

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 97,368,25

※ 申請日期： 97.09.25 ※IPC 分類： H02M3/18 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

具有週期分叉控制機制之切換式直流至直流轉換器 / DC-DC  
SWITCHED-MODE CONVERTER WITH A PERIOD  
BIFURCATION CONTROL MECHANISM

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

台灣類比科技股份有限公司 / ADVANCED ANALOG TECHNOLOGY,  
INC.

代表人：(中文/英文)

師立仁 / SHIH, LI YEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市科學園區工業東二路十七號二樓 / 2F, NO.17, INDUSTRY 3.

2ND RD., SCIENCE-BASED INDUSTRIAL PARK, HSINCHU, Taiwan,  
R.O.C.

國 籍：(中文/英文)

中華民國 / TWN

## 三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 林恆立 / LIN, HENG-LI

2. 林呈光 / LIN, CHENG-KUANG

3. 蔡宗玲 / TSAI, TZUNG-LING

201014138

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國 / TWN
2. 中華民國 / TWN
3. 中華民國 / TWN

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係相關於一種切換式直流至直流轉換器，尤指一種具有週期分叉控制機制之切換式直流至直流轉換器。

### 【先前技術】

電子產品中，通常僅提供少數個主要電壓源，例如 12 伏特 (Volt)、9 伏特，然而系統中具有各種不同功能之積體電路 (Integrated Circuit)，而這些積體電路又分別使用不同之電源，例如 5 伏特電源、3.3 伏特電源，此時便需要一組轉換器來轉換電壓。

請參考第 1 圖，第 1 圖為先前技術之直流降壓式轉換器 100 之電路圖。直流降壓式轉換器 100 包含一輸入電壓源  $V_{in}$ 、一電晶體 101、一二極體 102、一電感 103、及一電容 104。輸入電壓源  $V_{in}$  供給至電晶體 101 之汲極，電晶體 101 之源極耦接至二極體 102 之第一端，二極體 102 之第二端耦接於一接地端，電感 103 之第一端耦接至電晶體 101 的輸出端，電感 103 之第二端耦接於電容 104 之第一端，電容 104 之第二端耦接於接地端。當電晶體 101 導通時，輸入電壓源  $V_{in}$  提供能量給電感 103 與輸出端之負載，此時二極體 102 反向截止，而電感 103 上的壓降使電感 103 電流線性上升在儲能狀態，流過電感 103 上的電流除了提供負載所需的電流之外，同時也對電容 104 充電。當電晶體 101 截止時，輸入電壓源  $V_{in}$  無法提供能量給電感 103，電感 103 兩端電壓的極

性反轉，而二極體 102 因電感 103 釋能順向導通，電感 103 與電容 104 上的儲能藉由二極體 102 形成迴路而傳遞能量給負載，電感電流並會下降直到電晶體 101 再次導通。

請參考第 2 圖，第 2 圖為第 1 圖中控制電晶體 101 之控制訊號 VG1 及直流降壓式轉換器 100 之輸出電壓 Vo 之波形圖。當控制訊號 VG1 對應至一高電壓準位時，輸出電壓 Vo 會逐漸提昇，當控制訊號 VG1 對應至一低電壓準位時，輸出電壓 Vo 便緩步降低。輸出電壓 Vo 的平均值與輸入電壓 Vin 的關係可表示為：

$$\frac{V_o}{V_{in}} = D$$

其中 D 等於  $T_{on}/T$ ，亦即控制訊號 VG1 的責任週期 (duty cycle)，因此，只要調整控制訊號 VG1 的責任比 (duty ratio) 便可產生不同的輸出電壓 Vo。

請參考第 3 圖，第 3 圖為直流降壓式轉換器 100 之輸出電壓 Vo 產生週期分叉之波形圖。當責任週期小於 50% 時，輸出電壓 Vo 的波形只會有一個穩態，不會出現週期分叉 (period bifurcation) 的現象。當責任週期大於 50% 時，若輸出電壓 Vo 的準位在一個責任週期中未達到預定的電壓準位，則電晶體 101 會持續導通直到下一個責任週期，因此輸出電壓 Vo 的波形可能產生第二個穩態，第二個穩態之頻率為第一穩態的一半，稱為倍週期分叉 (period doubling bifurcation)。當責任週期大於 67% 時，輸出電壓 Vo 的波形可能產生第三個穩態。輸出電壓 Vo 進入第二個穩態後，就很難

再回到第一個穩態，此時輸出電壓  $V_o$  的頻率就不符合所需，另外輸出電壓  $V_o$  的漣波 (ripple) 也會變大。

### 【發明內容】

因此，本發明之一目的在於提供一種具有週期分叉控制機制之切換式直流至直流轉換器。

本發明係提供一種具有週期分叉控制機制之直流降壓式轉換器，包含一第一開關、一第二開關、一電感、一電容、一切換控制電路、一責任週期偵測器、一控制訊號產生器及一控制訊號選擇器。該第一開關耦接於一第一電源端及一第一節點之間。該第二開關耦接於該第一節點及一第二電源端之間。該電感耦接於該第一節點及一第二節點之間。該電容耦接於該第二節點及該第二電源端之間。該切換控制電路耦接於該第二節點，用來產生一第一控制訊號。該責任週期偵測器耦接於該切換控制電路，用來偵測該第一控制訊號之責任週期以產生一偵測訊號。該控制訊號產生器用來產生一第二控制訊號。該控制訊號選擇器耦接於該切換控制電路、該責任週期偵測器及該控制訊號產生器，用來根據該偵測訊號輸出該第一控制訊號或該第二控制訊號以控制該第一開關。

