

# 發明專利說明書



(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：097105233

※申請日期：97 年 02 月 14 日

※IPC 分類：G05F 5/00 (2006.01)

## 一、發明名稱：

(中) 適應性地控制電子系統中功率級的方法與裝置及其包含機器可讀取媒體的物  
品(英) Method and apparatus for adaptively controlling a power stage in  
an electronic system and an article comprising a machine-readable  
medium therefor

## 二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 英特爾股份有限公司

(英) INTEL CORPORATION

代表人：(中) 1. 大衛 賽門

(英) 1. SIMON, DAVID

地 址：(中) 美國加州聖大克拉瑞密遜學院路 2 200 號

(英) 2200 Mission College Blvd., Santa Clara, CA 95052, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

## 三、發明人：(共 2 人)

1. 姓名：(中) 賈柏 卡豪克

(英) QAHOUC, JABER

國 籍：(中) 約旦

(英) JORDAN

2. 姓名：(中) 莉莉 黃

(英) HUANG, LILLY

國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

## 四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利  主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2007/02/23 ; 11/710,101  有主張優先權

### 五、中文發明摘要

發明之名稱：適應性地控制電子系統中功率級的方法與裝置及其包含機器可讀取媒體的物品

一用於功率級的控制器，其可適應地控制電源開關，以增進該功率級之功率消耗效率及偵測該功率級之連續導通模式（"CCM"）及不連續導通模式（"DCM"）操作，而不必瞬時或逐週期地感測與取樣輸出電感電流。此外，該控制器可用來助益於輸出電感值、尖峰電感電流值，及關於轉換器操作之其它資訊的評估。

### 六、英文發明摘要

發明之名稱：

**METHOD AND APPARATUS FOR ADAPTIVELY CONTROLLING A POWER STAGE IN AN ELECTRONIC SYSTEM AND AN ARTICLE COMPRISING A MACHINE-READABLE MEDIUM THEREFOR**

A controller for a power stage may adaptively control power switches to improve the efficiency of power consumption by the power stage and detect continuous conduction mode ("CCM") and discontinuous conduction mode ("DCM") operations of the power stage without instantaneous or cycle by cycle sensing and sampling of the output inductor current. Additionally, the controller may be used to facilitate the estimation of output inductor value, the peak inductor current value, and other information on converter operations.

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：

405：方塊

410：方塊

415：方塊

420：方塊

425：方塊

430：方塊

435：方塊

440：方塊

445：方塊

450：方塊

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

## 九、發明說明

### 【發明所屬之技術領域】

一般言之，本揭示與電子系統中的電力輸送技術有關，更明確但非專指地說，與在電子系統中用於功率轉換器的控制器有關。

### 【先前技術】

隨著計算平台中的積體電路（例如數位信號處理（"DSP"）電路）變得更省電，吾人自然希望有電壓調整器（"VR"）或電力輸送子系統，以使得這些 IC 在包括輕負載之所有負載位準的功率轉換期間能變得更節能。可變切換頻率與不連續導通模式（DCM）結合被用來增進輕負載時的轉換器效率。這類方案可增進輕負載的效率，不會影響到重負載的效率，但某些時候在穩態電壓漣波及動態方面，會付出效能降低的代價。其它能符合效能要求，同時增進輕負載效率的方案也有提出，諸如非線性控制方案，但需要額外偵測 DCM 中的尖峰電感電流。

典型上，數位式控制器被用來控制電力輸送子系統，並與數位式系統中的 IC 及其它組件介接。數位式控制器具有的優點是具有彈性，且致使其對所有的負載位準都具有比類比式轉換器高的功率轉換效率。不過，典型的數位式控制器為實施良好，其需要 DCM 偵測，其進一步需要感測輸出電感電流，並偵測該輸出電感電流的零交叉點。為精確地偵測到輸出電感電流的零交叉點，輸出電感電流

需要以高取樣率被取樣，轉換成數位型式，並與零比較。此表示需要高速取樣、高解析的類比到數位轉換（"ADC"）、及高速的比較。所有這些都會導致電力輸送子系統的耗電、大小及成本增加，並波及整個系統。此外，在轉換器開關導通與切斷之瞬間所引入的切換雜訊（當零交叉與電感電流之尖峰發生時），使其更難偵測到輸出電感電流的零交叉點。此外，為輸出電感電流所附加的感測電路，會影響輸出電感電流之感測值與取樣值的精確度，且可能依次影響到數位式功率轉換器的操作精確性。

從以下對主題的詳細描述，將可明瞭所揭示之主題的特徵與優點。

#### 【發明內容及實施方式】

按照本申請案所揭示之主題的實施例，用於功率轉換器的數位式控制器可適應地控制電源開關，並偵測功率轉換器的連續導通模式（"CCM"）或不連續導通模式（"DCM"），而不即時或逐週期地感測及取樣輸出電感電流。此可節省電子系統中功率轉換器的電力消耗，及其尺寸與成本。此外，該數位式控制器可用來助益於部分根據經由低速感測所獲得到輸入電流，來評估輸出感測值、峰值電感電流值、及關於轉換器操作的其它資訊。

在本說明書中，參考所揭示之主題的"一實施例"或"實施例"，意指與該實施例有關的特定特徵、結構或特性包括在所揭示之主題的至少一個實施例中。因此，出現在

本說明書各處不同位置之"在一實施例中"的用詞，並不必然全部是參考相同的實施例。

圖 1 說明具有數位式控制器 140 的功率轉換器 100。功率轉換器 100 包括控制電源開關 110、同步電源開關 115、到電源開關 110 及 115 的閘極驅動器 120、輸出電感器 130、功率轉換器 100 的輸出電容器 160、功率轉換器的負載 165，以及供應輸入電壓及/或功率給功率轉換器的輸入電源 105。當控制電源開關 110 接通時，輸入電源 105 迫使電流進入輸出電感器 130 與輸出電容器 160。當輸出電感器中的電流到達其高尖峰時，控制電源開關 110 被關閉，且同步電源開關 115 被導通，以提供輸出電感電流流動的閉路徑。當輸出電感電流下降到它的低尖峰時，同步電源開關 115 被關閉，且控制電源開關 110 被導通。在絕大多數的應用中，在全負載操作期間，輸出電感電流絕不會降至零（此定義為連續導通模式（"CCM"）操作）。使用 CCM 的整體效能通常較佳，且其允許從某一輸入電壓及額定切換電流獲得到最大的輸出功率。

在最大負載電流非常低的應用中，輸出電感電流可降至零。當此發生時，將功率轉換器 100 設計成在不連續導通模式（"DCM"）中操作為有利，亦即，當輸出電感電流降至零時，同步電源開關 115 被關閉，以防止輸出電感電流在控制電源開關 110 被再度導通前降到低於零。在不連續模式中操作，由於可使用較小的電感器，因此，可使得整個轉換器的尺寸較小。在較低的負載電流值以 DCM 操

100年11月23日修正後頁

作通常是無害的，且即使是為在全負載以 CCM 操作所設計的轉換器，也將隨著負載電流的降低而變為不連續。圖 3A 及 3B 分別顯示在 CCM 與 DCM 中之輸出電感電流  $i_L$  的波形。

此外，功率轉換器 100 包括數位式控制器 140、快速類比至數位轉換器（"ADC"）155、一或多個低速 ADC 125、及閘極驅動器 120。數位式控制器 140 可包括高級控制結構單元 145、比較器 170、及一些其它的組件。圖中雖未顯示，但功率轉換器 100 也包括用以感測輸出電感電流，並將所感測到的電感電流，饋送至快速 ADC 155 的感測組件，以及用以感測其它資料（諸如輸入電流）的其它感測組件。快速 ADC 155 將所感測到的電感電流從類比轉換成數位型式。經數位化的電感電流，在提供給數位式控制器 140 中的比較器 170 之前，可做第一次放大/補償。比較器 170 將經數位化的電感電流與零比較，以偵測該電感電流的零交叉點。為增進零交叉偵測的精度，吾人希望 ADC 155 能快速且具有高解析度，且比較器 170 也為高速。低速 ADC 125 可轉換其它的感測資料，諸如從類比形式到數位形式的輸入電流，並提供數位化的資料給數位式控制器 140。

