

(21) 申請案號：104133996

(22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 16 日

(51) Int. Cl. : H02M3/157 (2006.01)

(71) 申請人：國立雲林科技大學 (中華民國) NATIONAL YUNLIN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

雲林縣斗六市大學路三段 123 號

(72) 發明人：許明華 (TW)；夏世昌 HSIA, SHIH-CHANG (TW)；伍峰宏 WU, FENG-HUNG (TW)

(74) 代理人：黃志揚

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：9 項 圖式數：7 共 23 頁

(54) 名稱

數位變頻式電壓轉換器

(57) 摘要

一種數位變頻式電壓轉換器，係輸入電壓穩定轉換輸出為一輸出電壓，該數位變頻式電壓轉換器包含有一開關切換單元、一充放電穩定輸出單元、一數位脈波產生單元、一迴授電壓控制單元以及一頻率輸出選擇單元。該數位脈波產生單元產生一數位脈波訊號予該開關切換單元，以控制該輸入電壓至該充放電穩定輸出單元之間的導通狀態，該迴授電壓控制單元透過該輸出電壓的迴授而控制該數位脈波訊號的佔空比，該頻率輸出選擇單元則控制該數位脈波訊號的頻率，並藉由該輸入電壓端所回饋之電流值選擇最佳的頻率，藉此調整出該數位脈波訊號的最佳頻率及佔空比。

指定代表圖：

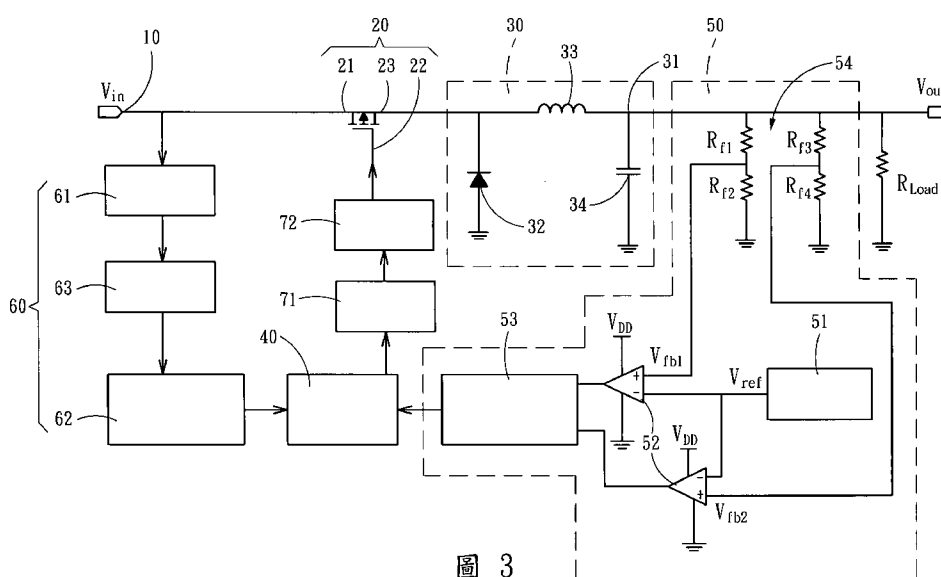


圖 3

符號簡單說明：

- 10 . . . 輸入電壓端
- 20 . . . 開關切換單元
- 21 . . . 切換輸入端
- 22 . . . 控制端
- 23 . . . 切換輸出端
- 30 . . . 充放電穩定輸出單元
- 31 . . . 輸出電壓端
- 32 . . . 單向導通模組
- 33 . . . 電感
- 34 . . . 電容
- 40 . . . 數位脈波產生單元

- 50 . . . 迴授電壓控制單元
- 51 . . . 參考電壓模組
- 52 . . . 比較模組
- 53 . . . 佔空比計數模組
- 54 . . . 電阻模組
- 60 . . . 頻率輸出選擇單元
- 61 . . . 電流感應模組
- 62 . . . 頻率記憶控制模組
- 63 . . . 類比數位轉換模組
- 71 . . . 位準移位單元
- 72 . . . 驅動緩衝單元



## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 數位變頻式電壓轉換器

【中文】一種數位變頻式電壓轉換器，係輸入電壓穩定轉換輸出為一輸出電壓，該數位變頻式電壓轉換器包含有一開關切換單元、一充放電穩定輸出單元、一數位脈波產生單元、一迴授電壓控制單元以及一頻率輸出選擇單元。該數位脈波產生單元產生一數位脈波訊號予該開關切換單元，以控制該輸入電壓至該充放電穩定輸出單元之間的導通狀態，該迴授電壓控制單元透過該輸出電壓的迴授而控制該數位脈波訊號的佔空比，該頻率輸出選擇單元則控制該數位脈波訊號的頻率，並藉由該輸入電壓端所回饋之電流值選擇最佳的頻率，藉此調整出該數位脈波訊號的最佳頻率及佔空比。

【指定代表圖】 圖3。

【代表圖之符號簡單說明】

10：輸入電壓端

20：開關切換單元

21：切換輸入端

22：控制端

23：切換輸出端

30：充放電穩定輸出單元

31：輸出電壓端

32：單向導通模組

33：電感

34：電容

- 40：數位脈波產生單元
- 50：迴授電壓控制單元
- 51：參考電壓模組
- 52：比較模組
- 53：佔空比計數模組
- 54：電阻模組
- 60：頻率輸出選擇單元
- 61：電流感應模組
- 62：頻率記憶控制模組
- 63：類比數位轉換模組
- 71：位準移位單元
- 72：驅動緩衝單元