本發明另提供一種具有週期分叉控制機制之切換式直流至直流轉換器，包含一電壓轉換電路、一切換控制電路、一責任週期

偵測器、一控制訊號產生器及一控制訊號選擇器。該電壓轉換電路用來轉換一電壓準位。該切換控制電路耦接於該電壓轉換電路，用來產生一第一控制訊號。該責任週期偵測器耦接於該切換控制電路，用來偵測該第一控制訊號之責任週期以產生一偵測訊號。該控制訊號產生器用來產生一第二控制訊號。該控制訊號選擇器耦接於該切換控制電路、該責任週期偵測器及該控制訊號產生器，用來根據該偵測訊號輸出該第一控制訊號或該第二控制訊號以控制該電壓轉換電路。

#### 【實施方式】

切換式直流至直流轉換器利用儲能元件暫時儲存輸入能量再釋放該能量來將一電壓準位轉換至另一不同的電壓準位，其中儲能元件包含電感或電容。切換式直流至直流轉換器的作用即是在輸入電壓與輸出負載變動的情況下能夠調節輸出電壓為所設定的準位，一般是利用控制開關導通的責任週期來改變平均輸出電壓之大小。切換式直流至直流轉換器包含降壓式(step-down buck)轉換器、升壓式(step-up boost)轉換器、升降壓式(step-down/step-up buck-boost)轉換器，其中降壓式轉換器及升壓式轉換器是基本的轉換器的電路架構，升降壓式轉換器是此二基本轉換器之結合。在本發明之實施例中，以降壓式轉換器作說明，然而本發明亦適用於升壓式轉換器及升降壓式轉換器。

請參考第 4 圖，第 4 圖為本發明之直流降壓式轉換器 500 之

實施例之方塊圖。直流至直流轉換器 500 包含一供應電源 501、一第一開關 502、一第二開關 503、一電感 504、一電容 505、一負載 506、一切換控制電路 510、一振盪器 520、一責任週期偵測器 530、一控制訊號產生器 540 及一控制訊號選擇器 550。第一開關 502 耦接於一電源端  $V_s$  及一第一節點 N1 之間，第二開關 503 耦接於第一節點 N1 及一接地端 GND 之間，電感 504 耦接於第一節點 N1 及第二節點 N2 之間，電容 505 耦接於第二節點 N2 及接地端 GND 之間。切換控制電路 510 耦接於第二節點 N2，用來產生第一控制訊號 S1。責任週期偵測器 530 耦接於切換控制電路 510，用來偵測第一控制訊號 S1 之責任週期以產生一偵測訊號 Sd。控制訊號產生器用來產生一第二控制訊號 S2。控制訊號選擇器 550 耦接於切換控制電路 510、責任週期偵測器 530 及控制訊號產生器 540，用來根據偵測訊號 Sd 輸出第一控制訊號 S1 或第二控制訊號 S2 以控制第一開關 502。振盪器 520 用來提供切換控制電路 510、責任週期偵測器 530 及控制訊號產生器 540 操作之時脈訊號 CLK。在本實施例中，第一開關 502 為一 PMOS 電晶體，第二開關 503 為一 NMOS 電晶體。然而，第二開關 503 也可以是一二極體。當第一開關 502 導通時，第二開關 503 截止，當第一開關 502 截止時，第二開關 503 導通。

請參考第 5 圖，第 5 圖為第 4 圖之切換控制電路 510 之電路圖。切換控制電路 510 包含一第一電阻 511、一第二電阻 512、一誤差積分器 513、一比較器 514 及一 SR 栓鎖器 515。當第一開關

502 導通而第二開關 503 截止時，電壓源  $V_s$  對電感 504 充電並輸出電壓至節點 N2。當第一開關 502 截止而第二開關 503 導通時，電感 504 的電壓反向，對電容 505 及負載 506 放電。切換控制電路 18 使用節點 N2 之輸出電壓  $V_{out}$  產生第一控制訊號 S1 之責任周期，輸出電壓  $V_{out}$  藉由第一電阻 511 及第二電阻 512 產生反饋電壓  $V_{fb}$ 。反饋電壓  $V_{fb}$  與一參考電壓  $V_{ref}$  進行誤差積分，再將誤差積分器 513 之輸出電壓  $V_c$  與一三角波電壓  $V_{ramp}$  進行比較。當電壓  $V_c$  小於三角波電壓  $V_{ram}$  時就會觸發 SR 栓鎖器 515 將第一開關 502 截止。

切換控制電路 510 根據直流至直流轉換器 500 之輸出電壓  $V_{out}$  產生一第一控制訊號 S1。由於當第一控制訊號 S1 大於 50% 責任週期時，直流降壓轉換器 500 之輸出電壓  $V_{out}$  就可能產生周期分叉 (period bifurcation)，也就是輸出電壓  $V_{out}$  的波形可能存在於二個以上的穩態。因此，本發明之直流降壓轉換器 500 使用責任週期偵測器 530、控制訊號產生器 540 及控制訊號選擇器 550 改變控制訊號，以將直流降壓轉換器 500 之輸出電壓  $V_{out}$  維持在一個穩態。責任週期偵測器 530 偵測第一控制訊號 S1 以產生一偵測訊號  $S_d$ 。當第一控制訊號 S1 超過 100% 責任週期時，責任週期偵測器 530 輸出之偵測訊號  $S_d$  為高準位。控制訊號產生器 540 可輸出一具有一預設責任週期之第二控制訊號 S2。控制訊號選擇器 550 根據偵測訊號  $S_d$  輸出第一控制訊號 S1 或第二控制訊號 S2。當偵測訊號  $S_d$  為低準位時，控制訊號選擇器 550 輸出第一控制訊