數位式控制器 140 接收經數位化的資料，諸如輸入電流及輸出電感電流，處理這些資料，並根據所處理的結果，來決定應經由高級控制方案單元 145 傳送何種控制信號給閘極驅動器 120。閘極驅動器 120 根據接收自數位式控

制器的控制信號，用來產生供控制電源開關 110 所用的控制信號 175，及用於同步電源開關 115 的控制信號 180。當功率轉換器在 CCM 中操作時，控制信號 175 與控制信號 180 可彼此互補，即，當控制信號 175 為高時（即，控制電源開關 110 被導通），控制信號 180 為低（即開關 115 被關閉）；以及，當控制信號 175 為低時（開關 110 被關閉），控制信號 180 為高（開關 115 被導通）。當功率轉換器在 DCM 中操作時，控制信號 175 的切換頻率可保持與在 CCM 模式中時相同或類似；但控制信號 180 的切換頻率將改變。在 DCM 之下，數位式控制器偵測輸出電感電流與零交叉的點，並經由閘極驅動器 120 將控制信號 180 轉為低，即使控制信號 175 仍保持在低。圖 6 顯示控制信號 175 與控制信號 180 的波形例，其中波形 610 說明在 CCM 與 DCM 下的控制信號 175；波形 620 說明在 CCM 控制信號 180；及波形 630 說明在 DCM 下的控制信號 180。

為使功率轉換器 100 在 DCM 中正確地操作，ADC 155 需要快速且高解析度，且比較器 170 也需要快速。例如，對於在 500 kHz 操作功率轉換器來說，為保持正確的操作，用於輸出電感電流的感測組件，需具有大於 10MHz 的頻寬（實際的感測且不使電感電流信號失真）。如果此信號被即時逐週期地取樣，則需要具有 5M 取樣/秒或更高解析度的 12 位元 ADC。這類電路將以耗電、成本、尺寸、及設計複雜度都增加為代價，提供諸如尖峰電流及零交叉



/模式資訊等資訊給控制器。此外，沒有額外的電路，無法測量或計算功率轉換器中的電感器值。

圖 2 說明按照本申請案中所揭示之主題的實施例，具有數位式控制器 240 的功率轉換器 200。功率轉換器 200 包括控制電源開關 210、同步電源開關 215、用於電源開關 210 及 215 的 DCM/CCM 致能驅動器 220、輸出電感器 230、功率轉換器 200 的輸出電容器 260、功率轉換器的負載 265，及供應輸入電壓及/或電力給功率轉換器的輸入電源 205。功率轉換器 200 的這些組件對應於圖 1 中所示功率轉換器 100 那些組件（例如 DCM/CCM 致能驅動器 220 對應於圖 1 中的閘極驅動器 120）。

功率轉換器 200 與功率轉換器 100 間的差異包括但不限於 1) 不感測功率轉換器 200 中的輸出電感電流；2) 功率轉換器 200 不需要高速/高解析度的 ADC；3) 功率轉換器 200 不需要高速的比較器；以及 4) 不需要偵測功率轉換器 200 中輸出電感電流的尖峰。除了輸出電壓 250 之外，所需感測的資訊就只有用於調節的平均輸入電流 235。無論是輸出電壓 250 或是平均輸入電流 235，都不需要高速感測或高速/高解析度的 ADC。功率轉換器 200 的數位式控制器 240，使用如圖 4 及 5 中所說明的高級控制方案，根據數位化的輸出電壓及數位化的平均輸入電流，來偵測輸出電感電流的零交叉點；並因此產生送給 DCM/CCM 致能驅動器 220 的控制信號。DCM/CCM 致能驅動器 220 可產生供控制電源開關 210 所用的控制信號 275，及用於

同步電源開關 215 的控制信號 280。當功率轉換器 200 在 DCM 中操作時，當數位式控制器 240 偵測到輸出電感電流的零交叉點時，控制信號 280 被轉變為低（即使當控制信號 275 仍保持在低）。此外，數位式控制器 240 可根據控制信號 275 及控制信號 280 決定功率轉換器 200 是在 CCM 下或 DCM 下操作。此外，數位式控制器 240 也可評估諸如 DCM 尖峰電感電流、輸出電感器值，及關鍵輸入電流。

圖 3A 及 3B 分別說明功率轉換器 200（如圖 2 所示）在 CCM 及在 DCM 中操作的輸出電感電流波形。由於使用數位式控制器 240，因此，不需要感測即可得到控制電源開關 210 的工作週期（ $D$ ）。藉由利用所感測之輸入  $I_{in}$  與  $D$  的了解，可更精確地評估轉換器參數，因為這兩個參數與轉換器之功率損失的結果直接相關（或受其衝擊）。同步電源開關 215 的工作週期（ $D_1$ ）視操作模式為 CCM 或 DCM 而定。在 CCM 中， $D_{1-CCM} \approx 1 - D_{CCM}$ ；而在 DCM 中， $D_{1-CCM}$  的值則視電感電流零交叉點而定，其為很多功率轉換器設計參數的函數。如圖 3A 與 3B 所示， $D_{CCM}$  代表在 CCM 中，同步電源開關之“開”時間的工作週期； $D_{1-CCM}$  代表在 CCM 中，同步電源開關之“關”時間的工作週期； $D_{1-DCM}$  代表在 DCM 中，同步電源開關之“開”時間的工作週期；以及  $D_{DCM}$  代表同步電源開關之“關”時間的工作週期，其對應於輸出電感電流的上升緣。這些工作週期可使用以下的方程式來評估。

CCM 模式:

$$D_{CCM} \approx V_o/V_{in} \quad (1)$$

$$D_{1-CCM} \approx 1 - (V_o/V_{in}) = 1 - D_{CCM} \quad (2)$$

DCM 模式:

$$D_{DCM} \approx D_{1-DCM} \cdot [V_o/(V_{in} - V_o)] \\ \approx \sqrt{[(2 \cdot L_o \cdot I_o \cdot V_o \cdot f_{s-DCM})/(V_{in} \cdot (V_{in} - V_o))]} \quad (3)$$

$$D_{1-DCM} \approx \sqrt{[(2 \cdot L_o \cdot I_o \cdot f_{s-DCM})/(V_{in} - V_o)]} \cdot (\sqrt{V_{in}/V_o} - \sqrt{V_o/V_{in}}) \quad (4)$$

在以上的方程式中， $V_o$  為功率轉換器的輸出電壓； $I_o$  為輸出負載電流； $L_o$  為輸出電感器的電感； $f_{s-DCM}$  為同步電源開關在 DCM 中的切換頻率。實際上，為具有更精確的  $D_{1-DCM}$  值，在方程式 (2) 中，可從  $D_{1-CCM}$  中減去  $(t_{df} + t_{dr}) / T_{s-CCM}$ ，其中， $t_{df}$  與  $t_{dr}$  係為控制電源開關與同步電源開關之間下降緣與上升緣空載時間的最小值，以防止重疊。

工作週期  $D$  係由閉路反饋補償/控制器來控制。在 DCM 與 CCM 中的  $D_1$  會改變，且需要被找到。事實上，追蹤  $D_1$  等於偵測輸出電感電流的零交叉瞬時 350 (如圖 3B 中所示)。圖 4 係例示性處理 400 的流程圖，說明按照本申請案所揭示之主題的實施例，不感測輸出電感電流，乃藉由追蹤在 DCM 中操作之同步電源開關的工作週期，來適應地控制各電源開關。根據該假設在 CCM 中於  $1-D$  值之附近，以及，在 DCM 中於電感零交叉點之附近存在有最佳  $D_1$  值，其可改變 (增加或減少)，如圖 5 所示，直至獲得到最小的輸入電流為止。當輸入電流為最小時，表示所消耗的功率最小。因此，對應於最小輸入電流之  $D_1$

