

(21) 申請案號：100109156

(22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 03 月 17 日

(51) Int. Cl. :

H03K17/13 (2006.01)

H02M3/155 (2006.01)

(71) 申請人：茂達電子股份有限公司 (中華民國) ANPEC ELECTRONICS CORPORATION
(TW)

新竹市新竹科學工業園區篤行一路 6 號

(72) 發明人：陳科宏 CHEN, KE HORNG (TW)；顏子揚 YEN, TZU YANG (TW)

(74) 代理人：吳豐任；戴俊彥

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：13 項 圖式數：5 共 25 頁

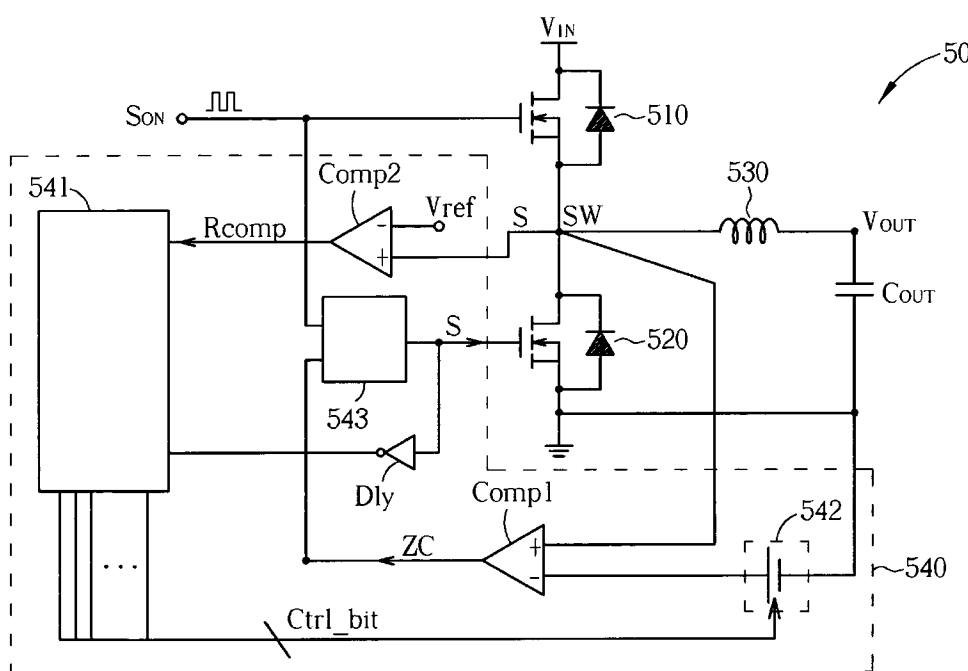
(54) 名稱

零電流偵測電路及其相關同步交換式電源轉換器

ZERO CURRENT DETECTING CIRCUIT AND RELATED SYNCHRONOUS SWITCHING POWER CONVERTER

(57) 摘要

本發明提供一種零電流偵測電路。該零電流偵測電路包含一第一零電流比較器，用來判斷一同步交換式電源轉換器之一電感上之電流變化，以關閉該同步交換式電源轉換器之一下橋電晶體；一第二零電流比較器，用來判斷該第一零電流比較器是否過早或過晚關閉該下橋電晶體，並輸出一比較結果；以及一計數器，耦接於該第二零電流比較器，用來根據該比較結果向上遞增或向下遞減一控制位元。



50：電源轉換器

510：電晶體

520：電晶體

530：電感

540：零電流偵測電路

541：計數器

542：可調式電壓源

543：邏輯電路

Comp1：比較器

Comp2：比較器

COUT：電容

Ctrl_bit：控制位元

Dly：延遲單元

Rcomp：比較結果

SON：開啟訊號

SW：節點

VIN：電壓

VOUT：電壓

V_{ref} : 電壓

V_{SW} : 電壓

ZC : 零電流訊號

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係指一種零電流偵測電路及同步交換式電源轉換器，尤指一種可提高電源轉換效率的零電流偵測電路及同步交換式電源轉換器。

【先前技術】

交換式電源轉換器(switching power converter)係一種透過開關切換，達到電源轉換目的的電子裝置，廣泛地用於需電源供應之電子產品中。其中，對於以電感為基礎的同步交換式電源轉換器(synchronous switching power converter)來說，其轉換效率在輕載時，可透過非連續模式(discontinuous mode)來提升。舉例來說，第 1 圖係為一同步交換式電源轉換器 10 之示意圖。電源轉換器 10 操作於非連續模式，使一電感 104 上之電流不會變成負值。當一上橋電晶體 101 導通時，電感 104 充電。當一下橋電晶體 102 導通時，電感 104 放電而使通過的電流逐漸降低至零。當電感 104 流通的電流降為零時，下橋電晶體 102 需馬上關閉，讓電感 104 上之電流不會變成負值。

若下橋電晶體 102 未準確地在電感 104 上之電流降低至零時關

閉，則電源轉換器 10 於非連續模式下之效率將會降低。例如，若下橋電晶體 102 在流經電感 104 之電流降低為零之前關閉，則下橋電晶體 102 之本體二極體(body diode)會導通，造成傳導損失而使效率降低。若下橋電晶體 102 在流經電感 104 之電流降低為零之後關閉，則在一節點 SW 之電壓會突然提升，而使下橋電晶體 102 產生切換損失，同樣會使效率降低。