號 S1。當偵測訊號 Sd 為高準位時，控制訊號選擇器 550 輸出第二控制訊號 S2。假設第二控制訊號 S2 為 50% 責任週期，當責任週期偵測器 530 偵測到第一控制訊號 S1 超過 100% 責任週期時，此時控制訊號選擇器 550 輸出的控制訊號 S0 之責任週期可表示為：

$$\frac{100\% + 50\%}{100\% + 100\%} = 75\%$$

請參考第 6 圖，第 6 圖為第 4 圖之責任週期偵測器 530、控制訊號產生器 540 及控制訊號選擇器 550 之電路圖。責任週期偵測器 530 包含一 D 型正反器 531。D 型正反器 531 之輸入端 D 接收第一控制訊號，D 型正反器 531 之輸入端 CLK 接收振盪器 520 產生之時脈訊號，D 型正反器 531 之輸出端 Q 輸出偵測訊號。控制訊號產生器 540 包含一 SR 栓鎖器 541、一第一緩衝器 542、一電阻 543、一電晶體 544、一電容 545 及一第二緩衝器 546。SR 栓鎖器 541 之輸入端 S 接收振盪器 520 產生之時脈訊號，第一緩衝器 542、電阻 543 及第二緩衝器 546 串聯耦接於 SR 栓鎖器 541 之輸出端 Q 與 SR 栓鎖器 541 之輸入端 R 之間，電晶體 544 及電容 545 並聯耦接於第二緩衝器 546 之輸入端 A 及接地端之間，SR 栓鎖器 541 之輸出端 QN 耦接於電晶體 544 之閘極。控制訊號產生器產生之控制訊號之責任週期決定於電阻 543 及電容 545 之 RC 時間常數。控制訊號選擇器 550 包含一第一傳輸閘 551、一第二傳輸閘 552 及一反相器 553。第一傳輸閘 551 耦接於 D 型正反器 531 之輸入端 D，用來傳輸第一控制訊號，第二傳輸閘 552 耦接於 SR 栓鎖

器 541 之輸出端 Q，用來傳輸第二控制訊號。第一傳輸閘 551 及第二傳輸閘 552 由偵測訊號所控制，當第一傳輸閘 551 導通時，第二傳輸閘 552 截止，當第一傳輸閘 551 截止時，第二傳輸閘 552 導通。

請參考第 7 圖，第 7 圖為第 4 圖之訊號之波形圖。訊號 CLK 為振盪器 520 產生之時脈訊號，訊號 S1 為切換控制電路 510 產生之第一控制訊號，訊號 A 為第二緩衝器 546 之輸入端 A 之訊號，訊號 B 為第二緩衝器 546 之輸入端 B 之訊號，訊號 S2 為控制訊號產生器 540 產生之第二控制訊號，訊號 Sd 為責任週期偵測器 530 產生之偵測訊號，訊號 S0 為控制訊號選擇器 550 所輸出的控制訊號。當訊號 S1 在二個訊號 CLK 的脈衝的時間內都位於高準位時，表示訊號 S1 超過 100% 責任週期，則責任週期偵測器 530 輸出之偵測訊號 Sd 拉至高準位，此時控制訊號選擇器 550 切換輸出訊號 S2，因此訊號 S0 在訊號 Sd 為低準位時與訊號 S1 為相同準位，訊號 S0 在訊號 Sd 為高準位時間內與訊號 S2 為相同準位。

綜上所述，本發明提出一種具有週期分叉控制機制之切換式直流至直流轉換器，在本發明實施例中以直流降壓式轉換器說明，當直流降壓式轉換器之控制訊號超過 100% 責任週期時，就輸出一預定責任週期之控制訊號，因此直流降壓式轉換器不會產生週期分叉的現象。切換式直流至直流轉換器包含一電壓轉換電路、一切換控制電路、一責任週期偵測器、一控制訊號產生器及

一控制訊號選擇器。切換控制電路產生一第一控制訊號。責任週期偵測器偵測該第一控制訊號之責任週期以產生一偵測訊號。控制訊號產生器產生一第二控制訊號。控制訊號選擇器根據該偵測訊號輸出該第一控制訊號或該第二控制訊號以控制該電壓轉換電路。本發明適用之切換式直流至直流轉換器，包含降壓式轉換器、升壓式轉換器及升降壓式轉換器。

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 圖為先前技術之直流降壓式轉換器之電路圖。

第 2 圖為第 1 圖中控制電晶體之控制訊號及直流降壓式轉換器之輸出電壓之波形圖。

第 3 圖為直流降壓式轉換器之輸出電壓產生週期分叉之波形圖。

第 4 圖為本發明之直流降壓式轉換器之實施例之方塊圖。

第 5 圖為第 4 圖之切換控制電路之電路圖。

第 6 圖為第 4 圖之責任週期偵測器、控制訊號產生器及控制訊號選擇器之電路圖。

第 7 圖為第 4 圖之訊號之波形圖。

#### 【主要元件符號說明】

100 直流降壓式轉換器 101 電晶體

102	二極體	103	電感
104	電容		
500	直流降壓式轉換器	501	供應電源
502	第一開關	503	第二開關
504	電感	505	電容
506	負載	510	切換控制電路
511	第一電阻	512	第二電阻
513	誤差積分器	514	比較器
515	SR 栓鎖器	520	振盪器
530	責任週期偵測器	531	D 型正反器
540	控制訊號產生器	541	SR 栓鎖器
542	第一緩衝器	543	電阻
544	電晶體	545	電容
546	第二緩衝器	550	控制訊號選擇器
551	第一傳輸閘	552	第二傳輸閘
553	反相器		

## 五、中文發明摘要：

切換式直流至直流轉換器包含一電壓轉換電路、一切換控制電路、一責任週期偵測器、一控制訊號產生器及一控制訊號選擇器。切換控制電路產生一第一控制訊號。責任週期偵測器偵測該第一控制訊號之責任週期以產生一偵測訊號。控制訊號產生器產生一第二控制訊號。控制訊號選擇器根據該偵測訊號輸出該第一控制訊號或該第二控制訊號以控制該電壓轉換電路。

## 六、英文發明摘要：

A DC-DC switched mode converter includes a voltage conversion circuit, a switch control circuit, a duty cycle detector, a control signal generator, and a control signal selector. The switch control circuit generates a first control signal. The duty cycle detector detects a duty cycle of the first control signal so as to generate a detection signal. The control signal generator generates a second control signal. The control signal selector outputs the first control signal or the second control signal for controlling the voltage conversion circuit according to the detection signal.