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 數位變頻式電壓轉換器

### 【技術領域】

【0001】本發明係有關一種電壓轉換器，特別是指一種數位變頻式電壓轉換器。

### 【先前技術】

【0002】請配合參閱「圖1A」及「圖1B」所示，其係為降壓轉換器（Buck Converter）之基本架構，於開關1導通時，一輸入端 $V_i$ 對一電感2以及一電容3進行充電，一輸出端 $V_o$ 則呈現該電容3的充電電壓結果；而當如「圖1B」之狀態時，該開關1斷開連接，則該電容3開始進行放電，並透過一二極體4與該電感2形成新的迴路，在請配合參閱「圖2」所示，該開關1的導通狀態係利用脈波寬度調變（Pulse Width Modulation, PWM）的方式控制，藉此調整該輸出端 $V_o$ 之電壓值的大小，換句話說，藉由控制該脈波的佔空比（Duty Cycle）便可控制該開關1的導通時間長短。藉由上述基本結構，便可將輸入端 $V_i$ 的高電壓轉而穩定輸出為一較低的輸出電壓。

【0003】然而，PWM訊號會隨著負載變動而改變，以穩定輸出電壓。當負載固定時，電路亦可能會因為元件誤差造成PWM前後跳動而影響輸出電壓。再者，電路使用電感、電容形成二階低通濾波器，若再考慮電容的等效串聯電阻之極點與零點，系統易不穩定，所以需設計補償電路，讓系統迴路穩定。

【0004】因此，如何選擇最佳的開關時間便成為電路設計研發人員所努力之目標，其中如S. Cluquennois等人於IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 47, no. 7,

第1頁，共10頁(發明說明書)

pp. 1546 – 1556, Jul. 2012所發表之 “A 65-nm, 1-A buck converter with multi-function SAR-ADC-based CCM/PSK digital control loop,”，以及如X. Zhang等人於IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 49, no. 11, pp. 2377-2386, Nov. 2014所發表之 “A 0.6V Input CCM/DCM Operating Digital Buck Converter in 40nm CMOS,”，還有如C.-H. Tsai等人於Power Electronics, IEEE Transactions on, vol. 29, no. 4, pp. 1830 – 1839, 2014所發表之 “Digitally controlled switching converter with automatic multimode switching,” 都揭露了其自動調整脈波寬度的機制，以配合負載以及輸出電壓，達到最佳的調整。

【0005】上述之先前技術皆是在頻率固定的狀況下，以控制脈波之佔空比的方式進行開關時間的調整，尋求最佳化的切換效率。然而，開關時間的調整包含頻率以及導通週期，若僅尋求導通週期之自動調整，其僅能侷限適用在特定的電路負載系統中。除此之外，亦有習知技術僅控制脈波之頻率，以達最佳的效率調整。然而不論上述哪一種方式，都僅能考慮單一變數，其效率是否以達到最佳化，仍有商榷的必要。

#### 【發明內容】

【0006】本發明之主要目的，在於解決習知技術於電壓轉換器開關時間調整僅考慮佔空比或脈波頻率之單一變數，而無法做到全面化調整之問題。

【0007】為達上述目的，本發明提供一種數位變頻式電壓轉換器，係將一輸入電壓端之輸入電壓穩定轉換輸出為一輸出電壓，該數位變頻式電壓轉換器包含有一電性連接該輸入電壓端的開關切換單元、一充放電穩定輸出單元、一數位脈波產生單元、一迴授電壓控制單元以及一頻率輸出選擇單元。

【0008】該開關切換單元包含有一連接該輸入電壓端的切換輸入端、一控制端以及一切換輸出端，該控制端控制該切換輸入端與該切換輸出端的導通狀態；該充放電穩定輸出單元電性連接於該開關切換單元，並包含有一輸出電壓端，該充放電穩定輸出單元根據該開關切換單元之切換而利用該輸入電壓進行充放電，並於該輸出電壓端提供穩定輸出的該輸出電壓；該數位脈波產生單元電性連接該控制端，並產生一數位脈波訊號予該控制端，以控制該切換輸入端與該切換輸出端之間的導通狀態；該迴授電壓控制單元電性連接該輸出電壓端及該數位脈波產生單元，並藉由該輸出電壓之迴授而控制該數位脈波訊號之佔空比；該頻率輸出選擇單元電性連接該輸入電壓端以及該數位脈波產生單元，並提供該數位脈波產生單元複數頻率訊號，以控制該數位脈波訊號之輸出頻率，並藉由該輸入電壓端所回饋之電流值選擇最佳的該頻率訊號。

【0009】由上述說明可知，本發明具有下列特點：

【0010】一、藉由該迴授電壓控制單元以及該頻率輸出選擇單元分別確認及調整佔空比以及脈波頻率至最佳化，降低系統損耗，提升轉換效率。

【0011】二、藉由脈波頻率選擇最佳化以及佔空比最佳化的調整，而可以降低不同負載及輸出之適用性不良之問題，符合使用所需。

#### 【圖式簡單說明】

【0012】

圖1A-1B，為習知技術之基本架構運作示意圖。

圖2，為脈波寬度之佔空比調整示意圖。

圖3，為本發明之方塊結構示意圖。

圖4，為本發明之頻率訊號對應負載電流結果示意圖。

第 3 頁，共 10 頁(發明說明書)

圖5，為本發明之轉換效率結果示意圖。

圖6，為本發明之實施電路使用示意圖。

圖7，為本發明另一實施例之方塊結構示意圖。

### 【實施方式】

【0013】有關本發明之詳細說明及技術內容，現就配合圖示說明如下：

【0014】請配合參閱「圖3」及「圖6」所示，本發明係為一種數位變頻式電壓轉換器，係將一輸入電壓端10之一輸入電壓穩定轉換輸出為一輸出電壓，該數位變頻式電壓轉換器包含有一電性連接該輸入電壓端10的開關切換單元20、一充放電穩定輸出單元30、一數位脈波產生單元40、一迴授電壓控制單元50以及一頻率輸出選擇單元60。

【0015】於本實施例中，係以降壓轉換器作為說明，該開關切換單元20包含有一連接該輸入電壓端10的切換輸入端21、一控制端22以及一切換輸出端23，該控制端22控制該切換輸入端21與該切換輸出端23的導通狀態，於本實施例中，該開關切換單元20係為一NMOS電晶體，該切換輸入端21、該控制端22以及該切換輸出端23分別為該NMOS電晶體的汲極、閘極及源極。