因此，準確地將下橋電晶體 102 關閉，以讓電感 104 上之電流降低為零同時避免成為負值，對於電源轉換器 10 來說是極為重要的設計要求。先前技術係利用量測一電阻 R_S 上之電壓，來判斷電感 104 上之電流是否降低為零。當一控制電路 108 中之一比較器 106 量測到電阻 R_S 上之電壓降低至零時，比較器 106 之輸出會轉態，而使控制電路 108 輸出一訊號，來關閉下橋電晶體 102。

理想上，當電感 104 所流經之電流降低為零時，下橋電晶體 102 關閉，以限制電源轉換器 10 之傳導與切換損失。然而，實際上，比較器 106 會有偏移電壓(offset voltage)，而無法正確判斷電阻 R_S 上之電壓降低為零的時刻，進而使得下橋電晶體 102 無法準確地在電感 104 所流經之電流降低為零時關閉，而無法有效地降低電源轉換器 10 之傳導損失與切換損失。

【發明內容】

因此，本發明之主要目的在於提供一種零電流偵測電路，以正

確偵測一電感上之電流為零之時刻。

本發明揭露一種零電流偵測電路。該零電流偵測電路包含一第一零電流比較器、一第二零電流比較器以及一計數器。該第一零電流比較器，用來判斷一同步交換式電源轉換器之一電感上之電流變化，以關閉該同步交換式電源轉換器之一下橋電晶體。該第二零電流比較器，用來判斷該第一零電流比較器是否過早或過晚關閉該下橋電晶體，並輸出一比較結果。該計數器耦接於該第二零電流比較器，用來根據該比較結果向上遞增或向下遞減一控制位元。

本發明另揭露一種具零電流偵測之同步交換式電源轉換器。該同步交換式電源轉換器包含一上橋電晶體、一下橋電晶體、一電感以及一零電流偵測電路。該上橋電晶體包含一第一端，耦接於一輸入電源；一第二端；以及一第三端，用來接收一開啟訊號。該下橋電晶體包含一第一端，耦接於一地端；一第二端，耦接於該上橋電晶體之該第二端；以及一第三端，用來接收一關閉訊號。該電感耦接於該下橋電晶體之該第二端與一輸出電容之間。該零電流偵測電路包含一第一零電流比較器、一第二零電流比較器以及一計數器。該第一零電流比較器，用來判斷一同步交換式電源轉換器之一電感上之電流變化，以關閉該同步交換式電源轉換器之一下橋電晶體。該第二零電流比較器，用來判斷該第一零電流比較器是否過早或過晚關閉該下橋電晶體，並輸出一比較結果。該計數器耦接於該第二零電流比較器，用來根據該比較結果向上遞增或向下遞減一控制位

元。

【實施方式】

請參考第 2、3、4 圖。第 2、3、4 圖分別說明第 1 圖中下橋電晶體 102 之關閉時刻與節點 SW 之電壓 V_{SW} 的關係。第 2 圖係下橋電晶體 102 在電感 104 之電流降為零之前就關閉之時序圖，第 3 圖係下橋電晶體 102 正好在電感 104 之電流降為零時關閉之時序圖，第 4 圖係下橋電晶體 102 在電感 104 之電流降為零之後才關閉之時序圖。從第 2 圖可看出，若下橋電晶體 102 過早關閉，亦即電感 104 之電流仍未降低為零，此時電感 104 之電流會透過電晶體 102 之本體二極體流至輸入電源，則節點 SW 上之電壓 V_{SW} (下稱為電感電壓 V_{SW}) 會在下橋電晶體 102 關閉時突然驟升 ($V_{IN} + V_D$ ， V_D 為上橋電晶體 101 之本體二極體之順向電壓，如 0.7 伏特)。從第 3 圖可看出，若下橋電晶體 102 正好在電感 104 之電流降低為零時關閉，則電感電壓 V_{SW} 亦會為零。從第 4 圖可看出，若下橋電晶體 102 過晚關閉，亦即電感 104 之電流已降低至負值，此時電感 104 之電流會透過電晶體 102 之本體二極體流至地端，則電感電壓 V_{SW} 降低至 $-V_D$ ，如 -0.7 伏特。因此，可根據第 2、3、4 圖，從電感電壓 V_{SW} 的高低，來判斷下橋電晶體 102 關閉的時刻是否過早或過晚。簡言之，下橋電晶體 102 關閉之時刻需落於電感電壓 V_{SW} 為 0 伏特的區間內，才不致使電源轉換器 200 之效率下降。