值代表  $D_1$  的最佳值。

處理 400 從方塊 405 開始。在方塊 410 處，從功率轉換器中的感測組件可獲得到輸入電流的值。在方塊 415，回應於從前一取樣點到目前取樣點之  $D_1$  的值改變  $\Delta D_1$ （增加或減少），可計算出輸入電流的值改變  $\Delta I_{in}$ 。在方塊 420 處，當取樣處理移向下一個取樣點時（即，下一個取樣點變為目前的取樣點），目前的取樣值之輸入電流與  $D_1$  可儲存做為其對應的前一取樣值。在方塊 425 處， $\Delta I_{in}$  的符號與  $\Delta D_1$  的符號可被比較。如果它們的符號相同，則可在方塊 430 處實施進一步的決定。如果  $\Delta I_{in}$  的符號與  $\Delta D_1$  的符號不相同，則可在方塊 435 實施進一步的決定。在方塊 430 處， $D_1$  的電流值與  $1 - (D + (t_{df} + t_{dr}) / T_{s-CCM})$  的值比較。如果前者不小於後者，則表示功率轉換器係在 CCM 中操作，且處理 400 因此而移向方塊 450，以等待若干個切換週期後再次開始該處理。如果  $D_1$  的值小於  $1 - (D + (t_{df} + t_{dr}) / T_{s-CCM})$  的值，則表示功率轉換器係在 DCM 中操作，且尚未到達的最佳點  $D_1$ ；且在方塊 440 處， $D_1$  的取樣點可向前移動一步。在方塊 435 處， $D_1$  的電流值與  $t_{df} / T_{s-CCM}$ （此可視為  $D_1$  的最小值）的值比較。如果  $D_1$  的值不大於  $t_{df} / T_{s-CCM}$ ，則處理 400 移向方塊 450，以等待若干個切換週期後再次重新開始該處理。如果  $D_1$  大於  $t_{df} / T_{s-CCM}$ ，則在方塊 445  $D_1$  的取樣點向後移動一步。通常，當關於最佳點之連續不斷的增加或減少超過某一特定次數時，例如 2 次，處理 400 可被停止，且可被設定  $D_1$ ，直到輸入電

流發生改變。  $D_1$  的最佳值可連同與其相關的  $I_{in}$  一起儲存，以便其在進一步的參數評估中可被利用，及 / 或用做為下一次搜尋最佳  $D_1$  的開始點。

圖 5 說明數位式功率轉換器中之下開關的工作週期與輸出電感電流之零交叉間的關係。如圖所示，其中，有一  $D_1$  點（最佳  $D_1$  510）對應於  $I_{in}$  的最小值。由於輸入電壓通常都固定，因此，最小  $I_{in}$  對應於最高的功率消耗效率。使用此圖中所顯示的  $D_1$  與  $I_{in}$  之關係，按照圖 4 中所示的處理，可找到的最佳  $D_1$ 。須注意，如果輸入電壓不固定，則捨輸入電流而改用輸入功率來尋找最佳的  $D_1$ ，其應該對應於最小輸入功率。

功率轉換器之目前的操作模式是 CCM 或 DCM，可用控制電源開關（例如圖 2 中的 210）的工作週期與同步電源開關（例如圖 2 中的 215）的工作週期來決定。做此決定的一方法如下：

$$\begin{cases} 1-D > D_1 & \Rightarrow DCM \\ \text{否則} & \Rightarrow CCM \end{cases} \quad (5)$$

圖 6 說明做此決定的另一方法。當功率轉換器（例如圖 2 中的 200）在 CCM 中操作時，控制電源開關所用的控制信號與同步電源開關所用的控制信號彼此互補，如圖 6 中的波形 610 與 620 所示（即，當 610 為高時，620 為低；反之亦然）。不過，當功率轉換器在 DCM 中操作時，在當同步電源開關被關閉時之瞬間與當控制電源開關被導通時的瞬間（DCM 中之同步電源開關操作之控制信號係圖

6 之波形 630 所示) 之間有一間隙 (如圖 6 中所示的 690)。因此, 如果控制電源開關所用的控制信號與同步電源開關所用的控制信號間執行一邏輯 OR 運算, 則在 CCM 中, 其輸出將一直為高, 如波形 670 所示, 且在 DCM 中, 當控制電源開關與同步電源開關都關閉時, 在間隙 690 期間, 其輸出將為低, 如波形 680 所示。如果恰好在控制電源開關導通前的瞬時取樣 OR 運算的輸出 (例如 640、650、及 660), 則結果是 CCM 為高而 DCM 為低。因此, 功率轉換器的操作模式可在恰好控制電源開關被導通前之瞬間, 用控制電源開關之控制信號與同步電源開關之控制信號間的 OR 運算的輸出來決定。

如前文的討論, 按照本申請案中所討論之主題的實施例, 不需要感測即時的輸出電感電流, 功率轉換器即可在適應模式中操作, 於同步電源開關在 CCM 中所用的固定切換頻率與同步電源開關在 DCM 中所用的可變切換頻率間切換。除了此適應模式切換方案, 也可評估有助於功率轉換器之設計與改善的其它參數。須注意, 參數評估可與適應模式切換方案結合, 或與其無關 (只要能以某種方法獲得到  $D_1$  的值)。如前文所示, 使用  $D$  與  $I_{in}$  (或輸入功率) 做為輸入, 可有助於最佳  $D_1$  之決定與改善功率轉換器之功率消耗的效率緊密相關, 這是因為  $I_{in}$  (或輸入功率) 是決定功率消耗的重要因數。同樣地, 使用  $D$  與  $I_{in}$  做為輸入的參數評估, 可比使用輸出電流、輸出電感電流、及 / 或輸入電壓做為輸入的評估, 能允許更準確地的參

數評估；且所得到的參數，可反映這些參數在高功率消耗效率下的值。

在 DCM 中可被評估的一參數係尖峰電感電流。此參數可用來控制輸出電壓漣波，同時達成效率的增進。

$D_{DCM}$ （如圖 3B 所示）與尖峰電感電流（ $i_{max-DCM}$ ）間的關係如下：

$$i_{max-DCM} \cong \frac{2 \cdot I_{in}}{D_{DCM}} \quad (6a)$$

或

$$D_{DCM-max-Limit} \cong \frac{2 \cdot I_{in}}{i_{max-DCM-Limit}} \quad (6b)$$

在方程式（6b）中， $i_{max-DCM-Limit}$  係尖峰輸出電感電流的極限，其為一常數，或是負載或輸入電流的函數； $D_{DCM-max-Limit}$  係對應於  $i_{max-DCM-Limit}$  的  $D_{DCM}$ 。根據  $D_{DCM}$  與  $i_{max-DCM}$  間的關係，藉由控制  $i_{max-DCM}$ ，即可控制輸出電壓漣波。例如， $i_{max-DCM}$  可被設定為  $i_{max-DCM} = \sigma \cdot D_{DCM}$ ，其中， $\sigma$  為常數，其決定多少的電感電流可被允許。

須注意，當使用所提議的數位式 PSL (DigiPSL) 時，以尖峰電感電流追蹤， $D_{DCM-max-Limit}$  與  $D_{DCM}$  間有所差異。DigiPSL 描述於 Jaber Abu-Qahouq, Lilly Huang, Osama Abdel-Rahman, 及 Issa Batarseh 等人在 2006 年 10 月之 IEEE Industry Applications Society 第 41 屆年會 (IAS'2006) 中所發表的 "Control Scheme to Improve Converters' Efficiency and Dynamic Performance for Battery Powered Applications," 一文中。 $D_{DCM}$  為正比於閉

迴路補償器誤差信號的工作週期值，其可經由控制器獲得到，而  $D_{DCM-max-Limit}$  為最終極限的工作週期，其應位在數位式脈波寬度調變 ("DPWM") 的輸出，且應前往轉換器開關，以將 DCM 尖峰電感電流限制到  $i_{max-DCM-Limit}$ 。 $D_{DCM}$  係用來調制同步電源開關之切換頻率的值，其可用  $f_{s-DCM} = \lambda \cdot D_{DCM}$  來表示，其中  $\lambda$  可簡單地選擇為  $\lambda \approx f_{s-DCM} \cdot V_{in} / V_o$ ，或可選擇為其它的線性、非線性、或分段線性函數。此方法將提供一自然的控制器響應，其最終會將切換頻率設定到能得到所要輸出電壓調節及漣波控制的值。最終，在穩定狀態中， $D_{DCM}$  與  $D_{DCM-max-Limit}$  將相等。