【0016】該充放電穩定輸出單元30電性連接於該切換輸出端23，並包含有一輸出電壓端31，該充放電穩定輸出單元30接收該輸入電壓進行充電，而在該開關切換單元20斷開時放電，以於該輸出電壓端31提供穩定輸出的該輸出電壓。於本實施例中，該充放電穩定輸出單元30包含有一電性連接於該切換輸出端23且接地的單向導通模組32、一兩端分別電性連接於該切換輸出端23以及該輸出電壓端31的電感33，以及一電性連接於該電感33相鄰該輸出電壓端31且接地的電容34，該單向導通模組32可為PN二極體、NMOS

或PMOS電晶體，而較佳的，係選用NMOS電晶體，並將其控制在飽和模式，而降低導通電壓差之問題。

【0017】該數位脈波產生單元40電性連接該控制端22，並產生一數位脈波訊號予該控制端22，以控制該輸入電壓端10至該充放電穩定輸出單元30的導通狀態，換句話說，透過控制該數位脈波訊號的佔空比以及頻率，便可控制該開關切換單元20之開關時間，進而控制該充放電穩定輸出單元30的輸出電壓。

【0018】該迴授電壓控制單元50電性連接該輸出電壓端31及該數位脈波產生單元40，並藉由該輸出電壓之迴授而控制該數位脈波訊號之佔空比。更進一步的說明，該迴授電壓控制單元50包含有一參考電壓模組51、一電性連接該參考電壓模組51與該輸出電壓端31的比較模組52，以及一電性連接該比較模組52與該數位脈波產生單元40的佔空比計數模組53，該比較模組52藉由該輸出電壓與該參考電壓模組51之一參考電壓做比較，而由該佔空比計數模組53控制該數位脈波訊號之佔空比。本實施例中，係先設計適當比例之電阻模組54而分別取得兩高低不同之分壓，接著透過作為比較模組52的運算放大器而與該參考電壓模組51之參考電壓進行比較：若該兩分壓皆小於該參考電壓時，則該佔空比計數模組53控制該數位脈波產生單元40提高該數位脈波之佔空比，以提高該輸出電壓；若該兩分壓皆大於該參考電壓時，則該佔空比計數模組53控制該數位脈波產生單元40降低該數位脈波之佔空比，以降低該輸出電壓；若該參考電壓介於該兩分壓之間時，則代表輸出電壓係位於設定的範圍之內，那麼維持該數位脈波之佔空比不變，藉由上述判斷方式便可確定該數位脈波訊號之佔空比已達到預設輸出電壓的範圍。

【0019】該頻率輸出選擇單元60電性連接該輸入電壓端10以及該數位脈波產生單元40，並提供該數位脈波產生單元40複數頻率訊號，以控制該數位脈波訊號之輸出頻率，並藉由該輸入電壓端10所回饋之電流值選擇最佳的該頻率訊號。其中該頻率輸出選擇單元60於本實施例中係包含有一電性連接該輸入電壓端10的電流感應模組61，以及一電性連接該電流感應模組61與該數位脈波產生單元40的頻率記憶控制模組62，該頻率記憶控制模組62提供該數位脈波產生單元40該些頻率訊號，以控制該數位脈波訊號之輸出頻率，並接收記憶該電流感應模組61之對應該些頻率訊號之電流值，以從該些頻率訊號中判斷且選擇最佳的該頻率訊號。其中，「圖3」之電流感應模組61係以並聯方式連接於該輸入電壓端10，而「圖6」之電流感應模組61則以串聯的方式整合於該輸入電壓端10之主要電路結構中，但功能是相同的，不另說明。

【0020】更進一步的，該頻率輸出選擇單元60更可包含有一電性連接於該電流感應模組61與該頻率記憶控制模組62之間的類比數位轉換模組63，該類比數位轉換模組63接收該電壓感應模組感測之電流值並轉換為一數位電流訊號至該頻率記憶控制模組62，以作為該頻率記憶控制模組62的暫存記憶資料。

【0021】再者，於本發明中，更包含有一位準移位單元71以及一驅動緩衝單元72，該數位脈波產生單元40係透過該位準移位單元71以及該驅動緩衝單元72而電性連接於該開關切換單元20之控制端22，藉此有效的提升電路穩定度。需特別說明的是，「圖6」更進一步的揭露了「圖3」之該位準移位單元71以及該驅動緩衝單元72的較佳實施電路，但不侷限於此實施電路，而本案例中以方塊表示之模組區塊，則可以單晶片模組如8051而以程式

寫入的方式進行對應的操作，或者設計特定電路達到各單元模組的功能需求。

【0022】本發明之詳細運作說明如下：

【0023】首先，該頻率記憶控制模組62輸出第一組頻率訊號，假設是500kHz，因而該數位脈波產生單元40產生了一組頻率為500 kHz的數位脈波訊號，接著透過該位準移位單元71以及該驅動緩衝單元72之後，控制該開關切換單元20之開關動作，進而控制該輸入電壓輸入至該充放電穩定輸出單元30的導通時間，藉由該輸入電壓對該充放電穩定輸出單元30中的電容34進行充電，並於該開關切換單元20斷開導通時進行放電，並產生該輸出電壓。

【0024】接著，該迴授電壓控制單元50透過該電阻模組54進一步取得高低不同的兩分壓，並透過該比較模組52比較該兩分壓與該參考電壓模組51所提供之參考電壓之間的大小，進而透過佔空比計數模組53控制該數位脈波產生單元40之數位脈波的佔空比，數位脈波的佔空比越高，表示充電時間越長，因而該輸出電壓便會增加；相對的，數位脈波的佔空比越低，表示充電時間短，因而該輸出電壓便會降低，重複進行數次佔空比的調整，一直到輸出電壓到達預定的數值且穩定了為止。詳細的該佔空比計數模組53的運作方式已如前所述，在此便不重複說明。