請參考第 5 圖，第 5 圖係為說明本發明之同步交換式電源轉換

器 50 之示意圖。電源轉換器 50 包含一上橋電晶體 510、一下橋電晶體 520、一電感 530、一輸出電容 C_{OUT} ，以及一零電流偵測電路 540。較佳地，上橋電晶體 510 以及下橋電晶體 520 可為金屬氧化半導體場效電晶體 (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET)。上橋電晶體 510 之汲極耦接於一輸入電源 V_{IN} ，閘極接收一開啟訊號 S_{ON} ，而源極耦接於一節點 SW。下橋電晶體 520 之汲極耦接於節點 SW，源極接地，而閘極則接收一關閉訊號 S。電感 530 耦接於節點 SW 與一輸出電容 C_{OUT} ，用以輸出電源 V_{OUT} 。零電流偵測電路 540 包含一零電流比較器 Cmp1、一零電流比較器 Cmp2、一計數器 541 以及一可調式電壓源 542。零電流比較器 Cmp1 用來判斷電感 530 上之電流變化，以關閉下橋電晶體 520。零電流比較器 Cmp1 之一正輸入端耦接於節點 SW，用來偵測電感 530 之電流變化，而一負輸入端則耦接於可調式電壓源 542 以及一輸出端，用來輸出一零電流訊號 ZC，以關閉下橋電晶體 520。零電流比較器 Cmp2 用來判斷零電流比較器 Cmp1 是否過早或過晚關閉下橋電晶體 520，並輸出一比較結果 R_{comp} 。詳細來說，零電流比較器 Cmp2 之正輸入端耦接於節點 SW，用來偵測電感 530 上之電流變化；零電流比較器 Cmp2 之負輸入端則耦接於一參考電壓 V_{ref} ；而零電流比較器 Cmp2 之輸出端耦接於計數器 541，用來根據參考電壓 V_{ref} 以及電感 530 上之電流變化輸出比較結果 R_{comp} 至計數器 541。計數器 541 耦接於零電流比較器 Cmp2，用來根據比較結果 R_{comp} 向上遞增或向下遞減一控制位元 Ctrl_bit。可調式電壓源 542 耦接於零電流比較器 Cmp1 以及計數器 541，用來根據控制位元

Ctrl_bit 調整一偏移電壓 V_{offset} 。

簡單來說，本發明之零電流偵測電路利用零電流比較器 Cmp1 執行零電流之判斷，而將下橋電晶體 520 關閉。接著，利用零電流比較器 Cmp2 判斷零電流比較器 Cmp1 是否過早或過晚關閉下橋電晶體 520，以調整零電流比較器 Cmp1 比較零電流之基準，藉此消除零電流比較器 Cmp1 的偏移電壓，使得零電流比較器 Cmp1 能準確地判斷電感 530 上電流降低為零的時刻，以控制下橋電晶體 520 關閉時間，如此便能提高電源轉換器 50 的效率。

此外，零電流偵測電路 540 另包含有一延遲單元 Dly 以及一邏輯電路 543。延遲單元 Dly 耦接於邏輯電路 543 之輸出端以及計數器 541 之時脈輸入，用來控制計數器 541 向上計數或向下計數之時序。邏輯電路 543 耦接於零電流比較器 Cmp1 之輸出端，根據開啟訊號 S_{ON} 以及零電流訊號 ZC，執行一邏輯運算以產生關閉訊號 S。較佳地，邏輯電路 543 可為一反或閘 (NOR Gate)。因此，本發明之零電流偵測電路之詳細操作原理可敘述如下。

上橋電晶體 510 接收開啟訊號 S_{ON} ，用以控制輸入電源 V_{IN} 與節點 SW 的連結。下橋電晶體 520 則根據零電流偵測電路 540 所輸出的訊號，控制節點 SW 與地端間的連結。當零電流比較器 Cmp1 偵測到電感 530 上的電流降為零時，輸出零電流訊號 ZC，並透過邏輯電路 543 來關閉下橋電晶體 520。換句話說，當零電流比較器 Cmp1

之正輸入端之電壓低於負輸入端之電壓時，零電流比較器 Cmp1 輸出一低準位的零電流訊號 ZC，並透過邏輯電路 543，關閉下橋電晶體 520。在下橋電晶體 520 關閉後，零電流比較器 Comp2 比較節點 SW 之電壓值 V_{SW} 與參考電壓 V_{ref} ，藉此判斷零電流比較器 Cmp1 是否過早或過晚關閉下橋電晶體 520，進一步地輸出比較結果 R_{comp} 以調整偏移電壓 V_{offset} 。較佳地，參考電壓 V_{ref} 可設定為零伏特。當節點 SW 之電壓值 V_{SW} 小於參考電壓 V_{ref} 時，零電流比較器 Comp2 判斷下橋電晶體 520 過晚關閉，並輸出低準位的比較結果 R_{comp} 至計數器 541。計數器 541 在接收到低準位的比較結果 R_{comp} 後，向上計數，使得輸出控制位元 Ctrl_bit 遞增。在此情況下，可調式電壓源 542 根據控制位元 Ctrl_bit 調高偏移電壓 V_{offset} 。當節點 SW 之電壓值 V_{SW} 大於參考電壓 V_{ref} 時，零電流比較器 Comp2 判斷下橋電晶體 520 過早關閉，並輸出高準位的比較結果 R_{comp} 至計數器 541。計數器 541 在接收到高準位的比較結果 R_{comp} 後，向下計數，使得輸出控制位元 Ctrl_bit 遞減。在此情況下，可調式電壓源 542 根據控制位元 Ctrl_bit 調低偏移電壓 V_{offset} 。如此一來，零電流比較器 Cmp1 可於電感 530 上的電流降為零時，準確地控制下橋電晶體 520 關閉時刻，提高電源轉換器 50 的效率。