圖 7 係用來在 DCM 中追蹤尖峰輸出電感電流，並藉由限制 DCM 中的尖峰輸出電感電流來控制輸出電壓漣波之處理例 700 的流程圖。處理 700 從方塊 710 開始。在方塊 720 處，功率轉換器的操作模式被決定。須注意，並不需要使用處理 400 (如圖 4 所示) 來偵測 DCM 操作模式。功率轉換器的操作模式，可仍藉由偵測輸出電感電流之零交叉瞬時來偵測。如果操作模式是 DCM，則可在方塊 730 設定同步電源開關的切換頻率。在方塊 740，從數位式控制器與從用於偵測輸入電流的裝置可獲得到  $D_{DCM}$  與  $I_{in}$  的值。在方塊 750，藉由設定  $i_{max-DCM-Limit} = \sigma \cdot D_{DCM}$ ，可根據方程式 (6b) 計算出  $D_{DCM-max-Limit}$ 。在方塊 760， $D_{PWM}$  ("脈波寬度調變的工作週期") 可設定成  $D_{DCM-max-Limit}$ 。在方塊 760 之後，可再次從方塊 720 重複該處理。如果在方塊 720 決定功率轉換器的操作模式為 CCM，則可在方塊



770 將同步電源開關的切換頻率 ( $f_{sw}$ ) 設定成等於控制電源開關的切換頻率  $f_{s-CCM}$ ，且不需要限制輸出電感電流。在方塊 770 之後，處理 770 可從方塊 720 重複。

數位式控制器可根據控制電源開關的工作週期與輸入電流評估的另一參數為輸出電感值  $L_o$ 。

當功率轉換器在 DCM 中操作時，其可顯示為：

$$L_o \cong \frac{D_{1-DCM} \cdot D_{DCM} \cdot V_o}{2 \cdot I_{in} \cdot f_{s-DCM}}, \quad (7a)$$

或

$$D_{1-DCM} \cong \frac{2 \cdot L_o \cdot I_{in} \cdot f_{s-DCM}}{D_{DCM} \cdot V_o}. \quad (7b)$$

計算  $L_o$  所需的所有資料（即  $D_{1-DCM}$ 、 $D_{DCM}$ 、 $V_o$ 、 $I_{in}$ 、 $f_{s-DCM}$ ），可經由數位式控制器或感測裝置獲得到。

還有另一可評估的參數為關鍵輸入電流  $I_{in-crit.}$ ，其定義為恰好在電感電流與零交叉以允許 DCM 操作之輸出瞬時之前的最小輸入電流。 $I_{in-crit.}$  可使用下列方程式獲得到：

$$\begin{aligned} I_{in-crit.} &\cong \frac{V_o \cdot (1 - D_{CCM}) \cdot D_{CCM}}{2 \cdot L_o \cdot f_{s-CCM}}, \\ &\cong \xi \cdot (1 - D_{CCM}) \cdot D_{CCM} \end{aligned} \quad (8)$$

其中  $\xi = V_o / (2 \cdot L_o \cdot f_{s-CCM})$ ，對某特定設計而言，在固定及可變的輸入電壓下係一常數，且其一旦被決定，即不需要被重新計算。

一旦使用方程式 (7a) 計算出  $L_o$ ，即可使用方程式 (8) 根據從 CCM 操作所獲得到的資訊來計算關鍵輸入電流

值  $I_{in-crit}$ 。  $I_{in-crit}$  可用來做為 CCM 與 DCM 操作模式的劃分點。此提供用來決定功率轉換器是在 CCM 或 DCM 中操作的另一途徑。

僅在轉換器被供電不久之後，選擇性地計算一次  $L_o$  與  $I_{in-crit}$ ，只為校正該控制器，不需要持續地計算  $I_{in-crit}$ 。如果輸入電壓被固定，則此很簡單。如果輸入電壓改變，則可重新計算  $I_{in-crit}$ 。通常，方程式 (8) 中的  $\xi$ ，在不同的輸入電壓下幾乎為常數，且不需要重新計算。一旦獲得  $I_{in-crit}$ ，即可使用方程式 (7b) 來評估  $D_{1-DCM}$ 。

須注意，在此不需要感測  $V_{in}$  值，因為它們可從方程式 (9) 及 (10) 計算得到：

$$V_{in-DCM} \cong \frac{V_o \cdot (D_{DCM} + D_{1-DCM})}{D_{DCM}}, \quad (9)$$

$$V_{in-CCM} \cong \frac{V_o}{D_{CCM}}. \quad (10)$$

輸入電壓的改變，可從工作週期中的改變偵測到。

此外，其它參數，諸如 DCM 中的負載電流 ( $I_{o-DCM}$ )、CCM 中的負載電流 ( $I_{o-CCM}$ )、 $\Delta I_{L_o-CCM}$  ( $=I_{L_o-max-CCM} - I_{L_o-min-CCM}$ )、CCM 中的最大輸出電感電流 ( $I_{L_o-max-CCM}$ )、及 CCM 中的最小輸出電感電流 ( $I_{L_o-min-CCM}$ )，都可使用以下的方程式獲得到：

$$I_{o-DCM} \cong \frac{I_{in} \cdot (D_{DCM} + D_{1-DCM})}{D_{DCM}}, \quad (11)$$

$$I_{o-CCM} \cong \frac{I_{in}}{D_{CCM}}, \quad (12)$$

$$\Delta I_{L_o-CCM} \cong \frac{(1 - D_{CCM}) \cdot V_o}{L_o \cdot f_s-CCM}, \quad (13)$$

$$I_{L_o-max-CCM} \cong \Delta I_{L-CCM} + \frac{I_{in}}{D_{CCM}}, \quad (14)$$

$$I_{L_o-min-CCM} \cong \Delta I_{L-CCM} - \frac{I_{in}}{D_{CCM}}. \quad (15)$$

雖然參考圖 1-7 中的方塊圖與流程圖描述了所揭示之主題的例示性實施例，但熟悉一般技術之人士很容易明瞭，有很多實施所揭示之主題的其它方法可替代地使用。例如，流程圖中方塊的執行次序可以改變，及/或所描述之方塊/流程圖中的某些方塊可以改變、取消或合併。

在前文的描述中，已描述了所揭示之主題的各種不同態樣。基於解釋的目的，為了提供對主題的全盤瞭解，說明了特定的數量、系統及架構。不過，熟悉此方面技術之人士應瞭解，沒有這些特定的細節，仍能實施本揭示之主題的優點。在其它例中，為吾人所熟知的特徵、組件、或模組都被省略、簡化、結合、或分離，以免對所揭示的主題造成混淆。

所揭示之主題的各種實施例，可在硬體、韌體、軟體、或其組合中實施，且可藉由參考或結合程式碼來描述，諸如指令、函數、程序、資料結構、邏輯、應用程式、用於模擬的設計表述或格式、模倣、及設計的構造物，這些當被一機器存取時，致使該機器執行工作、定義抽象的資

料類型或低階的硬體上下文，或產生結果。

關於模擬，程式碼可使用硬體描述語言或另一機能描述語言來代表硬體，其基本上提供一預期所設計之硬體如何執行的模型。程式碼可以是組合或機器語言、或可被編譯及/或解譯的資料。此外，在一般的技術中說到軟體，如同採取一動作或導致一結果的一形式或其它。這些表述僅只是以簡略的表達方式，來說明藉由致使處理器實施一動作或產生一結果之處理系統執行程式碼。