【0025】而後，當此系統到達穩定狀態時，該頻率記憶控制模組62便會透過該電流感應模組61以及該類比數位轉換模組63紀錄在第一組頻率訊號下的負載電流。接著進行第二組頻率訊號的測試，同樣的，一直到輸出電壓穩定後，便會記錄第二組頻率訊號下的負載電流。需特別說明的是，本實施例中，係採用暫存比較的方式，若第二組頻率訊號的負載電流小於第一

組頻率訊號的負載電流，則會將第一組頻率訊號的紀錄刪除，僅記錄第二組的頻率訊號，藉此降低系統暫存記憶所需的記憶體空間。

【0026】最後，經過多組的頻率訊號掃描及測試，便可找出一組具有最佳表現的數位脈波訊號，於本實施例中，是選擇具有最低負載電流的一組頻率訊號作為最佳的數位脈波訊號。

【0027】請再配合參閱「圖4」所示，在不同負載而具有不同的電流狀況下（舉例是100mA、200mA及300mA），利用本發明之頻率掃描方式，而可於特定的範圍內找出最低電流所代表的頻率，在輸出電壓固定的狀況下，最小輸出電流代表其功率損耗最小，亦代表其電路效率達到最佳化。而如「圖5」所示，在固定500kHz頻率下的固定頻率系統轉換效率81相較於經過本發明頻率掃描確認，而選擇最佳化之頻率後的最佳頻率系統轉換效率82具有明顯的效率改善，平均來說，約可改善近20%的效率，而於負載電流為100mA時，其系統轉換效率更改善了約35%之多，顯見本發明具有相當之進步性。

【0028】除此之外，再請配合參閱「圖7」所示，其係為本發明之另一實施例，其係為升壓轉換電路，該輸入電壓端10係透過一電感90電性連接於該開關切換單元20a的切換輸入端21a，且該開關切換單元20a之該切換輸出端23a接地，而該充放電穩定輸出單元30a更包含有一電性連接於該切換輸入端21與該輸出電壓端31a之間的單向導通模組32a，以及一電性連接於該輸出電壓端31a的電容34a，該電容34a的另一端接地。其中，該開關切換單元20a係為一PMOS電晶體。藉由上述方塊結構，便可得到具有升壓的電壓轉換器，但其數位變頻方式與上述降壓的調整方式相同，便不再重複贅述。

【0029】綜上所述，本發明具有下列特點：

【0030】一、藉由該迴授電壓控制單元以及該頻率輸出選擇單元分別確認及調整佔空比以及脈波頻率至最佳化，降低系統損耗，提升轉換效率。

【0031】二、藉由脈波頻率選擇最佳化以及佔空比最佳化的調整，而可以降低不同負載及輸出之適用性不良之問題，符合使用所需。

【0032】三、利用電流感應模組配合類比數位轉換模組的使用，進一步將電路數位化，而符合使用所需。

【0033】因此本發明極具進步性及符合申請發明專利之要件，爰依法提出申請，祈 鈞局早日賜准專利，實感德便。

#### 【符號說明】

##### 【0034】

習知技術

1：開關

$V_i$ ：輸入端

2：電感

3：電容

$V_o$ ：輸出端

4：二極體

本發明

10：輸入電壓端

20、20a：開關切換單元

21、21a：切換輸入端

22、22a：控制端

23、23a：切換輸出端

- 30、30a：充放電穩定輸出單元
- 31、31a：輸出電壓端
- 32、32a：單向導通模組
- 33、90：電感
- 34、34a：電容
- 40：數位脈波產生單元
- 50：迴授電壓控制單元
- 51：參考電壓模組
- 52：比較模組
- 53：佔空比計數模組
- 54：電阻模組
- 60：頻率輸出選擇單元
- 61：電流感應模組
- 62：頻率記憶控制模組
- 63：類比數位轉換模組
- 71：位準移位單元
- 72：驅動緩衝單元
- 81：固定頻率系統轉換效率
- 82：最佳頻率系統轉換效率

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種數位變頻式電壓轉換器，係將一輸入電壓端之一輸入電壓穩定轉換輸出為一輸出電壓，該數位變頻式電壓轉換器包含有：

一電性連接該輸入電壓端的開關切換單元，包含有一連接該輸入電壓端的切換輸入端、一控制端以及一切換輸出端，該控制端控制該切換輸入端與該切換輸出端的導通狀態；

一電性連接於該開關切換單元的充放電穩定輸出單元，其係包含有一輸出電壓端，該充放電穩定輸出單元根據該開關切換單元之切換而利用該輸入電壓進行充放電，並於該輸出電壓端提供穩定輸出的該輸出電壓；

一電性連接該控制端的數位脈波產生單元，其係產生一數位脈波訊號予該控制端，以控制該切換輸入端與該切換輸出端的導通狀態的導通狀態；

一電性連接該輸出電壓端及該數位脈波產生單元的迴授電壓控制單元，其係藉由該輸出電壓之迴授而控制該數位脈波訊號之佔空比；以及

一電性連接該輸入電壓端以及該數位脈波產生單元的頻率輸出選擇單元，其提供該數位脈波產生單元複數頻率訊號，以控制該數位脈波訊號之輸出頻率，並藉由該輸入電壓端所回饋之電流值選擇最佳的該頻率訊號。

【第2項】如申請專利範圍第1項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該開關切換單元係為一NMOS電晶體，該切換輸入端、該控制端以及該切換輸出端分別為該NMOS電晶體的汲極、閘極及源極。

【第3項】如申請專利範圍第1項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該充放電穩定輸出單元包含有一電性連接於該切換輸出端且接地的單向導通模組、一兩端分別電性連接於該切換輸出端以及該輸出電壓端的電感，以及一電性連接於該電感相鄰該輸出電壓端且接地的電容。

【第4項】如申請專利範圍第3項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該單向導通模組係選自於由PN二極體、NMOS及PMOS電晶體之任一。