需注意的是，零電流比較器 Comp1 以及零電流比較器 Comp2 之正負輸入端接法可以互換，而不限於上述實施例。舉例來說，零電流比較器 Comp2 之正輸入端可耦接於參考電壓 V_{ref} ，而零電流比較器 Comp2 之負輸入端可耦接於節點 SW。在此情況下，當零電流

比較器 Comp2 輸出低準位的比較結果 R_{comp} 至計數器 541 時，計數器 541 在接收到低準位的比較結果 R_{comp} 後，向下計數，使得輸出控制位元 Ctrl_bit 遞減。可調式電壓源 542 根據控制位元 Ctrl_bit 調低偏移電壓 V_{offset} 。當零電流比較器 Comp2 輸出高準位的比較結果 R_{comp} 至計數器 541 時，計數器 541 在接收到高準位的比較結果 R_{comp} 後，向上計數，使得輸出控制位元 Ctrl_bit 遞增。可調式電壓源 542 根據控制位元 Ctrl_bit 調高偏移電壓 V_{offset} 。

綜上所述，本發明之零電流偵測電路透過兩個零電流比較器，分別進行零電流之偵測以及下橋電晶體關閉時刻之判斷。當第一零電流比較器（如：零電流比較器 Cmp1）判斷電感上的電流降為零後，第一零電流比較器關閉下橋電晶體。此時，第二電流比較器（如：零電流比較器 Cmp2）判斷下橋電晶體之關閉時刻是否過早或過晚，並透過計數器以及可調適電壓源適時調整第一電流比較器比較的準位，以正確偵測到電感上電流為零之時刻，而準確地達到控制下橋電晶體關閉時間，進一步提高電源轉換器的效率。

以上所述僅為本發明之較佳實施例，凡依本發明申請專利範圍所做之均等變化與修飾，皆應屬本發明之涵蓋範圍。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為習知一同步交換式電源轉換器之示意圖。

第 2 圖說明第 1 圖之下橋電晶體於電感電流降為零之前關閉之

時序圖。

第 3 圖說明第 1 圖之下橋電晶體正好於電感電流降為零時關閉之時序圖。

第 4 圖說明第 1 圖之下橋電晶體於電感電流降為零之後關閉之時序圖。

第 5 圖係為本發明實施例一同步交換式電源轉換器之示意圖。

【主要元件符號說明】

10、50	電源轉換器
101、102、510、520	電晶體
104、530	電感
106、Cmp1、Cmp2	比較器
108	控制電路
540	零電流偵測電路
541	計數器
542	可調式電壓源
543	邏輯電路
Dly	延遲單元
S _{ON}	開啟訊號
ZC	零電流訊號
Ctrl_bit	控制位元
V _{offset}	偏移電壓

201240341

R_{comp}

比較結果

SW

節點

V_{ref} 、 V_{IN} 、 V_{OUT} 、 V_{SW}

電壓

C_{OUT}

電容

R_{S}

電阻

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100109156

※申請日：100.3.17

※IPC 分類：

H03K 17/13 (2006.01)

H03M 3/155 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

零電流偵測電路及其相關同步交換式電源轉換器/Zero Current Detecting
Circuit and Related Synchronous Switching Power Converter

二、中文發明摘要：

本發明提供一種零電流偵測電路。該零電流偵測電路包含一第一零電流比較器，用來判斷一同步交換式電源轉換器之一電感上之電流變化，以關閉該同步交換式電源轉換器之一下橋電晶體；一第二零電流比較器，用來判斷該第一零電流比較器是否過早或過晚關閉該下橋電晶體，並輸出一比較結果；以及一計數器，耦接於該第二零電流比較器，用來根據該比較結果向上遞增或向下遞減一控制位元。

三、英文發明摘要：

A zero current detecting circuit is disclosed. The zero current detecting circuit includes a first zero current comparator for determining current variation on an inductor of a synchronous switching power converter so as to accordingly turn off a down-bridge transistor of the synchronous power converter; a second zero current comparator for determining whether the first zero current comparator turns off the down-bridge transistor too early or too late and outputting a comparison result, and a counter coupled to the second zero current comparator for

201240341

ascending or descending a control bit according to the comparison result.

七、申請專利範圍：

1. 一種零電流偵測電路，包含：
 - 一第一零電流比較器，用來判斷一同步交換式電源轉換器之一電感上之電流變化，以關閉該同步交換式電源轉換器之一下橋電晶體；
 - 一第二零電流比較器，用來判斷該第一零電流比較器是否過早或過晚關閉該下橋電晶體，並輸出一比較結果；
 - 一計數器，耦接於該第二零電流比較器，用來根據該比較結果向上遞增或向下遞減一控制位元；以及
 - 一可調式電壓源，耦接於該第一零電流比較器以及該計數器，用來根據該控制位元調整一偏移電壓。
2. 如請求項 1 所述之零電流偵測電路，其中該計數器於該比較結果為一低準位時向上遞增該控制位元，而於該比較結果為一高準位時向下遞減該控制位元。
3. 如請求項 1 所述之零電流偵測電路，其中該可調式電壓源於該控制位元減少時調低該偏移電壓，而於該控制位元增加時調高該偏移電壓。
4. 如請求項 1 所述之零電流偵測電路，其中該第一零電流比較器包含：

