修正仍可包括產生一單一計數數值以應用於類比至數位轉換

器的範圍以提供修正。在此種實施中，修正可為，舉例來說，當誤差電壓訊號的大小為零的情形下，需要用來降低類比至數位轉換器 312 的計數數值的誤差之數值，而非在其他計數數值下的修正。

在第 6 圖的範例中，數位控制器 314 將一計數為 -2 的偏移修正數值加至類比至數位轉換器 312 所產生的原始數位誤差電壓訊號 313，以便更精確地量測誤差電壓訊號，並接著為動態負載 310 的給定電流消耗，產生一較為精確的輸出電壓 380。如上述，即使在類比至數位轉換器 312 的輸出範圍內已經針對單一計數數值進行校準，計數為 -2 的對應偏移值或偏移調整數值仍可應用於類比至數位轉換器 312 的輸出範圍內之數位誤差電壓訊號 313。在一個實施例中，偏移修正或偏移調整數值至少針對在輸出範圍內的特別數值（例如 N 計數）降低類比至數位轉換器 312 的一誤差。根據類比至數位轉換器的計數的線性關係，誤差修正數值可對 N 計數以外的數值提供不同程度的誤差修正，這是因為類比至數位轉換器 312 為非線性的關係。換句話說，對於 N 計數的特殊數值以外的數值進行修正可能會比較不精確，因為所應用的校準數值並非針對類比至數位轉換器 312 的輸出範圍內的每一個計數數值執行。

舉例來說，為了執行校準，一測試裝置輸入驅動類比訊號 302，使其實質上（substantially）等於參考電壓 304。在類比至數位轉換器 312 的輸出進行量測。類比至數位

轉換器 312 的輸出應指示誤差電壓為零伏特。如果類比至數位轉換器 312 的輸出並不等於零伏特，此時會計算一偏移值。此偏移值指示用以更改類比至數位轉換器 312 的一數值以提供修正。如前述，針對測試電壓所計算的偏移數值可應用於類比至數位轉換器 312 的輸出範圍內。舉例來說，如果用測試數值所計算而得的偏移數值為 -2（例如，當輸出電壓實質上（substantially）等於參考電壓），則計數為 -2 的調整數值可加入至類比至數位轉換器 312 的輸出，用於類比至數位轉換器 312 的整個範圍的每一個數值。

所以，實施例可包括校準操作，將類比訊號 302 的大小設定為實質上（substantially）與參考電壓 304 的電壓相同。在校準測試中，可為類比訊號 306 選擇一標稱數值。儘管類比電壓 302 的大小實質上（substantially）等於參考電壓 304，類比至數位轉換器 312 仍會為數位誤差電壓訊號 313 產生一給定的計數數值，由校準測試設備（或數位控制器 314）接收給定的計數數值。在此所述的實施例可進一步包括利用測試設備（或數位控制器 314）計算一偏移數值，用以施加至給定計數值，使得當偏移數值加至給定的計數數值時，會產生一數位誤差電壓訊號 313，其具有實質上零伏特的大小。在電源系統操作中，校準結果像是校準的偏移數值可應用於類比至數位轉換器 312 的一範圍以修正數位誤差電壓訊號 313。換句話說，給定的計數數值 N（例如，當誤差電壓訊號的大小為零）和其他

在類比至數位轉換器 312 的範圍內的計數數值（例如，當誤差電壓訊號的大小不為零的計數數值）可以在一般電源操作中被修正，像是，當電源正在驅動動態負載 310 時主動控制輸出電壓至一想要的數值。

第 7 圖所示為根據實施例的用以實施類比／數位介面的可調適電壓定位的電源電路之範例。根據先前所討論的方式，類比加法電路 311 產生一類比誤差電壓訊號，然後被轉換為輸出至數位控制器 314 的數位誤差電壓訊號。接著，數位控制器 314 產生一或更多個脈寬調變訊號，用以驅動電源系統 300 的個別相位。

第 7 圖的實施例提供一種有效節省成本的方式以實施數位控制和監測供電給伺服器和桌上型電腦的微處理器、圖形處理器，以及記憶體之多相直流對直流（DC-DC）電壓調整器。舉例來說，根據一個實施例，此方法可使用一寬頻類比回授電路以提供實施主動電壓定位（AVP）所需的電流資訊所用的加法路徑，加上高速類比至數位轉換器 312 將類比誤差訊號（ $V_{out}(\text{actual}) - V_{out}(\text{desired}) - I_{out} * R_{LOADLINE}$ ）轉換為高速位元流 $V_{out}(\text{actual})$ 代表輸出電壓 380 的大小。 $V_{out}(\text{desired})$ 代表參考電壓 304。 $I_{out} * R_{LOADLINE}$ 代表可調適電壓定位的調整，所以輸出電壓 380 的大小會跟著 AVP 電壓而變化。

在一個實施例中，ADC 的取樣率是固定頻率並與每一相位的交換頻率無關地操作。以一非限制性範例為例，取樣可為至少 5 倍的漣波頻率（ripple frequency）（N 個

相位的交換頻率)，而解析度（ADC 的最低有效位元（LSB）的大小）可小於漣波電壓的 $1/2$ ，漣波電壓一般為 10mV 這些參數會根據應用而有變化。

使用高過取樣率和精細的解析度可用來實施取決於精確的誤差電壓大小和個別斜率的量測（隨時間變化）之複雜的封閉迴路非線性控制函數。

誤差數位化 ADC（例如類比至數位轉換器 312）可配合一低功率、低速、高解析度（至少八位元）的 ADC（例如類比至數位轉換器 712），後者可用來數位化 AVP 電壓，以便提供負載電流的數位量測。

先前技術使用類比的控制器，因此無法使用複雜的非線性控制方法。其他的先前技術使用權數位的方式，由 ADC 數位化整個 AVP 電壓範圍，在這些方法中，ADC 必須具備良好的線性，因為被調節的電壓會依據負載電流而使用不同部分的誤差 ADC，所以調節精確度會依據 ADC 的線性程度而有不同。根據實施例，由於標稱的設定點永遠在或者是圍繞著 ADC 的中心，因此實際上並非如此。此外，在傳統的「全」數位方式中，AVP 回授迴路必須為寬頻以調節快速重複的載入步驟。以數位方式實施寬頻 AVP 相當複雜，並且需要使用二個高速 ADC 頻道（其中一個可為多工，但是會造成取樣率增加）。

為了輔助類比至數位轉換器 312，實施例中可包括一第二類比至數位轉換器 712。第二類比至數位轉換器 712 可設定以產生一代表動態負載 310 所消耗的電流量的訊號

。在一個實施例中，因為類比至數位轉換器 312 是在回授迴路中，類比至數位轉換器 312 實質上 (substantially) 要比類比至數位轉換器 712 要快。更特別地，在非限制性的範例中，類比至數位轉換器 312 可被設定以在超過 25MHz 的速度操作，而類比至數位轉換器 712 可被設定以在低於 25MHz 的速度操作。類比至數位轉換器 312 可具有較類比至數位轉換器 712 低的解析度。

第 8 圖所示為根據實施例的用以實施一類比／數位介面的可調適電壓定位的電源電路之範例。

如圖所示，針對多個電壓控制迴路，根據實施例的高速誤差數化器可藉由多工以數位化二或更多個誤差電壓。數位回授迴路可能會變得較複雜一些以支援多工電壓迴路，這是因為數位濾波器可加入暫存器以儲存中間數值而可輕易地重複使用。所以，所提議的數位架構係高度可擴充。