【第5項】如申請專利範圍第1項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該輸入電壓端透過一電感電性連接於該開關切換單元的切換輸入端，且該開關切換單元之該切換輸出端接地，而該充放電穩定輸出單元更包含有一電性連接於該切換輸入端與該輸出電壓端之間的單向導通模組，以及一電性連接於該輸出電壓端的電容，該電容的另一端接地。

【第6項】如申請專利範圍第1項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該迴授電壓控制單元包含有一參考電壓模組、一電性連接該參考電壓模組與該輸出電壓端的比較模組，以及一電性連接該比較模組與該數位脈波產生單元的佔空比計數模組，該比較模組藉由該輸出電壓與該參考電壓模組之一參考電壓做比較，而由該佔空比計數模組控制該數位脈波訊號之佔空比。

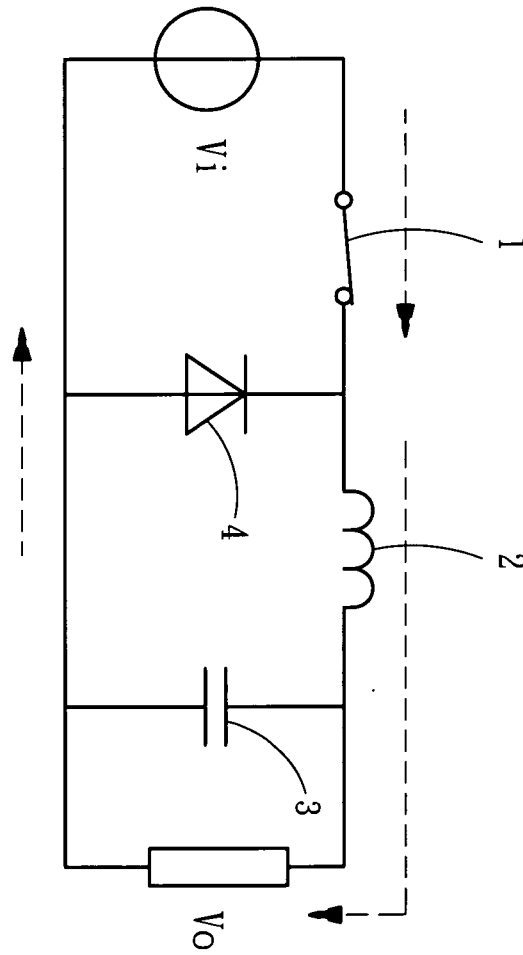
【第7項】如申請專利範圍第1項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該頻率輸出選擇單元包含有一電性連接該輸入電壓端的電流感應模組，以及一電性連接該電流感應模組與該數位脈波產生單元的頻率記憶控制模組，該頻率記憶控制模組提供該數位脈波產生單元該些頻率訊號，以控制該數位脈波訊號之輸出頻率，並接收記憶該電流感應模組之對應該些頻率訊號之電流值，以從該些頻率訊號中判斷且選擇最佳的該頻率訊號。

【第8項】如申請專利範圍第7項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該頻率輸出選擇單元更包含有一電性連接於該電流感應模組與該頻率記憶控制模組之間的類比數位轉換模組，該類比數位轉換模組接收該電壓感應模組感測之電流值並轉換為一數位電流訊號至該頻率記憶控制模組。