- 一正輸入端，耦接於該下橋電晶體之一第一端，用來偵測該電感上之電流變化；
 - 一負輸入端，耦接於該可調式電壓源；以及
 - 一輸出端，用來根據該電感上之電流變化以及該偏移電壓輸出一零電流訊號，以關閉該下橋電晶體。
5. 如請求項 1 所述之零電流偵測電路，其中該第二零電流比較器包含：
- 一正輸入端，耦接於該下橋電晶體之一第一端，用來偵測該電感上之電流變化；
 - 一負輸入端，耦接於一參考電壓；以及
 - 一輸出端，耦接於該計數器，用來根據該參考電壓以及該電感上之電流變化輸出該比較結果至該計數器。
6. 一種具有零電流偵測之同步交換式電源轉換器，包含：
- 一上橋電晶體，包含：
 - 一第一端，耦接於一輸入電源；
 - 一第二端；以及
 - 一第三端，用來接收一開啟訊號；
 - 一下橋電晶體，包含：
 - 一第一端，耦接於一地端；
 - 一第二端，耦接於該上橋電晶體之該第二端；以及
 - 一第三端，用來接收一關閉訊號；

一電感，耦接於該下橋電晶體之該第二端與一輸出電容之間；以及

一零電流偵測電路，包含：

一第一零電流比較器，用來判斷一同步交換式電源轉換器之一電感上之電流變化，以關閉該同步交換式電源轉換器之一下橋電晶體；

一第二零電流比較器，用來判斷該第一零電流比較器是否過早或過晚關閉該下橋電晶體，並輸出一比較結果；

一計數器，耦接於該第二零電流比較器，用來根據該比較結果向上遞增或向下遞減一控制位元；以及

一可調式電壓源，耦接於該第一零電流比較器以及該計數器，用來根據該控制位元調整一偏移電壓。

7. 如請求項 6 所述之同步交換式電源轉換器，其中該計數器於該比較結果為一低準位時向上遞增該控制位元，而於該比較結果為一高準位時向下遞減該控制位元。

8. 如請求項 6 所述之同步交換式電源轉換器，其中該可調式電壓源於該控制位元減少時調低該偏移電壓，而於該控制位元增加時調高該偏移電壓。

9. 如請求項 6 所述之同步交換式電源轉換器，其中該第一零電流比較器包含：

- 一正輸入端，耦接於該下橋電晶體之一第一端，用來偵測該電感上之電流變化；
 - 一負輸入端，耦接於該可調式電壓源；以及
 - 一輸出端，用來根據該電感上之電流變化以及該偏移電壓輸出一零電流訊號，以關閉該下橋電晶體。
10. 如請求項 6 所述之同步交換式電源轉換器，其中該第二零電流比較器包含：
- 一正輸入端，耦接於該下橋電晶體之一第一端，用來偵測該電感上之電流變化；
 - 一負輸入端，耦接於一參考電壓；以及
 - 一輸出端，耦接於該計數器，用來根據該參考電壓以及該電感上之電流變化輸出該比較結果至該計數器。
11. 一種用於一同步交換式電源轉換器中偵測零電流之方法，包含：
- 判斷一同步交換式電源轉換器之一電感上之電流變化，以關閉該同步交換式電源轉換器之一下橋電晶體；
 - 判斷該該下橋電晶體是否過早或過晚關閉，並輸出一比較結果；
 - 根據該比較結果向上遞增或向下遞減一控制位元；以及
 - 根據該控制位元調整一偏移電壓。
12. 如請求項 11 所述之方法，其中於該比較結果為一低準位時向上