第 9 圖所示為根據實施例的使用類比加法電路與類比至數位轉換器以實施可調適電壓定位的示範方法之流程圖。電源電路所支援的功能，更特別地，與類比加法電路 310 (以及相關的元件像是類比至數位轉換器 312 與數位控制器 314) 相關的功能，將透過第 9 圖的流程圖 900 加以討論。要注意的是在此所述和第 1 圖至第 8 圖所討論的概念會有部份重疊之處。

在步驟 910，類比加法電路 311 接收類比訊號 302。類比訊號 302 指示用以供電給動態負載 310 的輸出電壓

380 的大小。

在步驟 920，類比加法電路 311 接收類比訊號 306。類比訊號 306 指示透過輸出電壓 380 供應給動態負載 310 的電流量。

在步驟 930，類比加法電路 311 接收類比參考電壓訊號 304。

在步驟 940，類比加法電路 311 至少部分根據類比訊號 302 和類比參考電壓訊號 304 之間的差異，產生類比誤差電壓訊號 308。類比誤差電壓訊號 308 可至少根據類比訊號 306 的大小而調整。

在步驟 950，類比至數位轉換器 312 將類比誤差電壓訊號 308 轉換為數位誤差電壓訊號 313。

在步驟 960，類比至數位轉換器 312 將數位誤差電壓訊號 313 輸出至數位控制器 314。數位控制器 314 可被設定以產生至少一個脈寬調變訊號，以控制電源的一或更多個相位，以及，輸出電壓的大小。

要注意的是在此所述的技術非常適合用於電源供應電路系統，而且特別適用於採用可調適電壓定位的電路系統中。然而，要注意的是，在此所述的實施例並不限於此類應用，而在此所述的技術也適合用於其他應用。

儘管本發明已透過較佳實施例加以說明，然而熟悉此技藝者應可在申請專利範圍所定義的精神與範疇內對本發明進行各種變化。此等變化均視為在本發明的範疇中。因此，前述有關本發明的實施例並非用以限制，而有關本發

明的任何限制應以申請專利範圍為主。

【圖式簡單說明】

有關本發明的前述和其他目的、特點，以及優勢將可透過更為特定的實施例加以了解，並配合所附的圖表說明，其中參考標號所指為不同視圖下的相同組件。圖示並不一定按照比例，有可能因為要說明實施例、原則，以及概念等而會強調。

第 1 圖所示為根據先前技術的電源加法電路的概要圖；

第 2 圖所示為根據先前技術的假設性輸出阻抗的範例；

第 3 圖所示為根據實施例的電源交換電路的範例；

第 4A 圖與 4B 圖所示為根據實施例的支援可調適電壓定位的電路範例；

第 5 圖所示為根據實施例的一電源電路的假設性基本線性輸出阻抗的範例；

第 6 圖所示為根據實施例的用以校準混合可調適電壓定位電路的範例；

第 7 圖所示為根據實施例的用以實施類比／數位介面以及可調適電壓定位的電源電路之範例；

第 8 圖（例如第 8A 圖與第 8B 圖）所示為根據實施例的用以實施一類比／數位介面以及可調適電壓定位的電源電路之範例；以及

第 9 圖所示為根據實施例的支援可調適電壓定位的示範方法之流程圖。

【主要元件符號說明】

- 100：加法電路
- 101：類比至數位轉換器
- 102：類比至數位轉換器
- 300：電源系統
- 302：類比訊號
- 304：類比訊號
- 306：類比訊號
- 308：類比誤差電壓訊號
- 310：動態負載
- 311：類比加法電路
- 312：類比至數位轉換器
- 313：數位誤差電壓訊號
- 314：數位控制器
- 320：輸出電壓回授迴路
- 330：電流回授迴路
- 342：上側開關
- 344：下側開關
- 350：能源儲存裝置
- 380：輸出電壓
- 410：類比領域

- 420 : 數位領域
- 425 : 乘法器
- 430 : 加法電路
- 435 : 加法電路
- 442 : 修正訊號
- 448 : 初步誤差電壓訊號
- 465 : 乘法電路
- 482 : 類比參考調整訊號
- 490 : 調整的參考電壓
- 712 : 第二類比至數位轉換器

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99102134

※申請日：99年01月26日

※IPC分類：

G06F 1/26 (2006.01)
G05F 1/00 (2006.01)
H03M 1/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

混合類比/數位電源電路

Hybrid analog/digital power supply circuit

二、中文發明摘要：

根據在此所述的示範設定組態，一種電源系統包括一獨特電路，其包括一類比加法電路、一類比數位轉換器，以及一數位控制器。該電源系統的一輸出電壓回授控制迴路回授該輸出電壓至該類比加法電路。該類比加法電路根據：i) 接收自該輸出電壓回授迴路的該輸出電壓，ii) 一類比參考電壓訊號，以及 iii) 一類比參考電壓調整訊號，以產生一類比誤差電壓訊號。該類比參考電壓調整訊號會依據該輸出電壓提供給該動態負載的一電流大小而變化。因此，該類比加法電路可被設定以支援可調適電壓定位。該類比數位轉換器轉換該類比誤差電壓訊號為一數位誤差電壓訊號。一控制器根據該數位誤差電壓訊號產生輸出電壓控制訊號。

三、英文發明摘要：

According to example configurations as described herein, a power supply system includes a unique circuit including an analog summer circuit, an analog-to-digital converter, and a digital controller. An output voltage feedback control loop of the power supply system feeds back the output voltage to the analog summer circuit. The analog summer circuit generates an analog error voltage signal based on: i) the output voltage received from the output voltage feedback loop, ii) an analog reference voltage signal, and iii) an analog reference voltage adjustment signal. The analog reference voltage adjustment signal varies depending on a magnitude of current provided by the output voltage to the dynamic load. Accordingly, the analog summer circuit can be configured to support adaptive voltage positioning. The analog-to-digital converter converts the analog error voltage signal into a digital error voltage signal. A controller generates output voltage control signal(s) based on the digital error voltage signal.

七、申請專利範圍：

1. 一種用以產生一輸出電壓以供電給一動態負載之系統，該系統包含：

一輸出電壓回授控制迴路；

一位於該輸出電壓回授控制迴路內的類比加法電路，該類比加法電路被設定以根據以下而產生一類比誤差電壓訊號：

i) 接收自該輸出電壓回授迴路的該輸出電壓，

ii) 一類比參考電壓訊號，以及

iii) 一類比參考電壓調整訊號；

該類比誤差電壓訊號指示該輸出電壓的一大小有多接近一操作設定點，該操作設定點係根據該類比參考電壓訊號與該類比參考電壓調整訊號的一組合；

一被設置於該輸出電壓回授控制迴路內的類比數位轉換器，該類比數位轉換器係被設定以將該類比誤差電壓訊號轉換為一數位誤差電壓訊號；以及

一被設定以根據該數位誤差電壓訊號產生一控制訊號之數位控制器，該控制訊號驅動該系統的一個別的電源切換相位以產生該輸出電壓。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之系統，其中該數位誤差電壓訊號的一大小依據該輸出電壓有多接近該操作設定點而在該類比數位轉換器的一輸出範圍內變化，該數位誤差電壓訊號在該輸出電壓的大小離該操作設定點較遠的情形下較大，而在該輸出電壓的大小離該操作設定點較近的