程式碼例如可儲存在揮發性及/或非揮發性記憶體中，這類儲存裝置及/或相關的機器可讀取或機器可存取的媒體包括有固態記憶體、硬式磁碟機、軟式磁碟機、光學儲存裝置、磁帶、快閃記憶體、記憶棒、數位光碟、數位多功能光碟、等，以及更奇特的媒體，諸如機器可存取生物狀態保存儲存裝置。機器可讀取媒體可包括以機器可讀取之形式來儲存、傳送、或接收資訊的任何機制，以及該媒體可包括有形的媒體，經由該媒體，電、光、聲或其它形式的傳播信號或編碼有程式碼的載波，可通過諸如天線、光纖、通信介面等。程式碼可以封包、串列資料、並列資料、傳播信號等的形式被傳送，且可使用壓縮或加密格式。

程式碼可在可程式之機器上執行的程式中來實施，可程式之機器諸如行動或固定式電腦、個人數位助理、機上盒、細胞式電話或呼叫器，及其它電子裝置，其每一個都包括有處理器、可被處理器讀取的揮發性及/或非揮發性

記憶體，至少一個輸入裝置及/或一或多個輸出裝置。程式碼可施加於使用輸入裝置輸入的資料，以實施上述實施例，並產生輸出資訊。該輸出資訊可施加於一或多個輸出裝置。熟悉一般技術之人士可瞭解，所揭示之主題的實施例可用各種不同的電腦系統架構來實行，包括多處理器或多核心處理器系統，微型電腦、大型電腦主機、以及可內建於幾乎任何裝置內的普及或微型電腦或處理器。揭示之主題的實施例也可在分散式電腦環境中實施，在該環境中，各項工作可藉由經由通信網路所鏈接的遠端處理裝置來實施。

雖然是以循序處理來描述各項操作，但事實上，某些操作可平行實施，同時，及/或在分散式的環境中，且由單一或多處理器機器存取本地及/或遠端儲存的程式碼。此外，在某些實施例中，操作的次序可重新安排，也不偏離所揭示之主題的精神。程式碼可供內建的控制器使用，或與其結合。

雖然已參考了說明的實施例描述了所揭示的主題，但不能將此描述解釋為限制之意。熟悉此方面技術之人士可明瞭，說明之實施例的各種修改，以及該主題的其它實施例都屬於所揭示之主題，都視為在所揭示之主題的範圍之內。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1 說明具有數位式控制器之功率轉換器的圖；

圖 2 說明按照本申請案所揭示之主題的實施例，具有數位式控制器之功率轉換器的圖；

圖 3A 及 3B 分別說明功率轉換器 200（如圖 2 所示）在連續導通模式（"CCM"）及在不連續導通模式（"DCM"）中操作的輸出電感電流波形；

圖 4 說明按照本申請案所揭示之主題的實施例，適應地控制電源開關而不感測輸出電感電流之處理例的流程圖；

圖 5 說明數位式功率轉換器中，下開關之工作週期與輸出電感電流之零交叉間的關係；

圖 6 概示說明按照本申請案所揭示之主題的實施例，用以決定功率轉換器之操作模式的方法；以及

圖 7 係在 DCM 中追蹤尖峰輸出電感電流，及藉由限制 DCM 中之該尖峰輸出電感電流以控制該輸出電壓漣波之處理例的流程圖。

#### 【主要元件符號說明】

100：功率轉換器

105：輸入電源

110：控制電源開關

115：同步電源開關

120：閘極驅動器

125：低速類比至數位轉換器

130：輸出電感器

- 140 : 數位式控制器
- 145 : 高級控制結構單元
- 155 : 快速類比至數位轉換器
- 160 : 輸出電容器
- 165 : 負載
- 170 : 比較器
- 175 : 控制信號
- 180 : 控制信號
- 200 : 功率轉換器
- 205 : 輸入電源
- 210 : 控制電源開關
- 215 : 同步電源開關
- 220 : DCM/CCM 致能驅動器
- 230 : 輸出電感器
- 235 : 平均輸入電流
- 240 : 數位式控制器
- 250 : 輸出電壓
- 260 : 輸出電容器
- 265 : 負載
- 275 : 控制信號
- 280 : 控制信號

100  
年 11 月 23 日修正本

附件 5A : 第 097105233 號申請專利範圍修正本

民國 100 年 11 月 23 日修正

## 十、申請專利範圍

1. 一種適應性地控制電子系統中功率級的方法，包含：

獲得到該功率級的輸入功率的值，其中獲得輸入功率的值包含感測該輸入電流，並數位化該感測到的輸入電流；

獲得到該功率級中同步電源開關的現行工作週期的值；

根據獲得作為工作週期的輸入功率的值改變，適應性地改變該同步電源開關的該工作週期，直至獲得到最小的輸入功率，其中該適應性地改變該同步電源開關的該工作週期直到獲得最小的輸入功率包含：

增加或減少該同步電源開關的該工作週期，及

檢查是否該輸入功率的降低為該同步電源開關的該工作週期增加或減少的結果；以及  
使用與該同步電源開關之該最小輸入功率對應的該工作週期。

2. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中獲得到該同步電源開關之該現行工作週期的該值，包含至少部分根據該功率級中之控制電源開關的切換頻率，來計算該同步電源開關的該現行工作週期。

3. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中適應性地改



變該同步電源開關之該工作週期直至獲得到該最小輸入功率更包含：

如果該輸入功率由於該同步電源開關的該工作週期的增加或減少的結果而未減少，則決定是否該功率級操作於一連續導通模式 (CCM) 或不連續導通模式 (DCM)。

4. 如申請專利範圍第 3 項的方法，其中適應性地改變該同步電源開關之該工作週期直至獲得到該最小輸入功率進一步包含：

如果該功率級在 CCM 中操作，則在等待一預定數量的切換週期之後，再次適應性地改變該同步電源開關的該工作週期，直至獲得到該最小輸入功率。

5. 如申請專利範圍第 3 項的方法，其中適應性地改變該同步電源開關之該工作週期直至獲得到該最小輸入功率進一步包含：

如果該功率級在 DCM 中操作，則以反方向改變該同步電源開關的該工作週期，直至獲得到該最小輸入功率。

6. 如申請專利範圍第 3 項的方法，其中適應性地改變該同步電源開關之該工作週期直至獲得到該最小輸入功率進一步包含：

如果該輸入功率由於該同步電源開關之該工作週期的該增加或減少而降低，則決定該同步電源開關的該工作週期是否大於一最小值；以及

如果該工作週期不大於該最小值，則在等待一預定數量的切換週期之後，再次適應性地改變該同步電源開關之

該工作週期，直至獲得到該最小輸入功率。

7. 如申請專利範圍第 6 項的方法，其中適應性地改變該同步電源開關之該工作週期直至獲得到該最小輸入功率進一步包含：

如果該工作週期大於該最小值，則以與先前之改變方向的相同方向，持續改變該同步電源開關的該工作週期，直至獲得到該最小輸入功率。

8. 如申請專利範圍第 3 項的方法，其中決定該功率級是在 CCM 或 DCM 中操作，包含根據一控制電源開關之該工作週期的值與該同步電源開關之該工作週期的值，來決定該功率級的操作模式。

9. 如申請專利範圍第 3 項的方法，其中決定該功率級是在 CCM 或 DCM 中操作，包含根據用於控制電源開關之控制信號與用於該同步電源開關之控制信號之間的 "OR" 運算來決定該功率級的操作模式。

10. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該功率級包含一功率轉換器。

11. 一種適應性地控制電子系統中功率級的裝置，包含：

用以獲得到該功率級的輸入功率值的機構，其中該邏輯以獲得該輸入功率包含邏輯以感測該輸入電流及邏輯以數位化該感測輸入電流；

用以適應性地改變該同步電源開關的該工作週期，直至獲得到最小輸入功率的機構；以及

使用與該同步電源開關之該最小輸入功率對應之該工作週期的機構，

其中使用該工作週期的機構係適應性地藉由以下改變該同步電源開關的該工作週期：

增加或減少該同步電源開關的該工作週期；及

檢查是否輸入功率的降低，是否是因為該同步電源開關的該工作週期的增加或降低的結果。

12. 如申請專利範圍第 11 項的裝置，其中該用以適應性地改變該同步電源開關之該工作週期的機構，包含至少部分根據該功率級中之控制電源開關的切換頻率，來計算該同步電源開關之該現行工作週期值的機構。