遞增該控制位元，而於該比較結果為一高準位時向下遞減該控制位元。

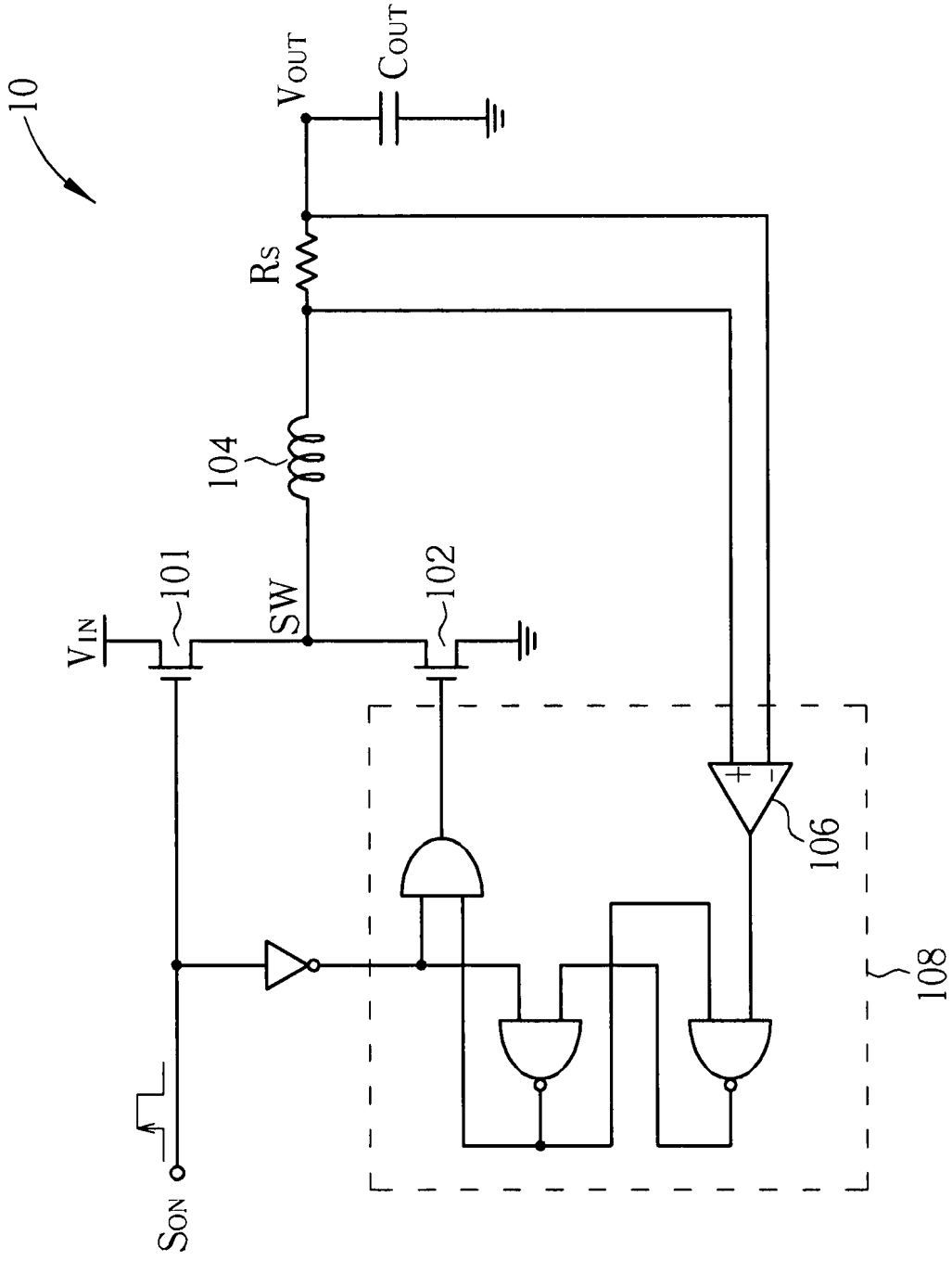
13. 如請求項 11 所述之方法，其中於該控制位元減少時調低該偏移電壓，而於該控制位元增加時調高該偏移電壓。