情形下較小。

3.如申請專利範圍第 2 項所述之系統，其中該類比數位轉換器的該輸出範圍內的一特定數值對應至該輸出電壓實質上（substantially）等於該操作設定點的一狀態。

4.如申請專利範圍第 2 項所述之系統更包含：

一被應用於該類比數位轉換器的該輸出範圍之上的數位誤差電壓訊號之偏移調整數值，該偏移調整數值將該類比數位轉換器的一誤差至少降低在該輸出範圍內的該特定數值。

5.如申請專利範圍第 3 項所述之系統，其中該輸出範圍係由該輸出範圍中的一最小值與一最大值所定義；以及其中該特定數值係一介於該最小值與該最大值之間的該輸出範圍內的中間數值。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之系統更包含：

一輸出電流回授迴路，該輸出電流回授迴路包括一指示該動態負載相對於該輸出電壓所消耗的一電流大小之電流消耗訊號；以及

其中該類比加法電路包括用以將該電流消耗訊號轉換為該類比參考調整訊號之電路。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之系統，其中該類比調整訊號支援可調適電壓定位，其中該用以控制該輸出電壓的操作設定點係依據該動態負載所消耗的一電流大小而改變。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之系統，其中該類比數

位轉換器為一第一類比數位轉換器，該系統更包含：

一用以產生一代表由該動態負載所消耗的一電流大小之第二類比數位轉換器，該第二類比數位轉換器實質上（*substantially*）比該第一類比數位轉換器快速。

9.如申請專利範圍第 8 項所述之系統，其中該第一類比數位轉換器係以一大於 25 兆赫的速度操作，而該第二類比數位轉換器係以一小於 25 兆赫的速度操作。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之系統，其中該類比電壓調整訊號的大小根據該輸出電壓所提供給該動態負載的一電流量而變化。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之系統，其中該操作設定點的大小根據該輸出電壓所提供給該動態負載的一電流量而變化。

12.如申請專利範圍第 11 項所述之系統，其中該類比數位轉換器將該類比誤差電壓訊號轉換為該數位誤差電壓訊號使得該輸出電壓在一輸出至該動態負載的電流的範圍之上具有一對應的實質上（*substantially*）線性直流輸出阻抗。

13.一種方法，包含：

接收一第一類比訊號，該第一類比訊號指示一用以供電給一動態負載之輸出電壓的一大小；

接收一第二類比訊號，該第二類比訊號指示一由該輸出電壓供應給該動態負載之電流的一大小；

接收一類比參考電壓訊號；

至少部分地根據該第一類比訊號與該類比參考電壓訊號之間的一差異產生一類比誤差電壓訊號，該類比誤差電壓訊號係至少部分地根據該第二類比訊號的一大小而調整；

將該類比誤差電壓訊號轉換為一數位誤差電壓訊號；
以及

將該數位誤差電壓訊號輸出至一數位控制器，該數位控制器係被設定以產生至少一個脈寬調變訊號以控制該輸出電壓的該大小。

14.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該產生該類比誤差電壓訊號的步驟包括：

根據該第一類比訊號與該類比參考電壓訊號之間的一差異產生一內部類比誤差電壓訊號；

將該第二類比訊號乘以一阻抗數值以產生一類比修正訊號；以及

藉由該類比修正訊號的一數量調整該內部類比誤差電壓訊號以產生該類比誤差電壓訊號。

15.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中根據該第一類比訊號與該類比參考電壓訊號之間的該差異產生該類比誤差電壓訊號的步驟包含：

在該第一類比訊號的大小離該類比參考訊號較遠的情形下產生具有一較大數值的該數位誤差電壓訊號，而在該第一類比訊號的大小離該類比參考訊號較近的情形下產生具有一較小數值的該數位誤差電壓訊號。

16.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中根據該第一類比訊號與該類比參考電壓訊號之間的該差異產生該類比誤差電壓訊號的步驟包含：

從該第一類比訊號的一大小減去該類比參考電壓訊號的一大小。

17.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中將該數位誤差電壓訊號輸出可使得該數位控制器產生該至少一個脈寬調變訊號以調整該輸出電壓而降低該數位誤差電壓訊號的一大小。

18.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中該第二類比訊號的一大小依據該動態負載所消耗的一電流量而變化；以及

其中該第二類比訊號可讓該輸出電壓透過可調適電壓定位而被控制。

19.如申請專利範圍第 13 項所述之方法更包含：

設定該第一類比電壓的一大小實質上 (substantially) 等於該參考電壓；

當該第一類比電壓的該大小實質上 (substantially) 等於該參考電壓時，接收一與該數位誤差電壓訊號相關的給定計數數值；

計算一偏移值以應用於該給定計數數值，該偏移值在被加進該給定計數數值時產生一具有實質上 (substantially) 為零伏特的一大小之一數位誤差電壓訊號；以及

將該偏移值應用於一產生該數位誤差電壓訊號的類比數位轉換器的一範圍之上，該範圍包括該給定計數數值以及由該類比數位轉換器輸出的多個其他計數數值。

20.如申請專利範圍第 13 項所述之方法，其中將該類比誤差電壓轉換為該數位誤差電壓訊號的步驟使得該輸出電壓在一藉由該輸出電壓輸出至該動態負載的電流的範圍之上具有一對應的實質上（substantially）線性直流輸出阻抗。

21.一種電源電路，包含：

用以接收一第一類比訊號的裝置，該第一類比訊號指示一用以供電給一動態負載之輸出電壓的一大小；

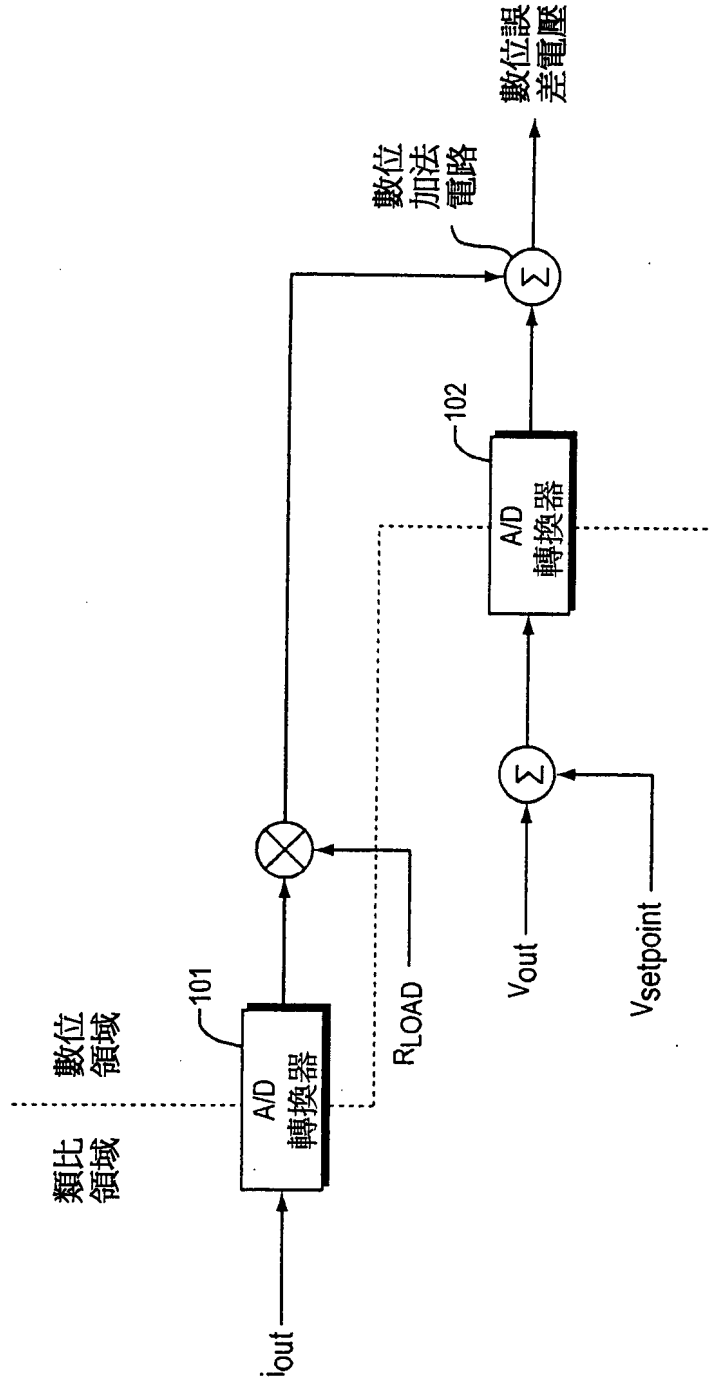
用以接收一第二類比訊號的裝置，該第二類比訊號指示一由該輸出電壓供應給該動態負載之電流的一大小；