【第9項】如申請專利範圍第1項所述之數位變頻式電壓轉換器，其中該數位脈波產生單元係透過一位準移位單元以及一驅動緩衝單元而電性連接於該開關切換單元之該控制端。

【發明圖式】

圖 1A



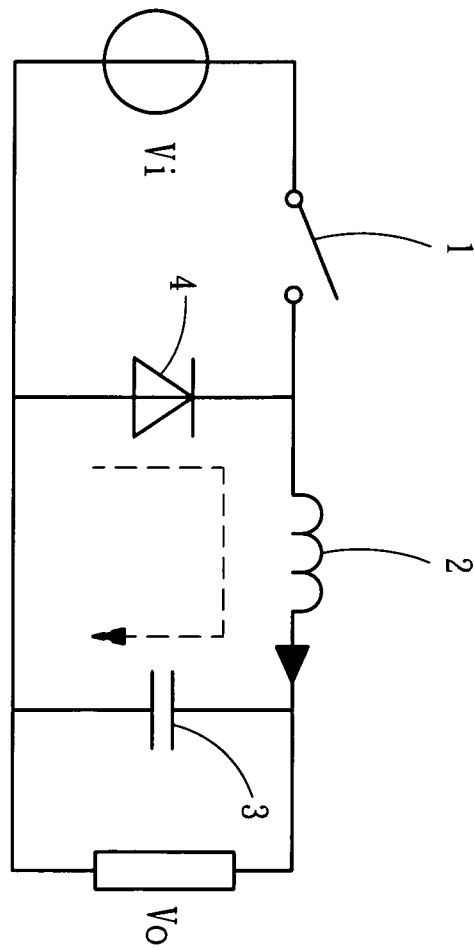