八、圖式：

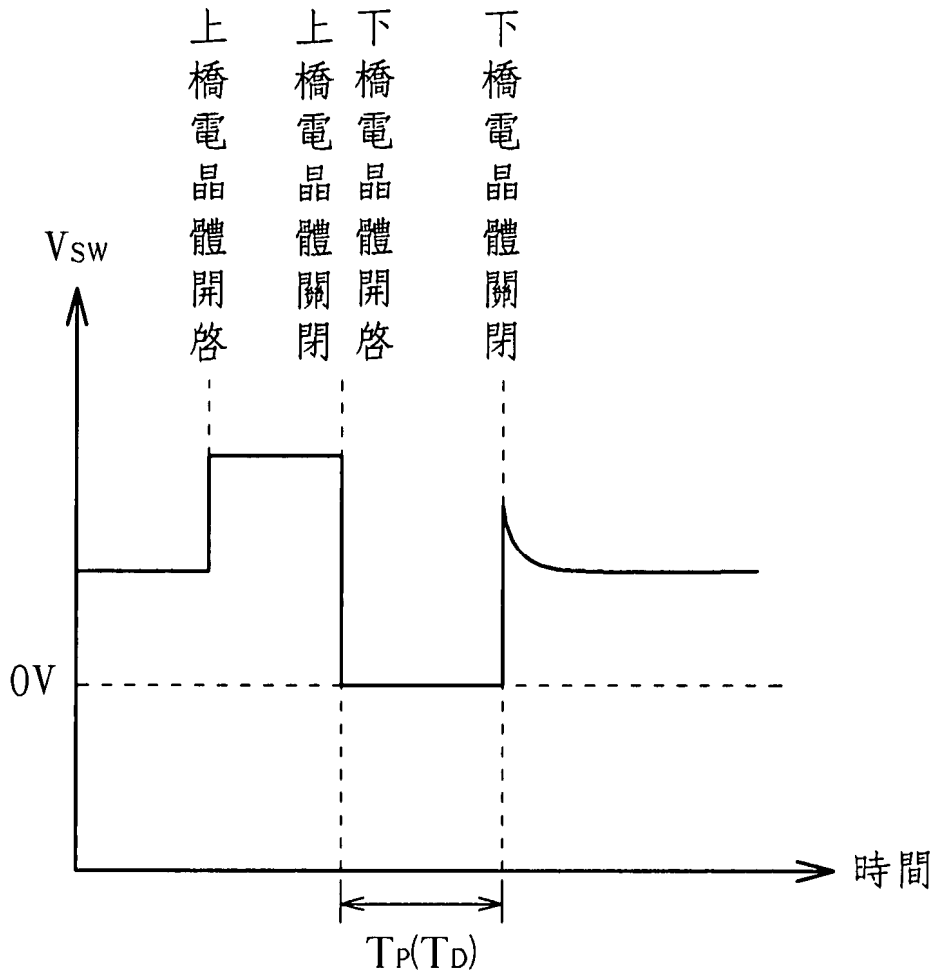
遞增該控制位元，而於該比較結果為一高準位時向下遞減該控制位元。

13. 如請求項 11 所述之方法，其中於該控制位元減少時調低該偏移電壓，而於該控制位元增加時調高該偏移電壓。

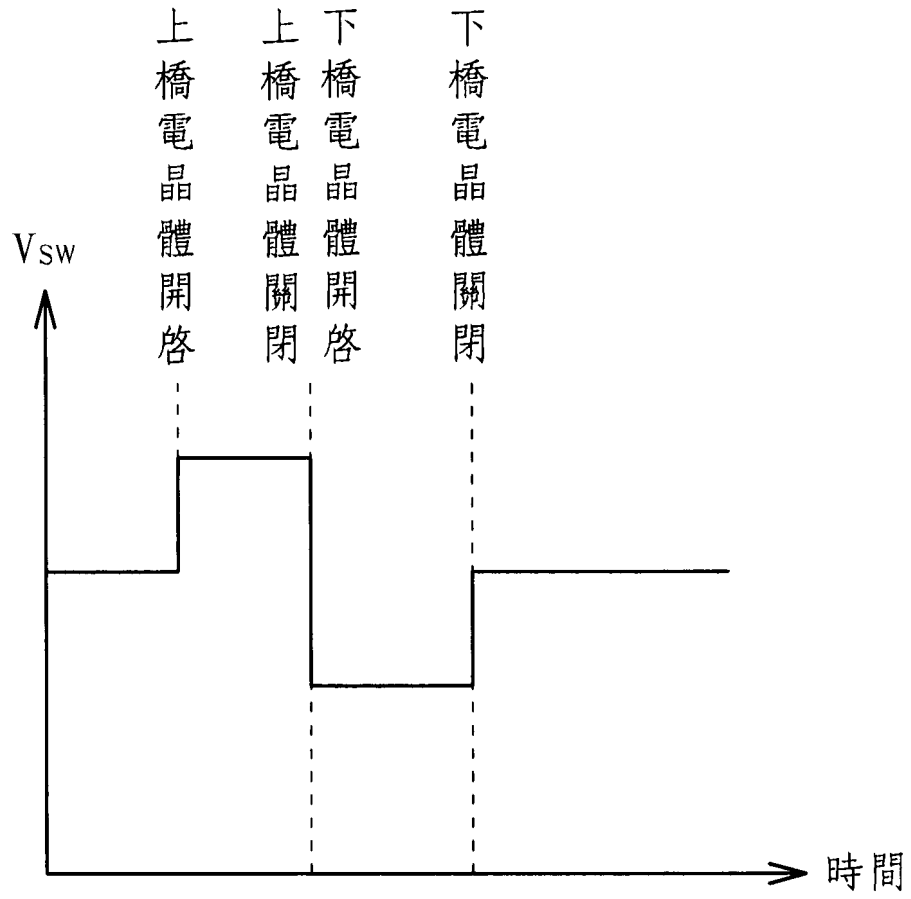
八、圖式：



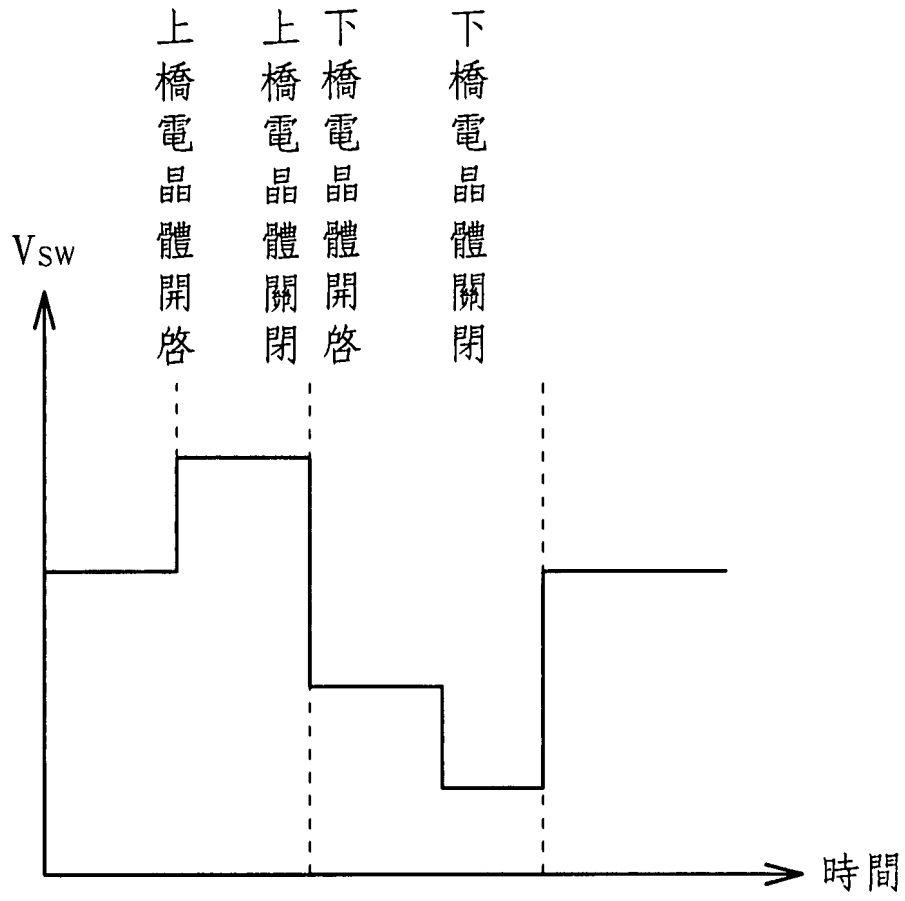
第1圖



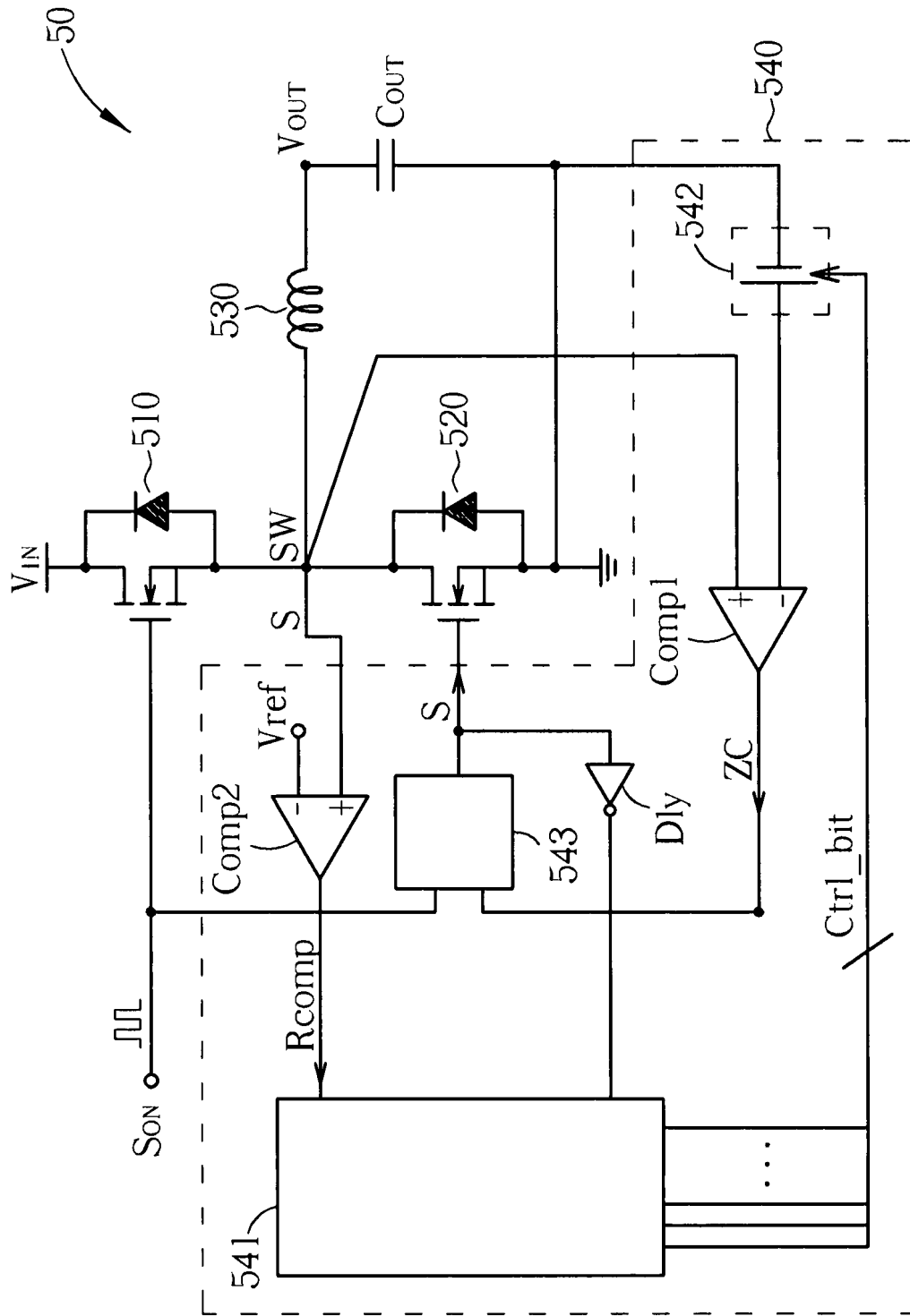
第2圖



第3圖



第4圖



第5圖

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 5 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

50	電源轉換器
510、520	電晶體
530	電感
Cmp1、Cmp2	比較器
540	零電流偵測電路
541	計數器
542	可調式電壓源
543	邏輯電路
Dly	延遲單元
S _{ON}	開啟訊號
ZC	零電流訊號
Ctrl_bit	控制位元
R _{comp}	比較結果
SW	節點
V _{ref} 、V _{IN} 、V _{OUT} 、V _{SW}	電壓
C _{OUT}	電容

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