用以接收一類比參考電壓訊號的裝置；

用以至少部分地根據該第一類比訊號與該類比參考電壓訊號之間的一差異產生一類比誤差電壓訊號之裝置，該類比誤差電壓訊號係至少部分地根據該第二類比訊號的一大小而調整；

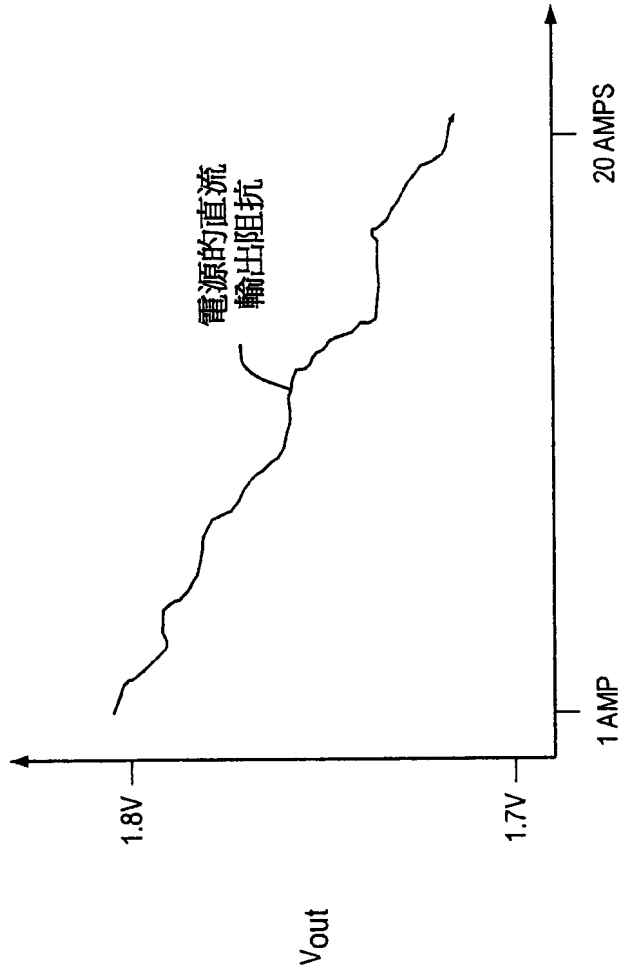
用以將該類比誤差電壓訊號轉換為一數位誤差電壓訊號的裝置；以及