## 十、申請專利範圍：

1. 一種具有週期分叉控制機制之直流降壓式轉換器，包含：
  - 一第一開關，耦接於一第一電源端及一第一節點之間；
  - 一第二開關，耦接於該第一節點及一第二電源端之間；
  - 一電感，耦接於該第一節點及一第二節點之間；
  - 一電容，耦接於該第二節點及該第二電源端之間；
  - 一切換控制電路，耦接於該第二節點，用來產生一第一控制訊號；
  - 一責任週期偵測器，耦接於該切換控制電路，用來偵測該第一控制訊號之責任週期以產生一偵測訊號；
  - 一控制訊號產生器，用來產生一第二控制訊號；及
  - 一控制訊號選擇器，耦接於該切換控制電路、該責任週期偵測器及該控制訊號產生器，用來根據該偵測訊號輸出該第一控制訊號或該第二控制訊號以控制該第一開關。
2. 如請求項 1 所述之直流降壓式轉換器，其中該責任週期偵測器係用來偵測該第一控制訊號之責任週期是否大於 100% 責任週期。
3. 如請求項 1 所述之直流降壓式轉換器，其中該責任週期偵測器包含：
  - 一 D 型正反器，該 D 型正反器之輸入端接收該第一控制訊號，該 D 型正反器之輸出端產生該偵測訊號。

4. 如請求項 1 所述之直流降壓式轉換器，其中該控制訊號產生器

包含：

一 SR 栓鎖器；

一第一緩衝器，耦接於該 SR 栓鎖器之正輸出端；

一電阻，耦接於該第一緩衝器之輸出端；

一電晶體，耦接於該電阻及一接地端之間，該電晶體之閘極耦

接於該 SR 栓鎖器之負輸出端；

一電容，並聯耦接於該電晶體；及

一第二緩衝器，耦接於該電阻及該 SR 栓鎖器之重置輸入端之間。

5. 如請求項 1 所述之直流降壓式轉換器，其中該控制訊號選擇器

包含：

一第一傳輸閘，由用來傳輸該第一控制訊號；及

一第二傳輸閘，用來傳輸該第二控制訊號。

6. 如請求項 1 所述之直流降壓式轉換器，其中該切換控制電路包

含：

一第一電阻，耦接於該第二節點；

一第二電阻，耦接於該第一電阻，用來產生一反饋電壓；

一誤差積分器，用來將該反饋電壓與一參考電壓進行誤差積分；

一比較器，用來將該誤差積分器之輸出訊號與一三角波電壓進行比較；及

一SR 栓鎖器，用來根據該比較器之輸出訊號產生該第一控制訊號。

7. 如請求項 1 所述之直流降壓式轉換器，其中當該第一開關開啟時，該第二開關關閉，當該第一開關關閉時，該第二開關開啟。

8. 如請求項 1 所述之直流降壓式轉換器，其中該第一開關係為一電晶體，該第二開關係為一二極體。

9. 一種具有週期分叉控制機制之切換式直流至直流轉換器，包含：  
一電壓轉換電路，用來轉換一電壓準位；

一切換控制電路，耦接於該電壓轉換電路，用來產生一第一控制訊號；

一責任週期偵測器，耦接於該切換控制電路，用來偵測該第一控制訊號之責任週期以產生一偵測訊號；

一控制訊號產生器，用來產生一第二控制訊號；及

一控制訊號選擇器，耦接於該切換控制電路、該責任週期偵測器及該控制訊號產生器，用來根據該偵測訊號輸出該第一控制訊號或該第二控制訊號以控制該電壓轉換電路。

10. 如請求項 9 所述之切換式直流至直流轉換器，其中該責任週期

偵測器包含：

- 一 D 型正反器，該 D 型正反器之輸入端接收該第一控制訊號，該 D 型正反器之輸出端產生該偵測訊號。

11. 如請求項 9 所述之切換式直流至直流轉換器，其中該控制訊號

產生器包含：

- 一 SR 栓鎖器；
- 一第一緩衝器，耦接於該 SR 栓鎖器之正輸出端；
- 一電阻，耦接於該第一緩衝器之輸出端；
- 一電晶體，耦接於該電阻及一接地端之間，該電晶體之閘極耦接於該 SR 栓鎖器之負輸出端；
- 一電容，並聯耦接於該電晶體；及
- 一第二緩衝器，耦接於該電阻及該 SR 栓鎖器之重置輸入端之間。