13. 如申請專利範圍第 11 項的裝置，其中該用以適應性地改變該同步電源開關之該工作週期的機構包含：

如果該輸入功率並未由於該同步電源開關之該工作週期的該增加或減少而降低，用以決定該功率級是在連續導通模式（"CCM"）或不連續導通模式（"DCM"）中操作的機構。

14. 如申請專利範圍第 13 項的裝置，其中該用以適應性地改變該同步電源開關之該工作週期的機構更包含：

如果該輸入功率由於該同步電源開關之該工作週期的該增加或減少而降低，用以決定該同步電源開關的該工作週期是否大於一最小值的機構；

如果該工作週期不大於該最小值，用以在等待一預定數量的切換週期之後，再次適應性地改變該同步電源開關

之該工作週期，直至獲得到該最小輸入功率的機構；以及

如果該工作週期大於該最小值，用以在與先前之改變方向的相同方向，持續改變該同步電源開關之該工作週期，直至獲得到該最小輸入功率的機構。

15. 如申請專利範圍第 13 項的裝置，進一步包含經由用於控制電源開關之控制信號與用於該同步電源開關之控制信號之間的 "OR" 運算，來決定該功率級是在 CCMDCM 中操作的機構。

16. 如申請專利範圍第 11 項的裝置，其中該功率級包含一功率轉換器。

17. 如申請專利範圍第 13 項的裝置，其中該控制器更藉由以下適應性地改變該同步電源開關的該工作週期：

如果該功率級操作於 CCM，則在等待預定量的切換循環後，適應性地改變該同步電源開關的該工作週期，直到獲得最小輸入功率為止。

18. 如申請專利範圍第 13 項的裝置，其中該控制器藉由以下適應性地改變該同步電源開關的該工作週期：

如果功率級操作於 DCM，則以相反方向改變該同步電源開關的該工作週期，直到獲得最小輸入功率為止。

19. 一種包含機器可讀取媒體的物品，媒體包含有指令，其當為處理平台所執行時，使得該處理平台執行適應性地控制在電子系統中之功率級的操作，該操作包含：

獲得該功率級的輸入功率的值，其中獲得該輸入功率的值包含感測該輸入電流及數位化該感測輸入電流；

獲得在該功率級中之同步電源開關的現行工作週期的值；

適應性地改變該同步電源開關的該工作週期，根據工作週期改變時所獲得的輸入功率的值，直到獲得最小輸入功率值為止，其中適應性地改變該同步電源開關的該工作週期直到獲得該最小輸入功率包含：

增加或減少該同步電源開關的該工作週期，及

檢查是否該輸入功率減少是由於增加或減少該同步電源開關的該工作週期的結果；及

使用對應於該最小輸入功率的工作週期用於該同步電源開關。

20. 如申請專利範圍第 19 項的物品，其中獲得該同步電源開關的該現行工作週期包含至少部份根據在功率級中之控制電源開關的切換頻率，計算該同步電源開關的該現行工作週期。

21. 如申請專利範圍第 19 項的物品，其中適應性地改變該同步電源開關的該工作週期直到獲得最小輸入功率更包含：

如果該輸入功率並未由於該同步電源開關的該工作週期的增加或減少的結果而減少，則決定是否該功率級操作於連續導通模式(“CCM”)或不連續導通模式(“DCM”)。

22. 如申請專利範圍第 21 項的物品，其中適應性地改變該同步電源開關的工作週期直到獲得最小輸入功率更包含：

如果該輸入功率由於該同步電源開關的工作週期的增加或減少而減少時，則決定該同步電源開關的該工作週期是否大於一最小值；

如果該工作週期並未大於該最小值，則再次適應性地改變該同步電源開關的該工作週期，直到等待預定數量的切換週期後，獲得最小輸入功率為止；及

如果該工作週期大於該最小值，則以相同於前一改變的方向，保持改變該同步電源開關的該工作週期，直到獲得最小輸入功率為止。

23.如申請專利範圍第 21 項所述之物品，其中決定是否該功率級操作於 CCM 或 DCM 包含根據控制電源開關的工作週期與該同步電源開關的工作週期的值，來決定該功率級的操作模式。

24.如申請專利範圍第 21 項所述之物品，其中決定是否該功率級操作於 CCM 或 DCM 包含根據於控制電源開關的控制信號與同步電源開關的控制信號間之"OR"運算，決定該功率級的操作模式。