用以將該數位誤差電壓訊號輸出至一數位控制器的裝置，該數位控制器係被設定以產生至少一個脈寬調變訊號以控制該輸出電壓的該大小。

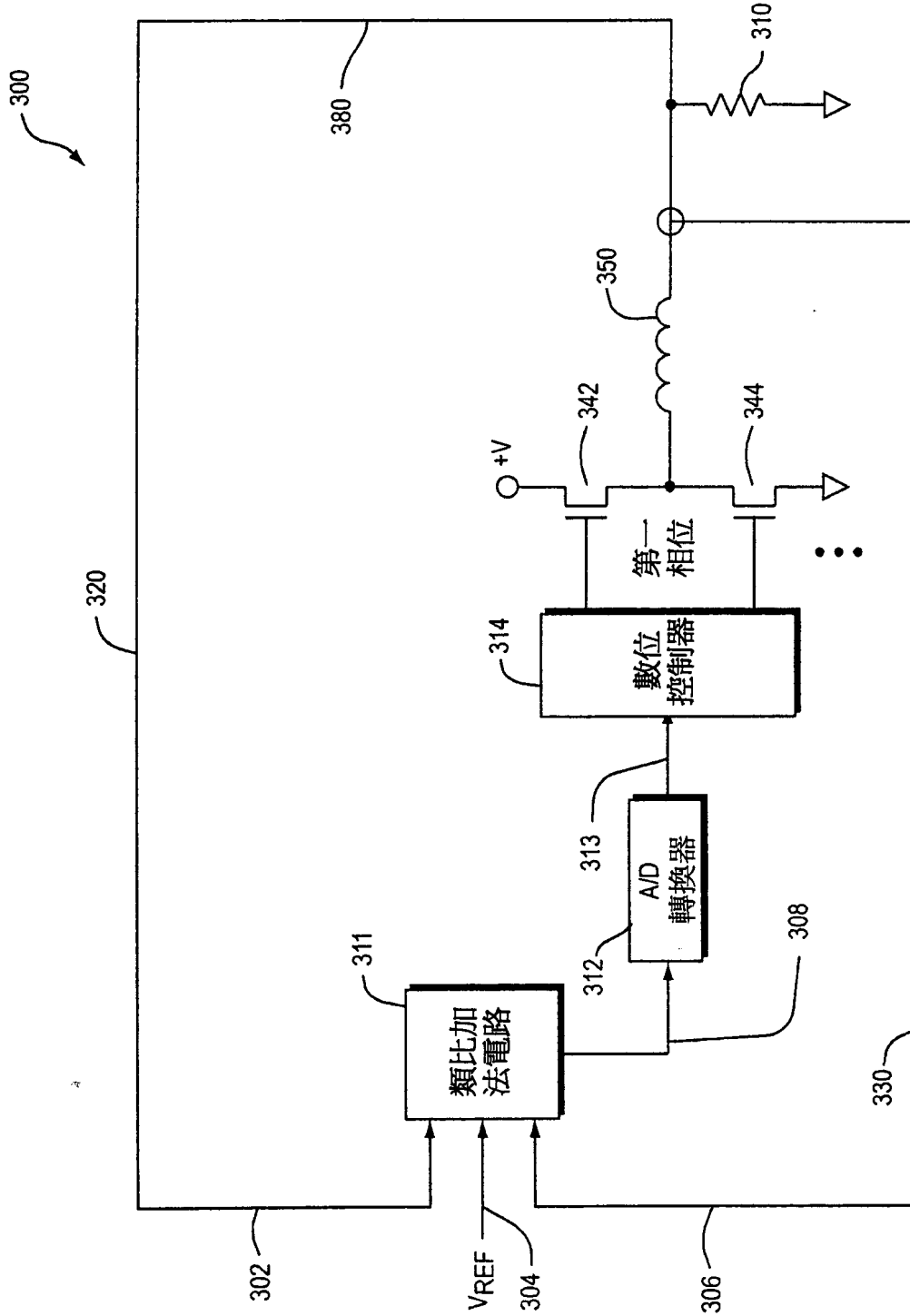


第1圖

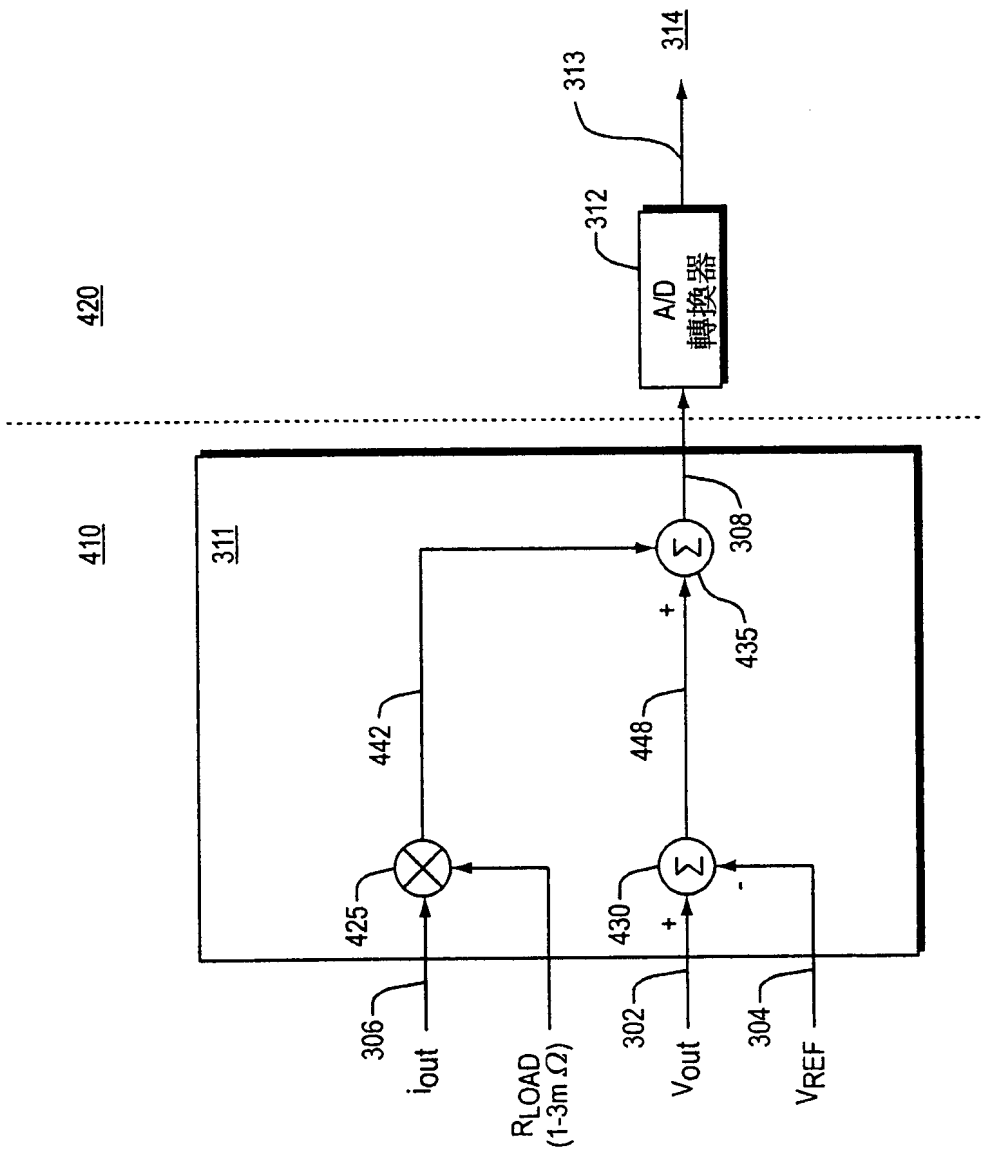
(先前技術)



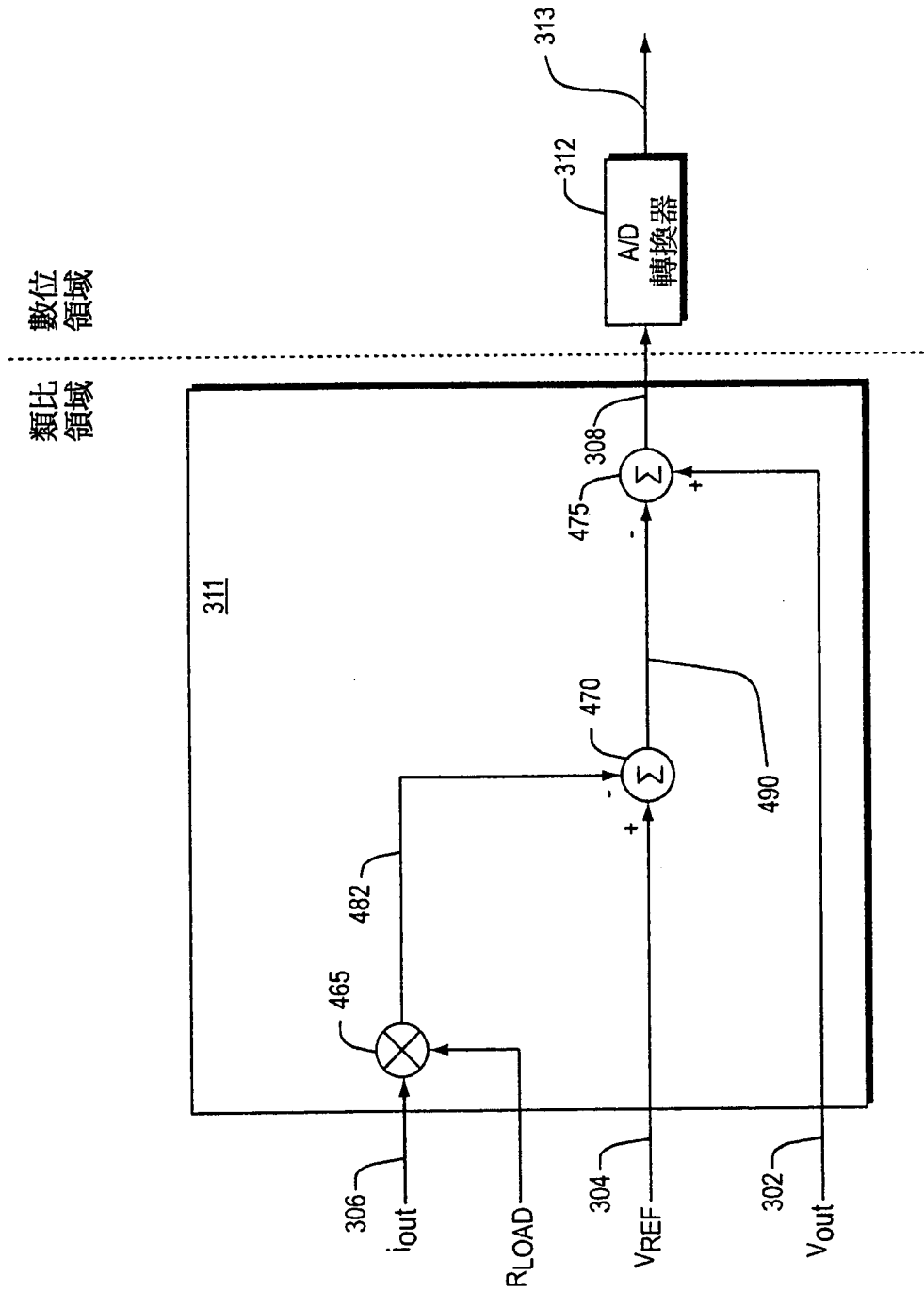
第2圖
(先前技術)