12. 如請求項 9 所述之切換式直流至直流轉換器，其中該控制訊號

選擇器包含：

- 一第一傳輸閘，由用來傳輸該第一控制訊號；及
- 一第二傳輸閘，用來傳輸該第二控制訊號。

13. 如請求項 9 所述之切換式直流至直流轉換器，其中該切換式直流至直流轉換器係為降壓式(step-down buck)轉換器。

14. 如請求項 9 所述之切換式直流至直流轉換器，其中該切換式直

流至直流轉換器係為升壓式(step-up boost)轉換器。

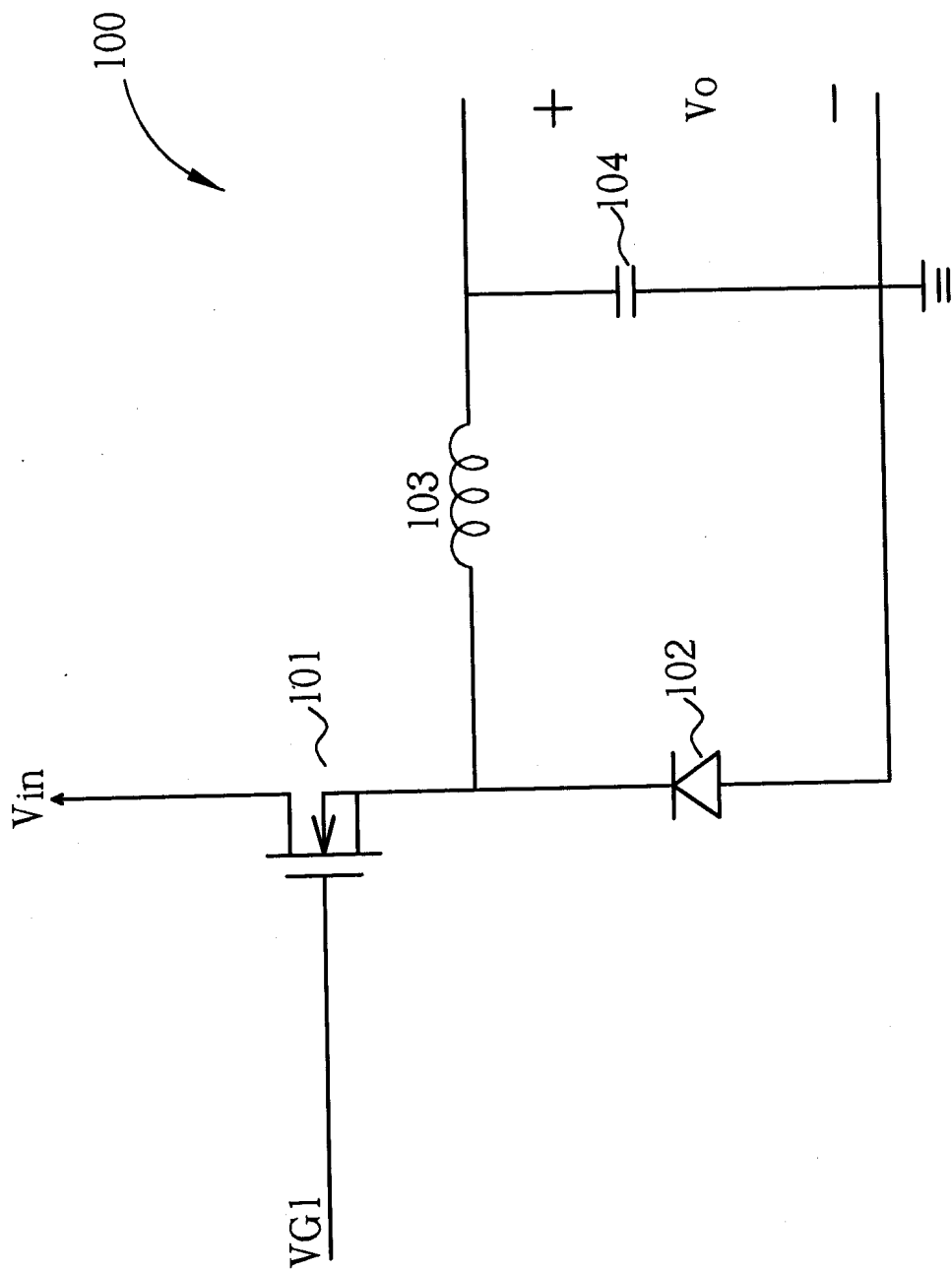
15. 如請求項 9 所述之切換式直流至直流轉換器，其中該切換式直流至直流轉換器係為升降壓式(step-down/step-up buck-boost)轉換器。