25. 如申請專利範圍第 21 項所述之物品，其中適應性地改變該同步電源開關的該工作週期直到獲得最小輸入功率更包含：

如果該功率級操作於 CCM 時，適應性地改變該同步電源開關的該工作週期，直到等待一預定數量的切換週期後再次獲得最小功率為止。

26.如申請專利範圍第 21 項所述之物品，其中適應性地

改變該同步電源開關的該工作週期直到獲得最小輸入功率更包含驟：

如果該功率級操作於 DCM，則以相反方向改變該同步電源開關的工作週期，直到獲得最小輸入功率為止。

圖1

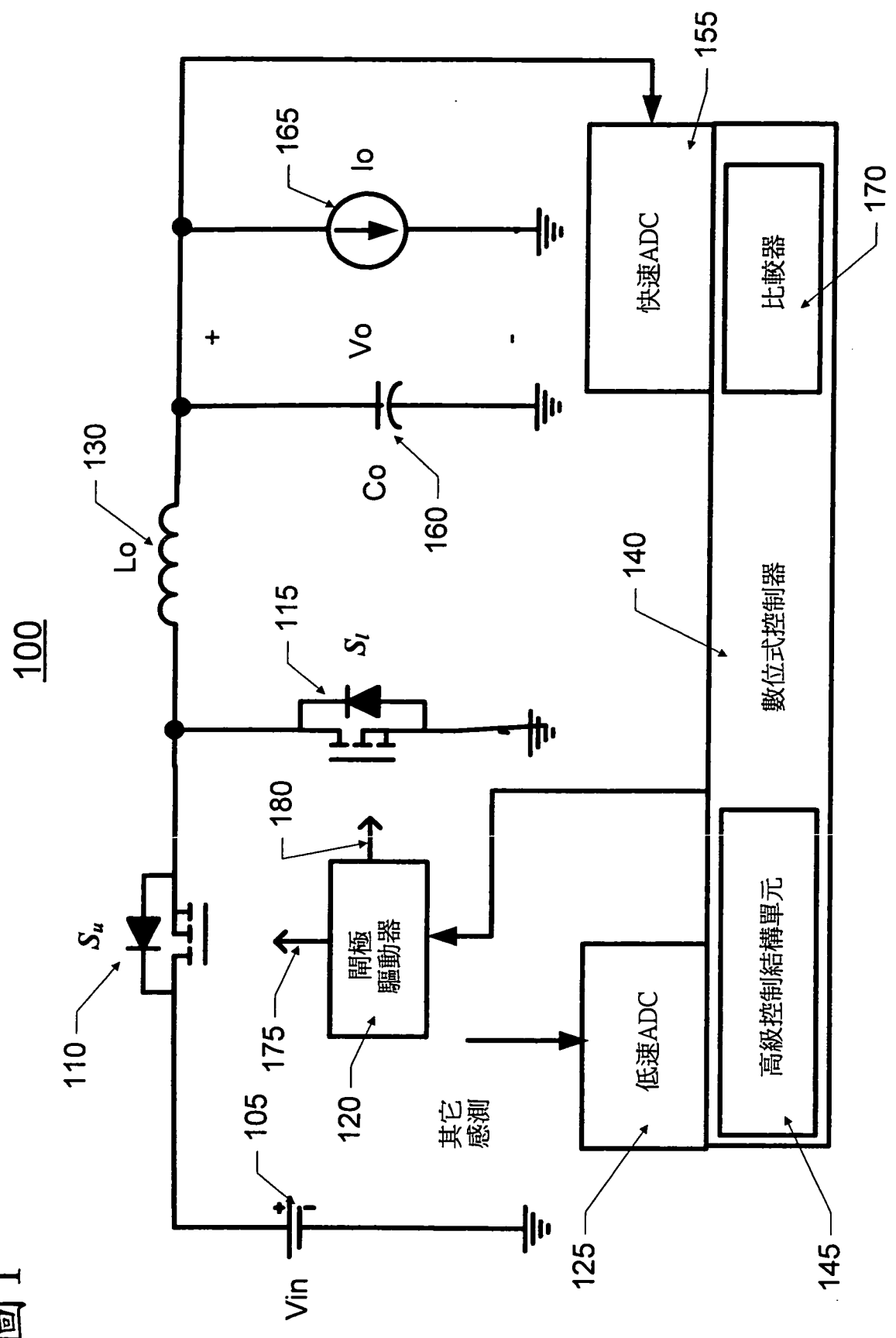