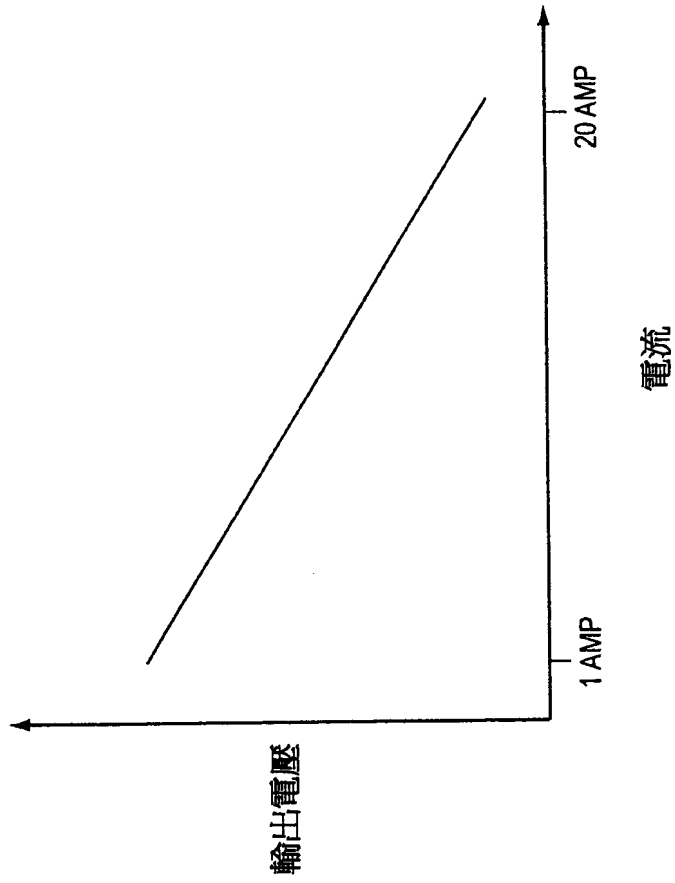
第3圖



第4A圖

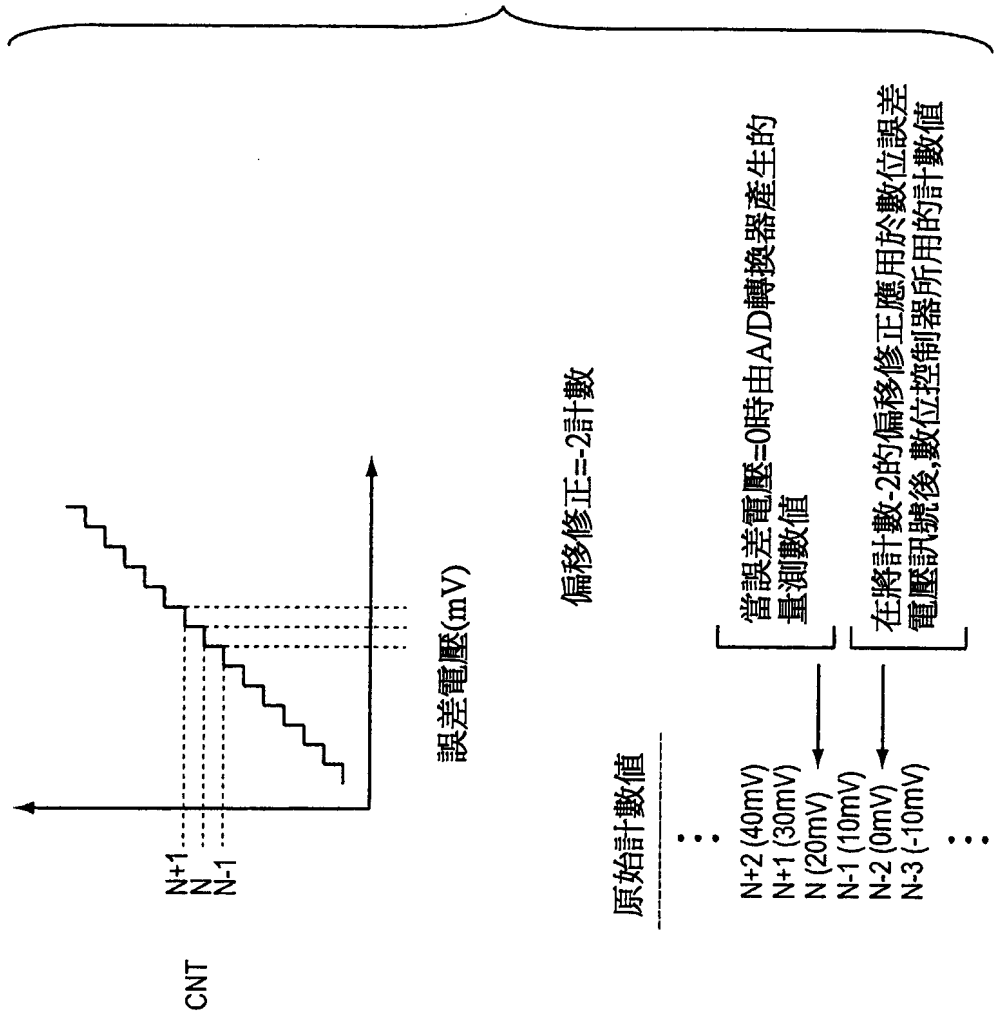


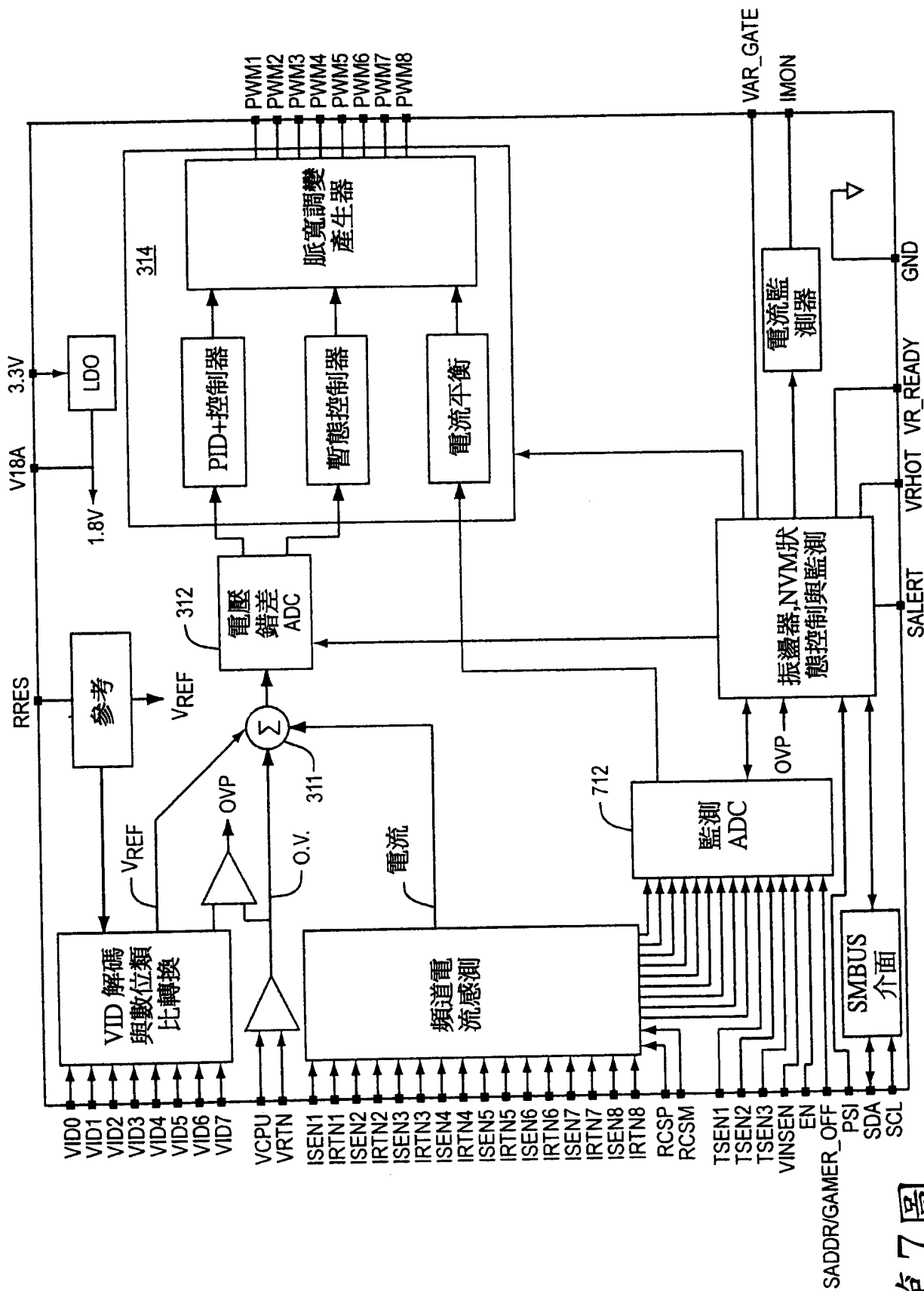
第4B圖



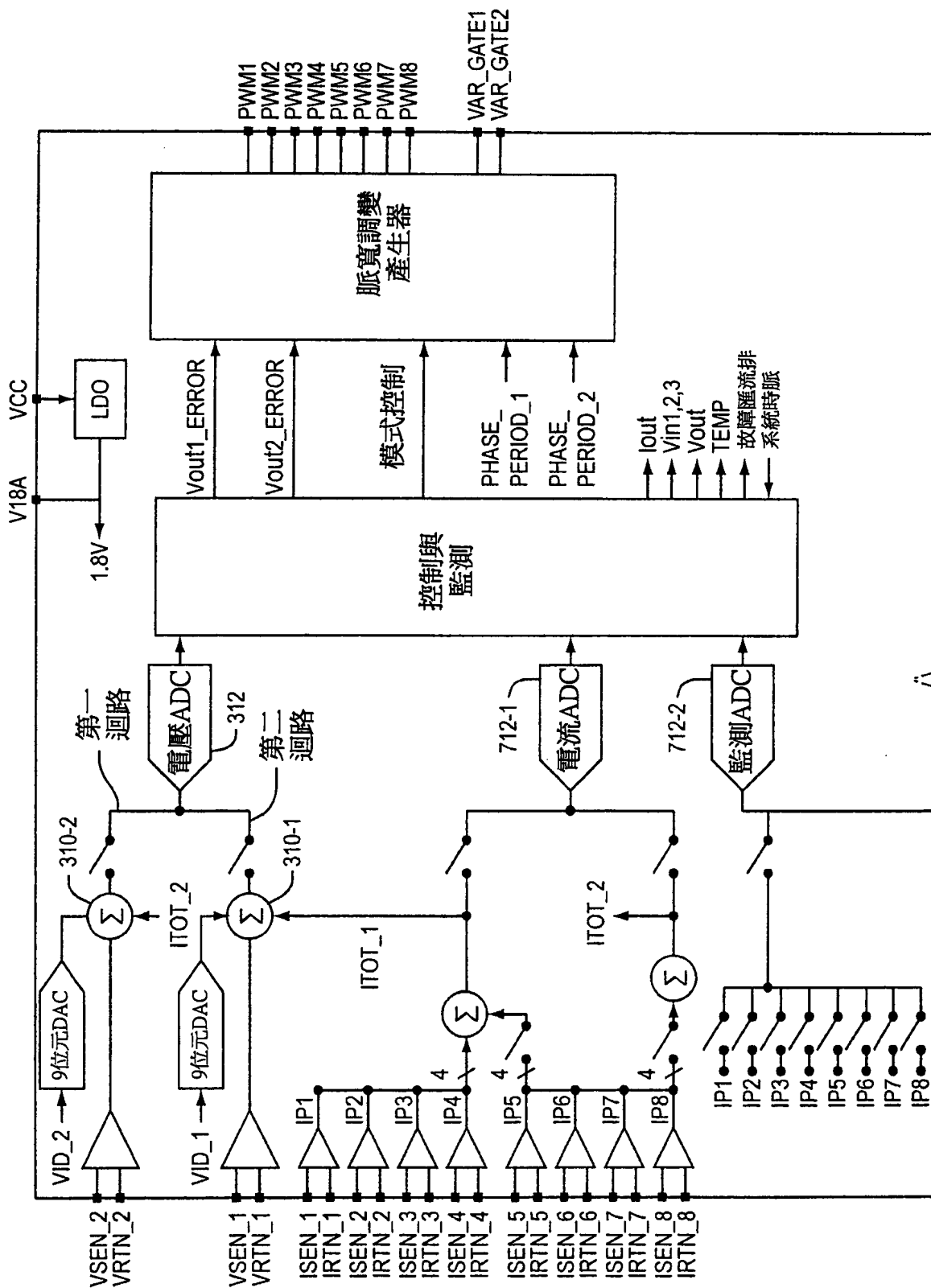
第5圖

第6圖