十一、圖式：

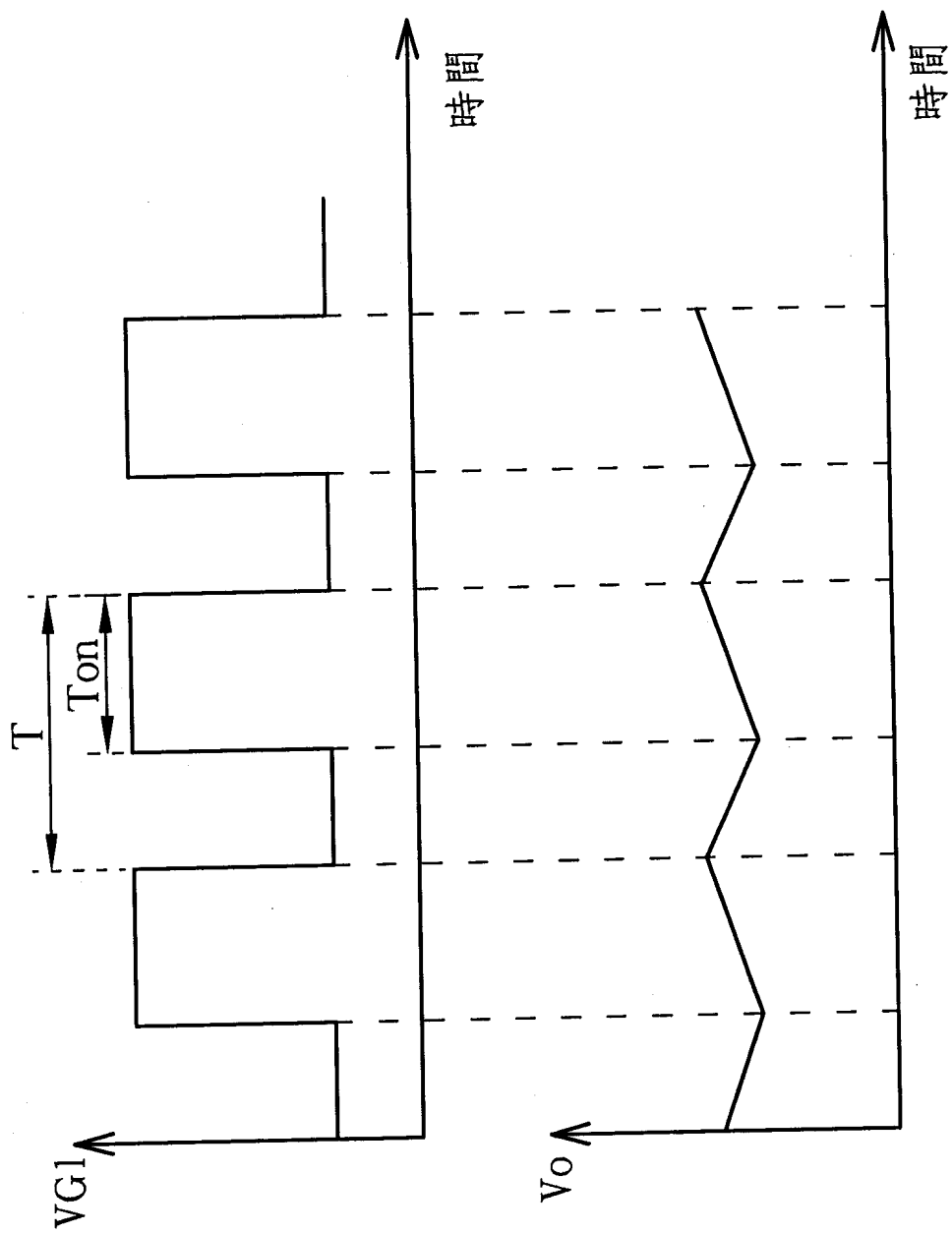
流至直流轉換器係為升壓式(step-up boost)轉換器。

15. 如請求項 9 所述之切換式直流至直流轉換器，其中該切換式直流至直流轉換器係為升降壓式(step-down/step-up buck-boost)轉換器。

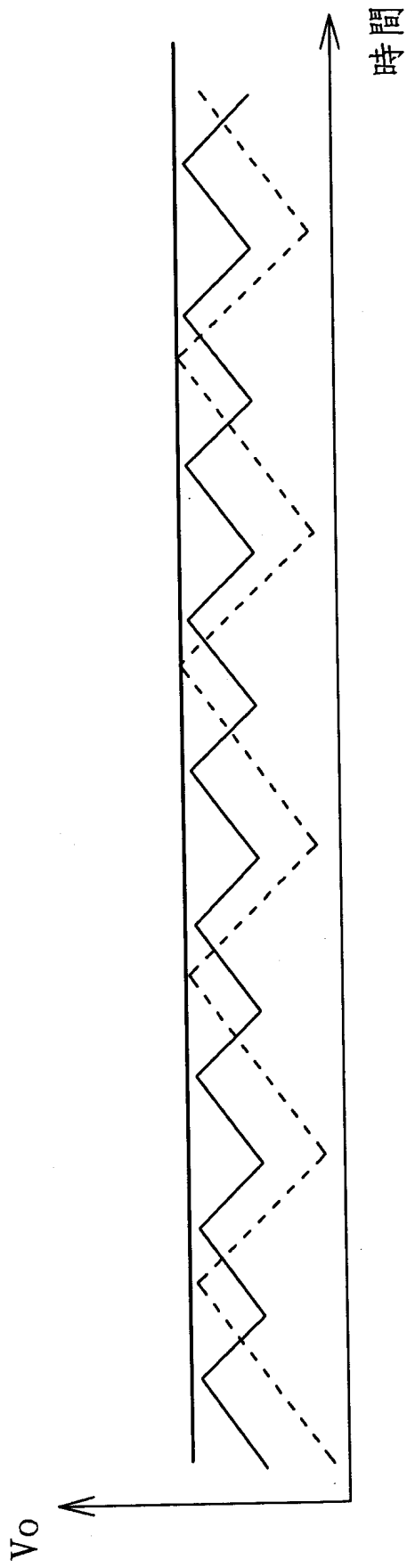
十一、圖式：