圖 1B

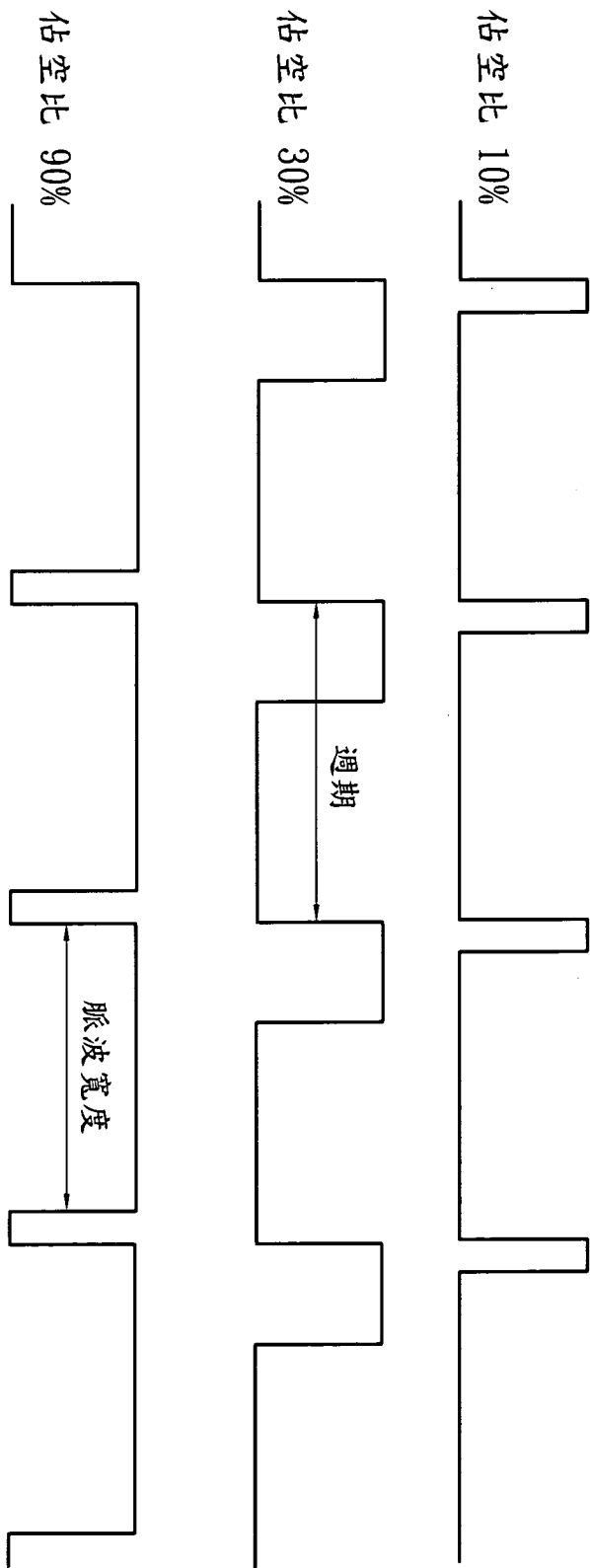


圖 2



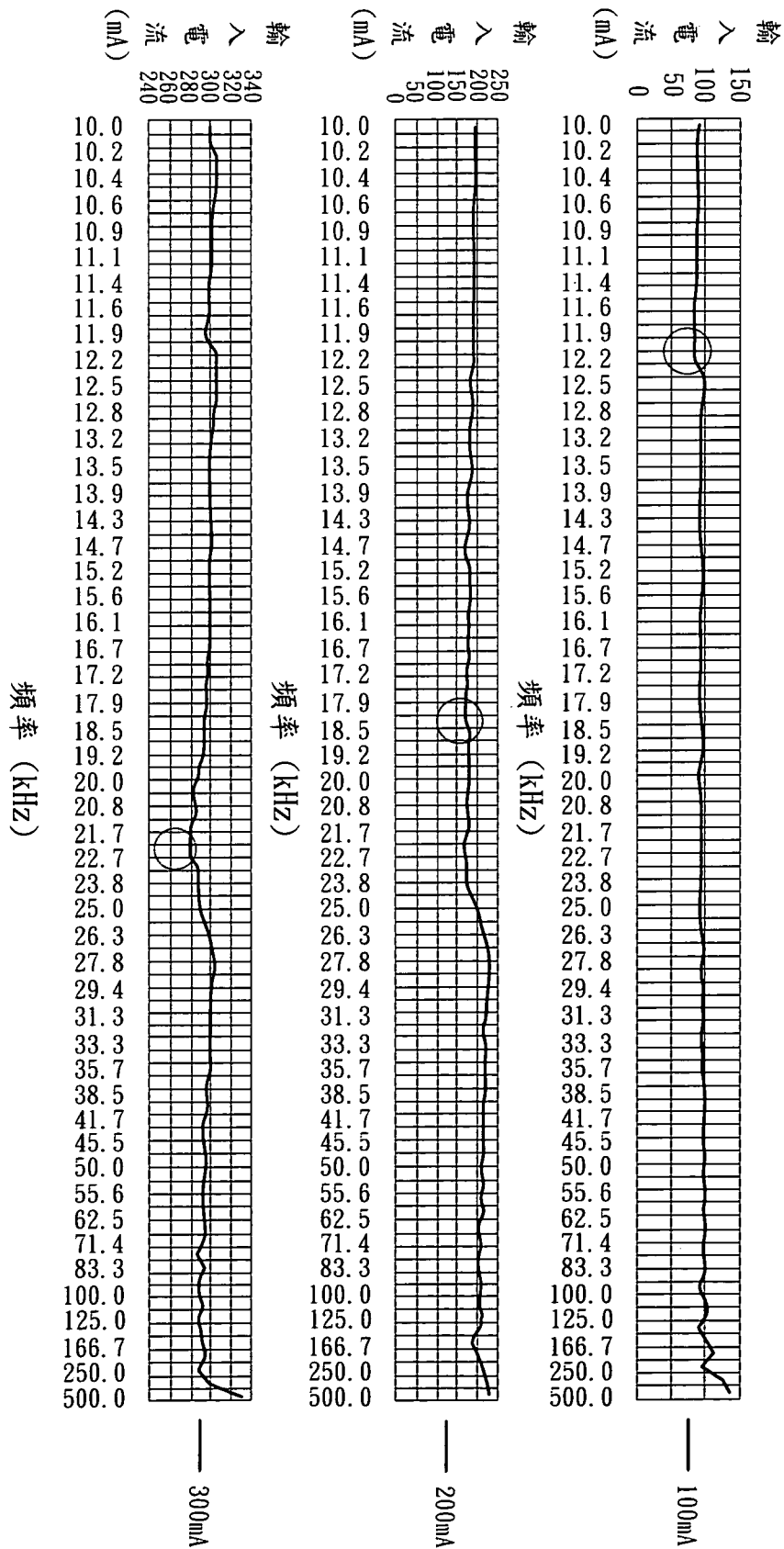


圖 4