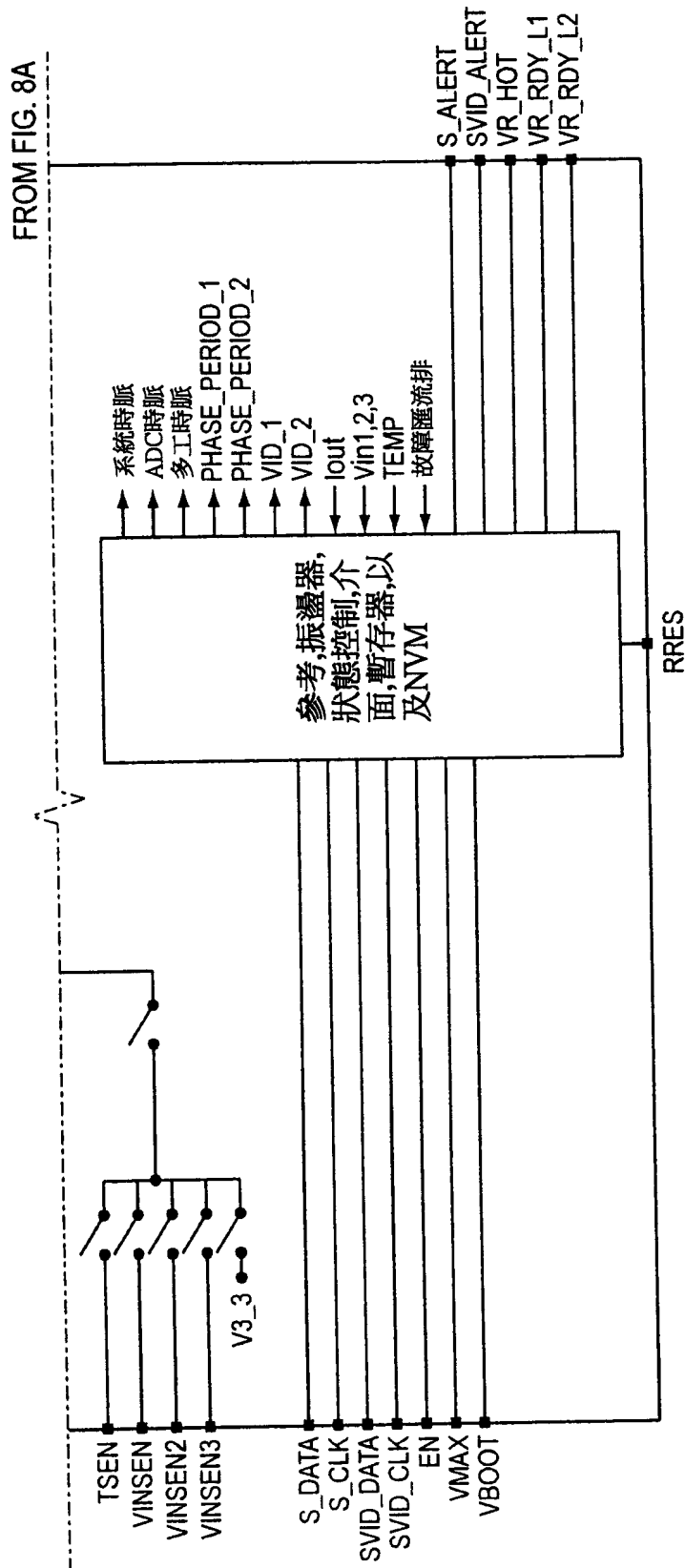


第7圖

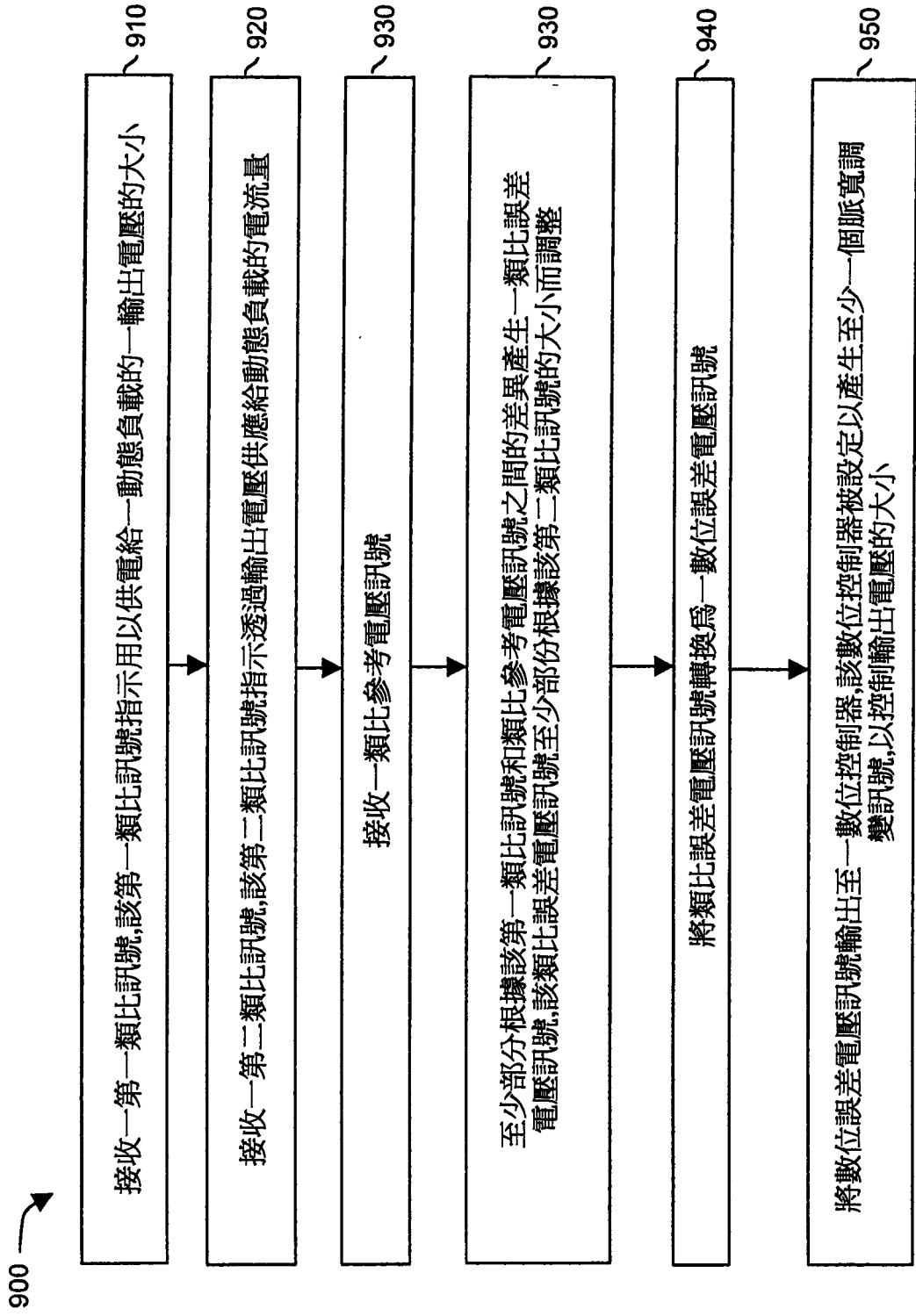


TO FIG. 8B

第8A圖



第8B圖



第9圖

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第 4A 圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

302：類比訊號

304：類比訊號

306：類比訊號

308：類比誤差電壓訊號

311：類比加法電路

312：類比至數位轉換器

313：數位誤差電壓訊號

314：數位控制器

410：類比領域

420：數位領域

425：乘法器

430：加法電路

435：加法電路

442：修正訊號

448：初步誤差電壓訊號

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無