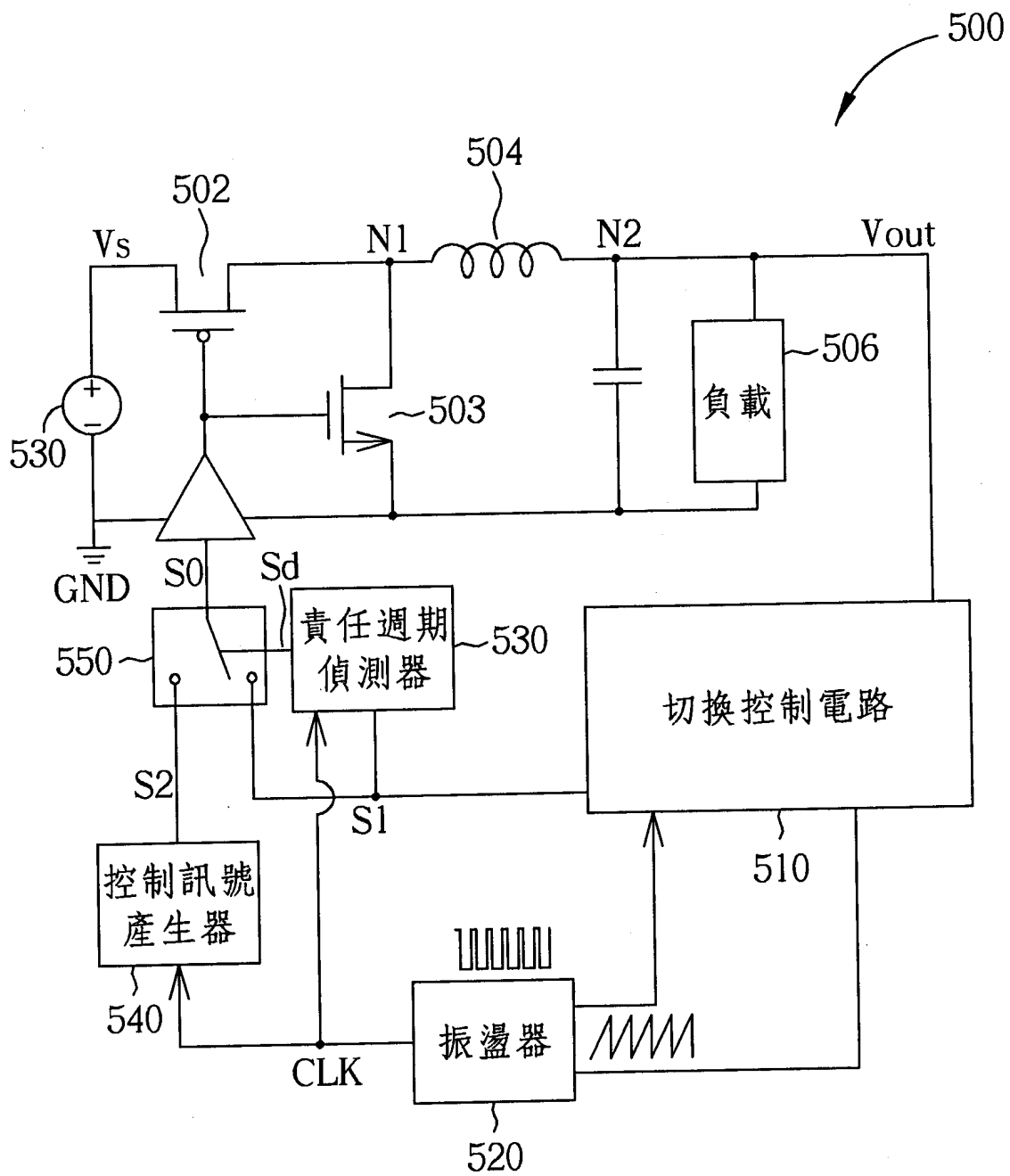
第1圖



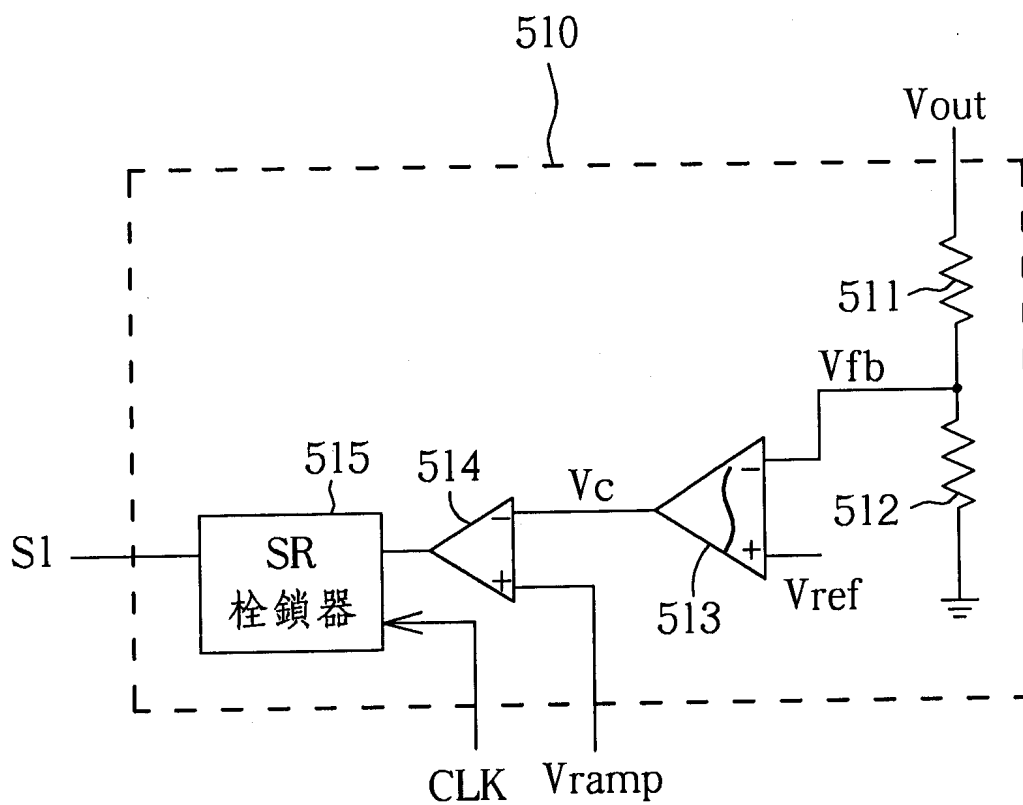
第2圖



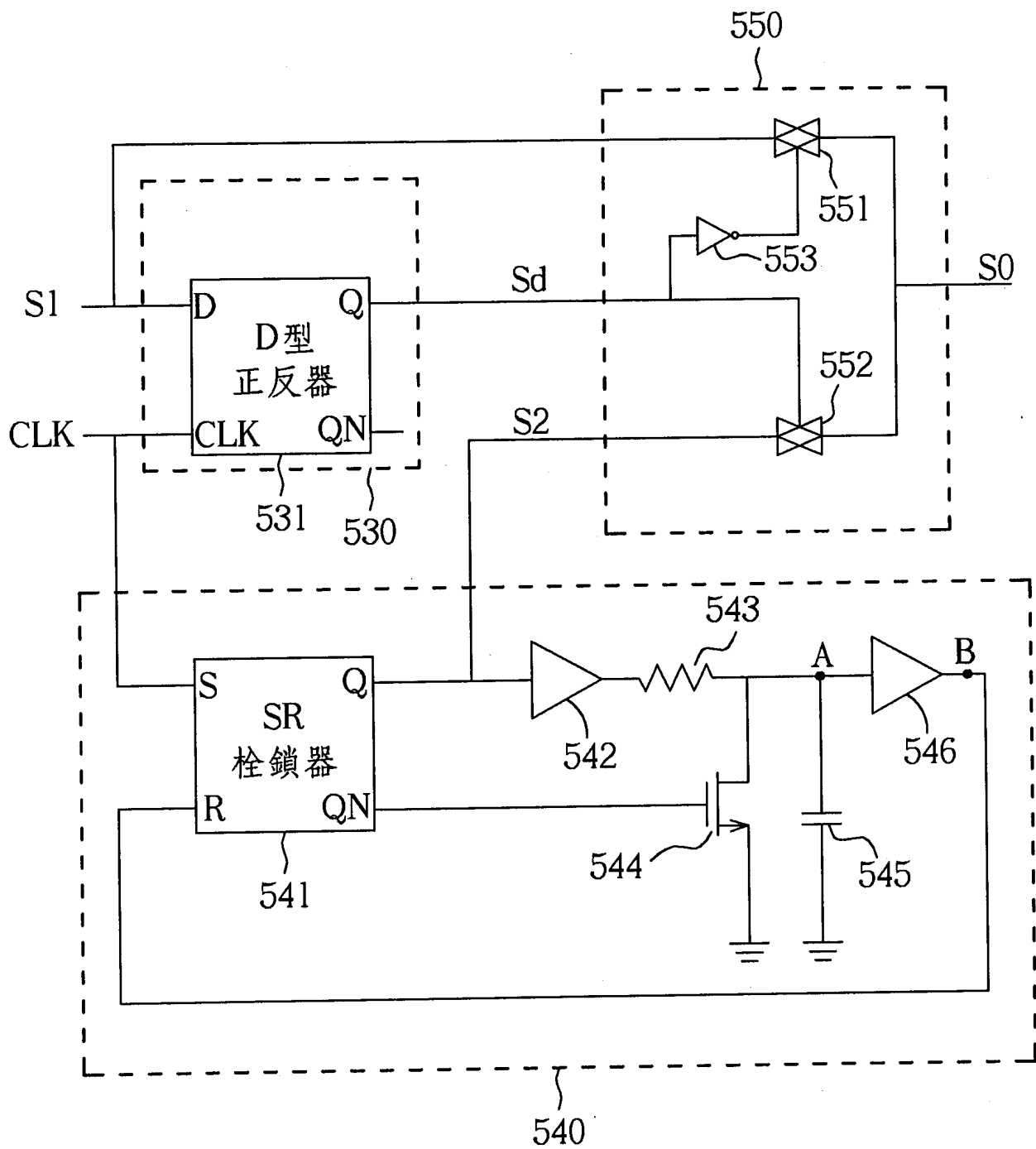
第3圖



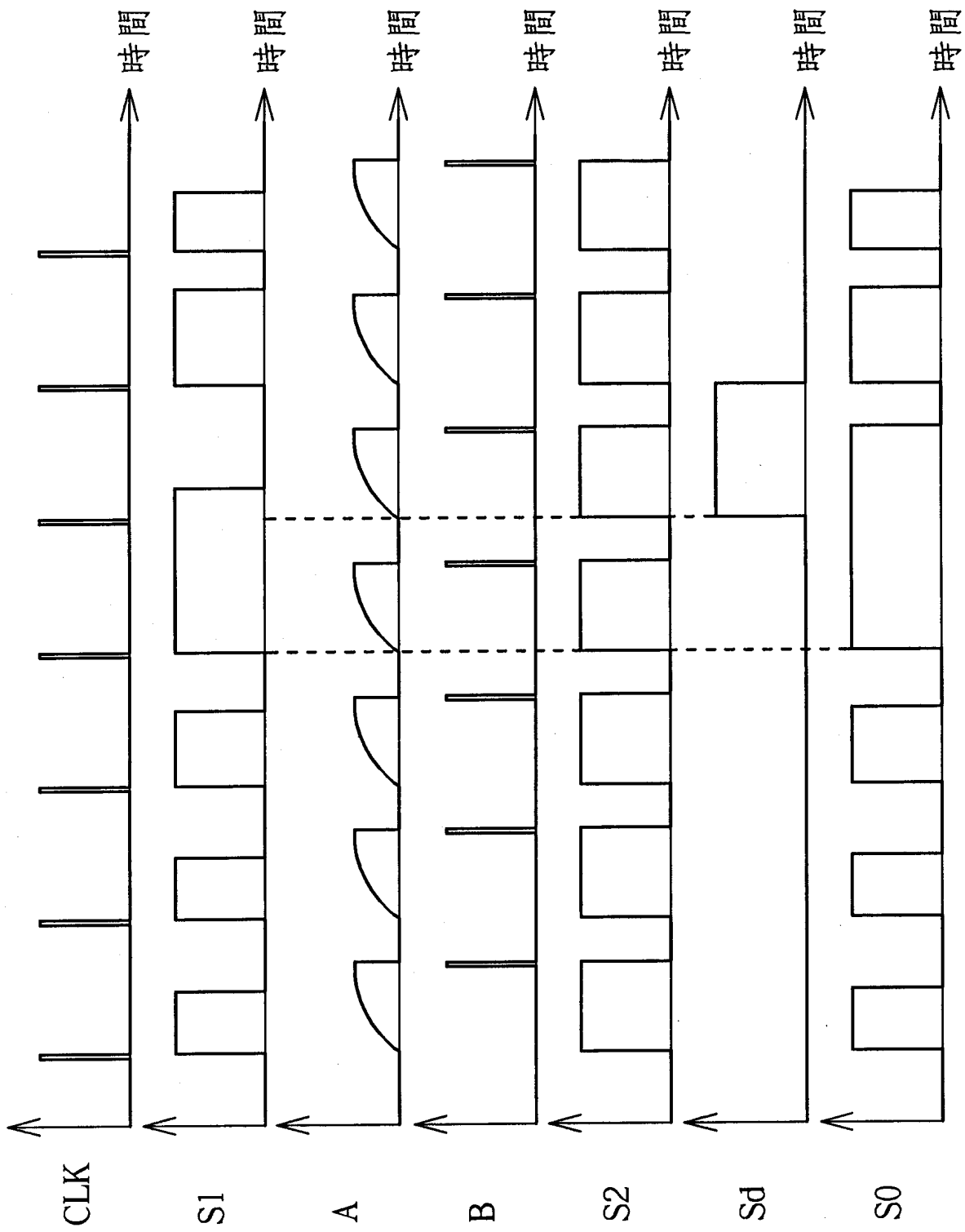
第4圖



第5圖



第6圖



第7圖

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

500	直流降壓式轉換器	501	供應電源
502	第一開關	503	第二開關
504	電感	505	電容
506	負載	510	切換控制電路
520	振盪器	530	責任週期偵測器
540	控制訊號產生器	550	控制訊號選擇器

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無