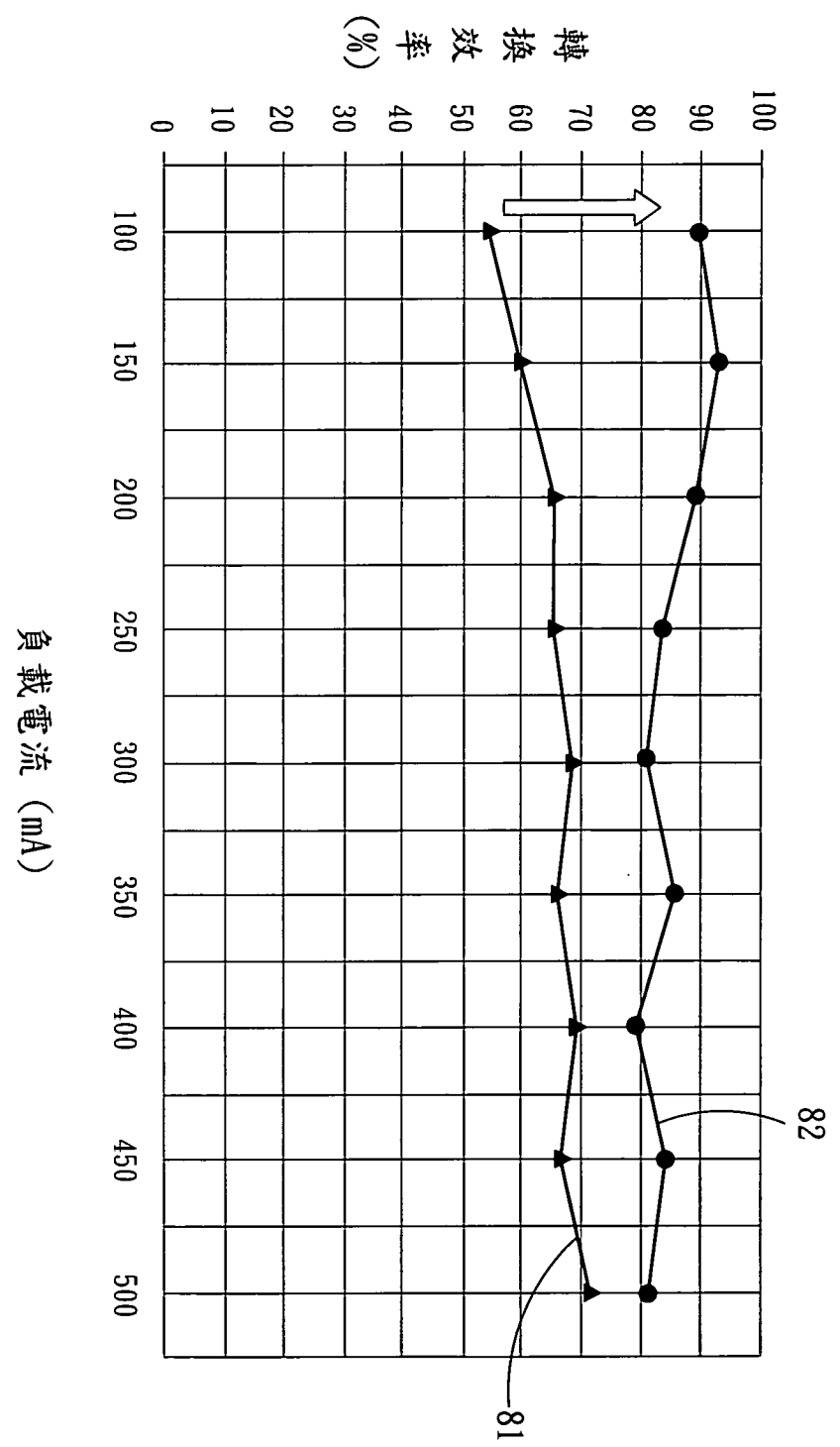


圖 5

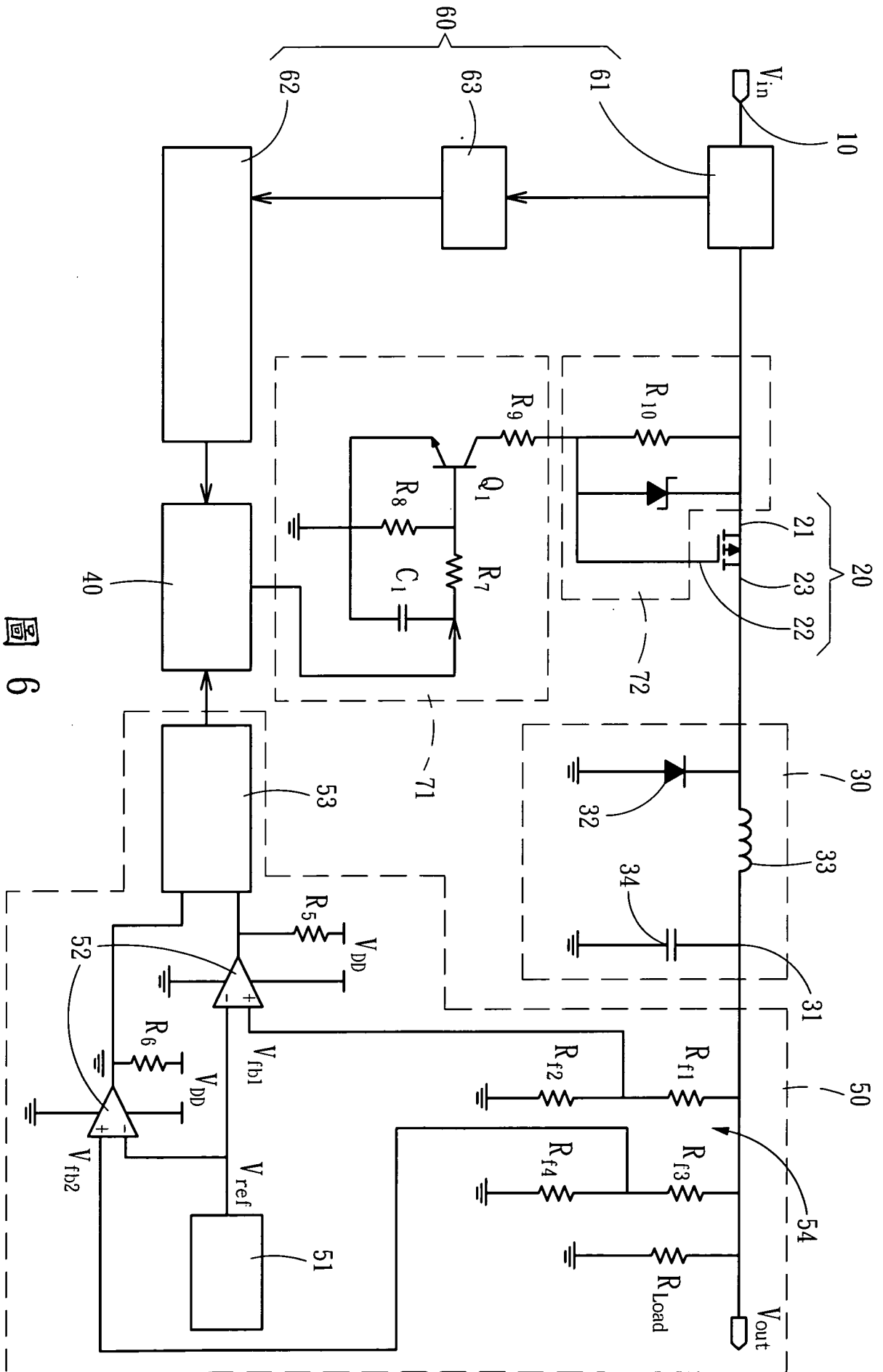


圖 6

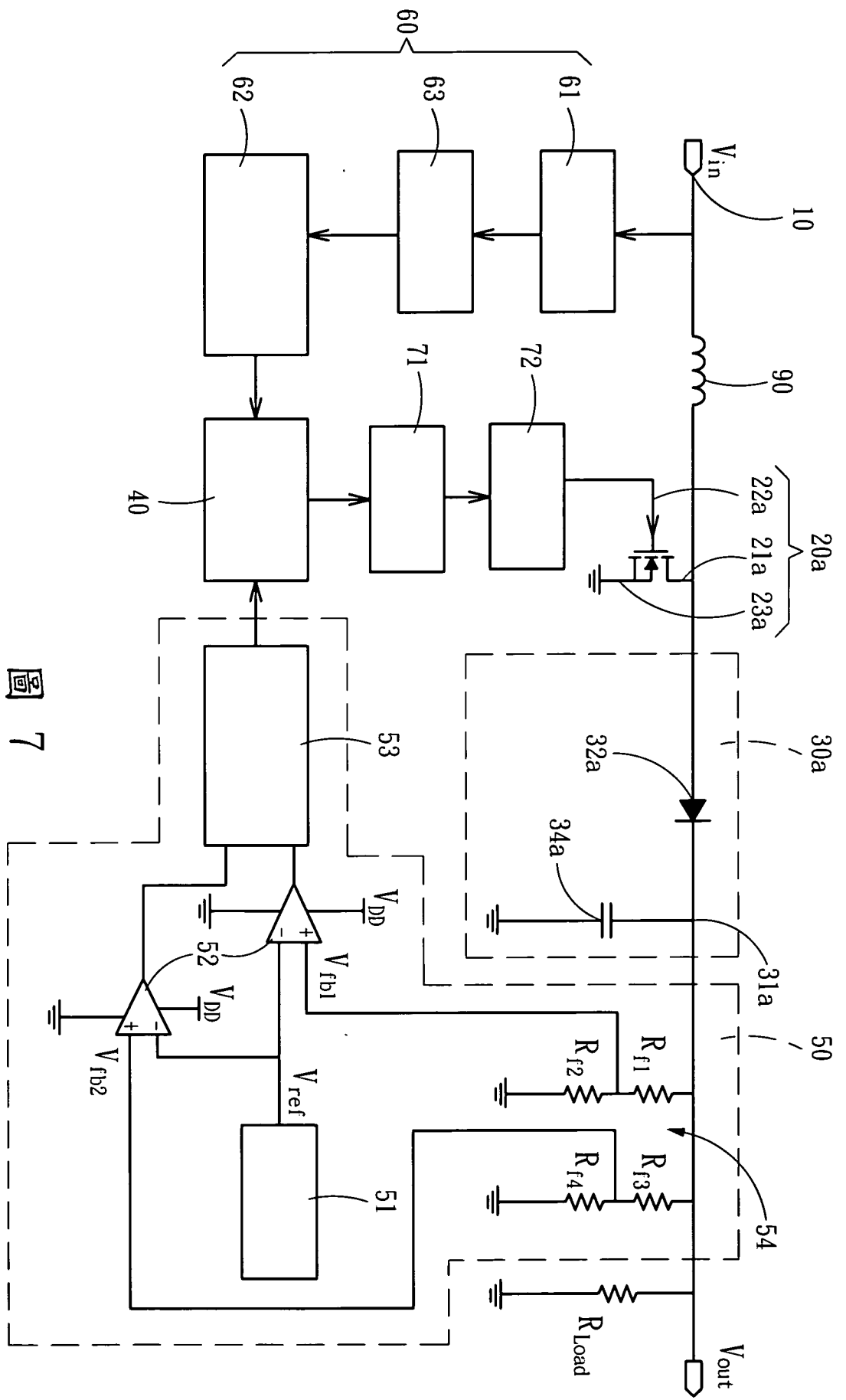


圖 7