圖2

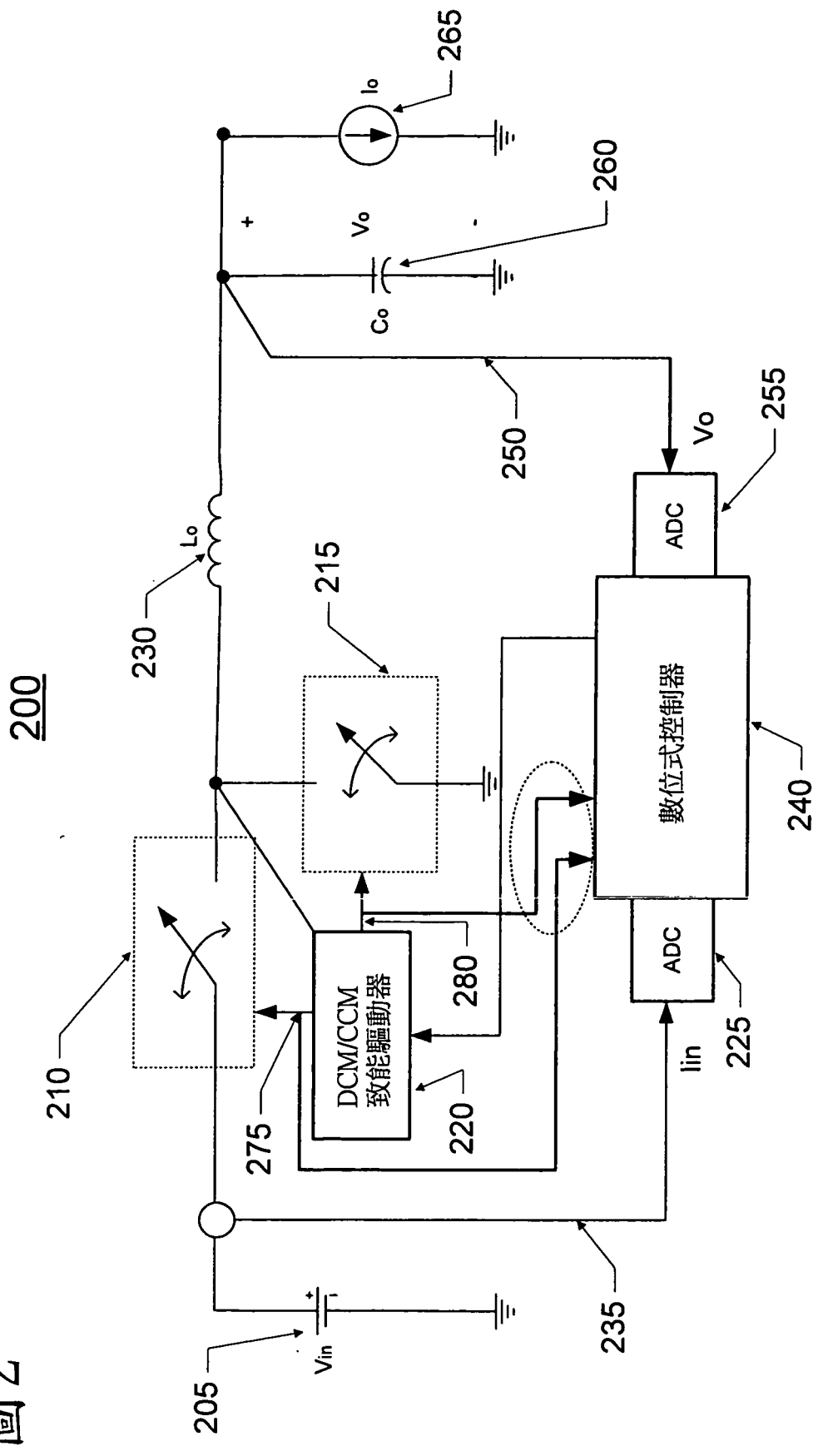


圖 3A

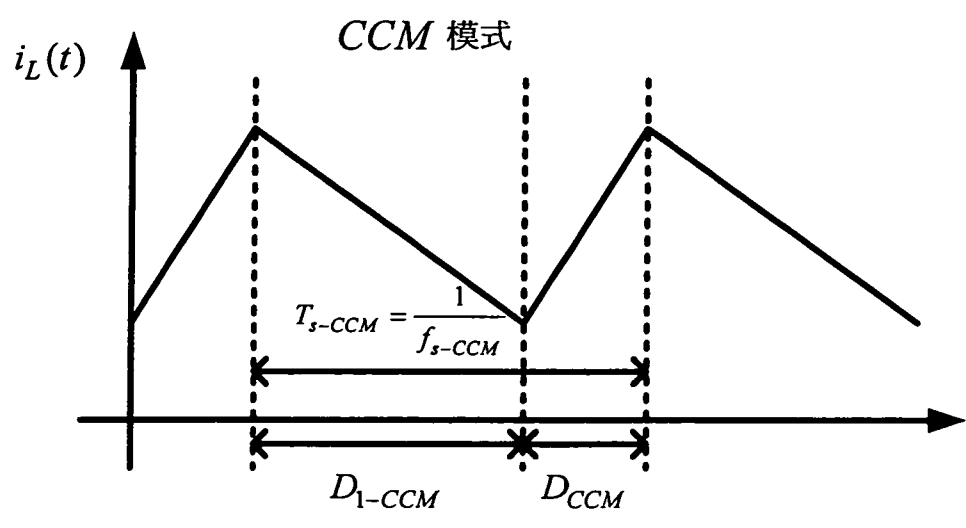


圖 3B

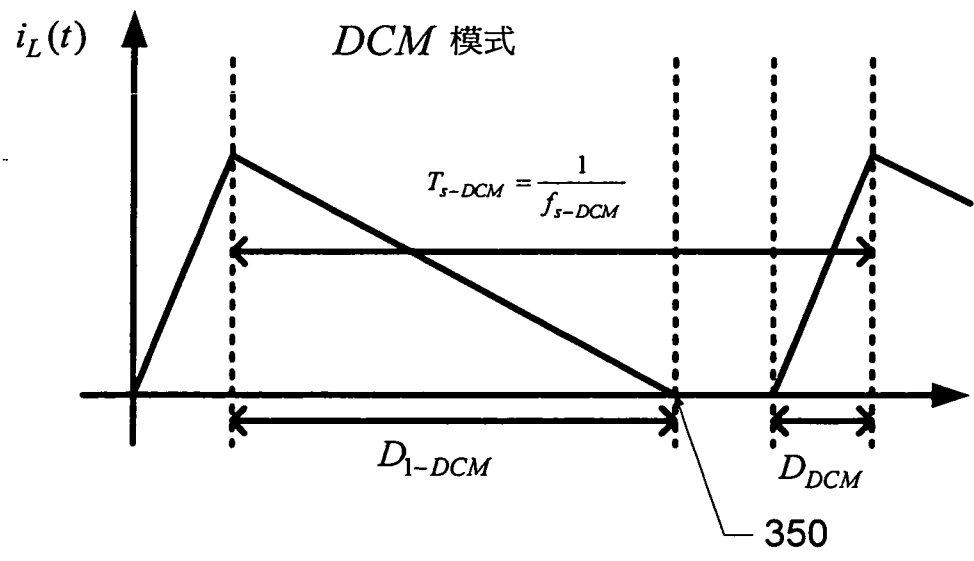
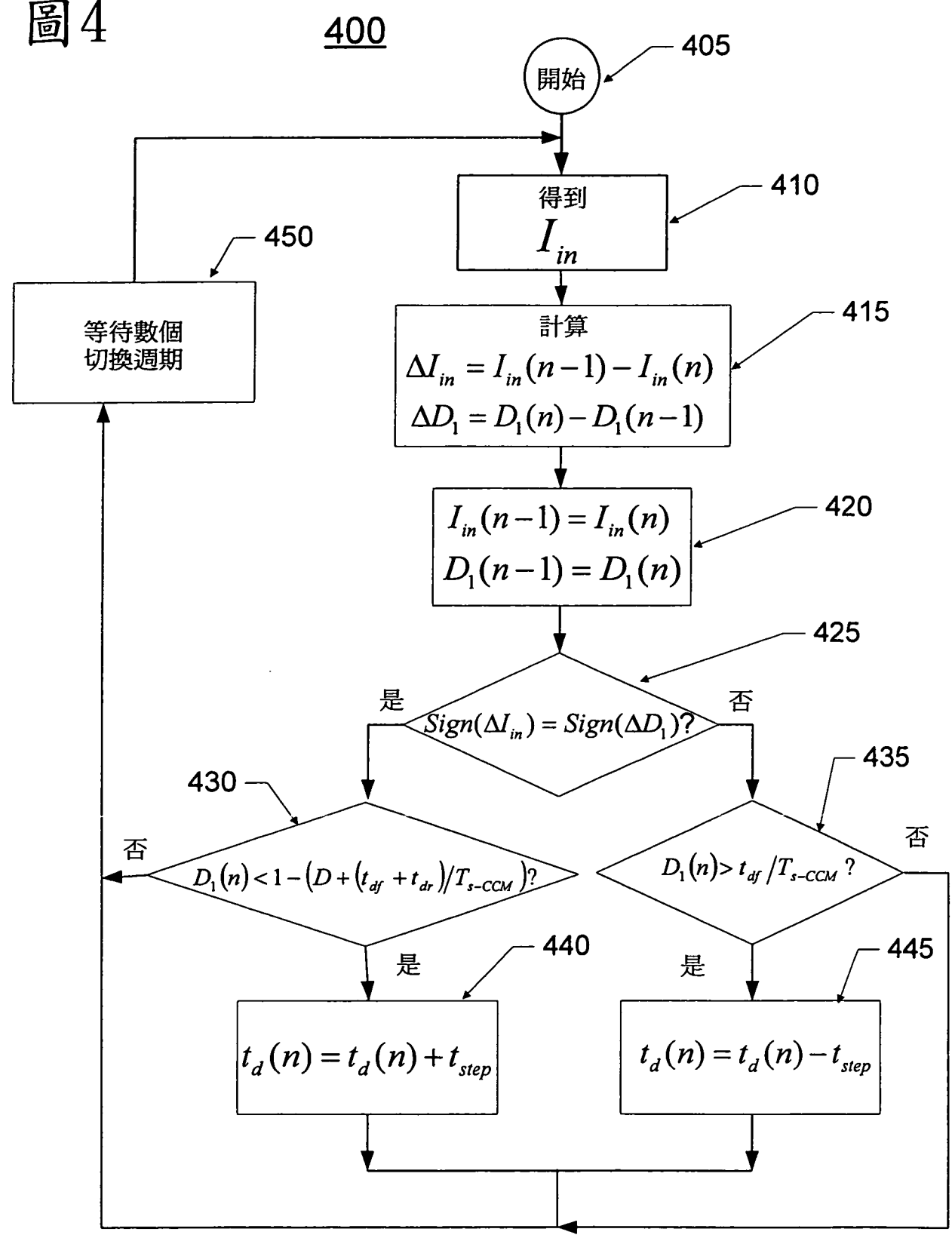


圖 4



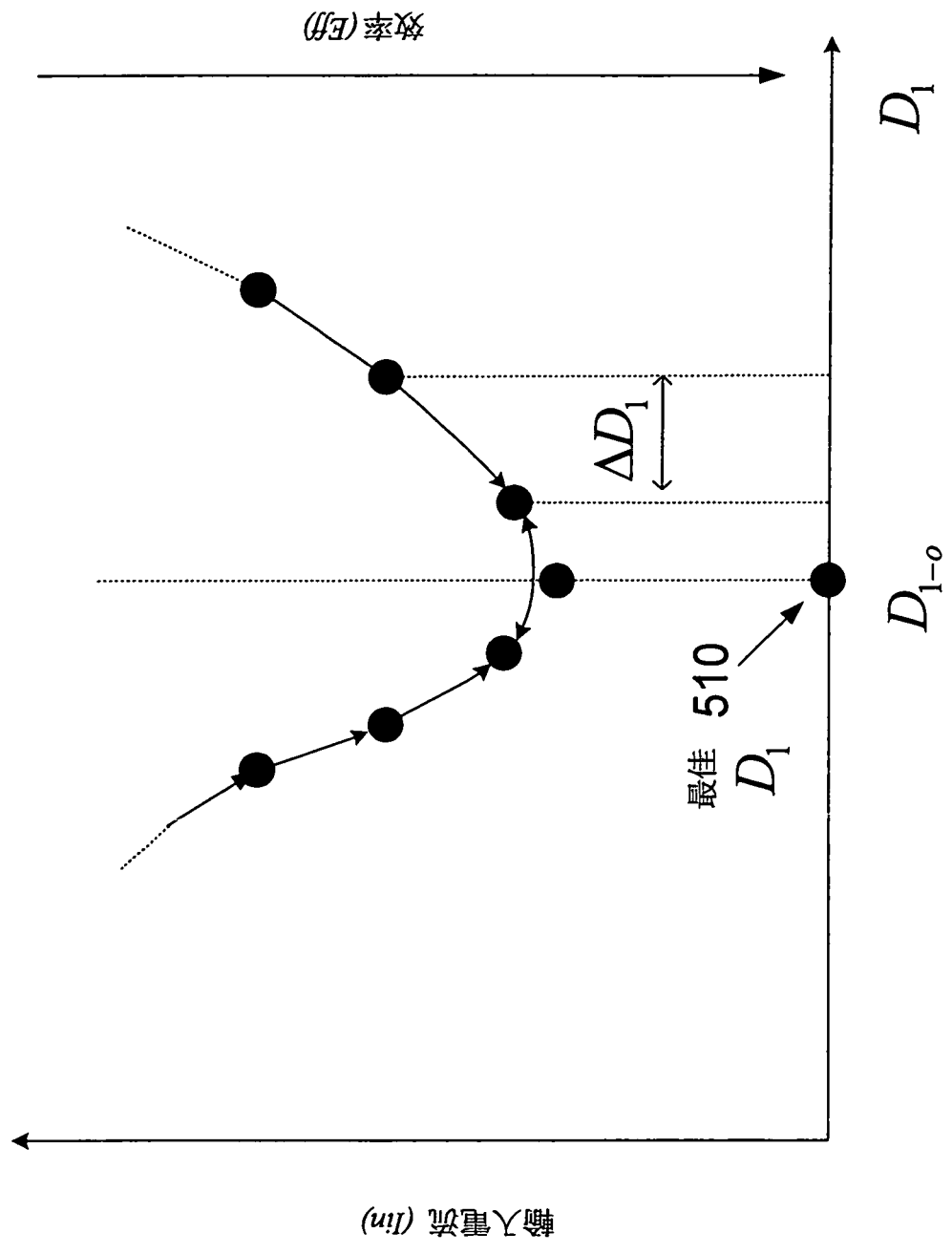


圖5

圖6

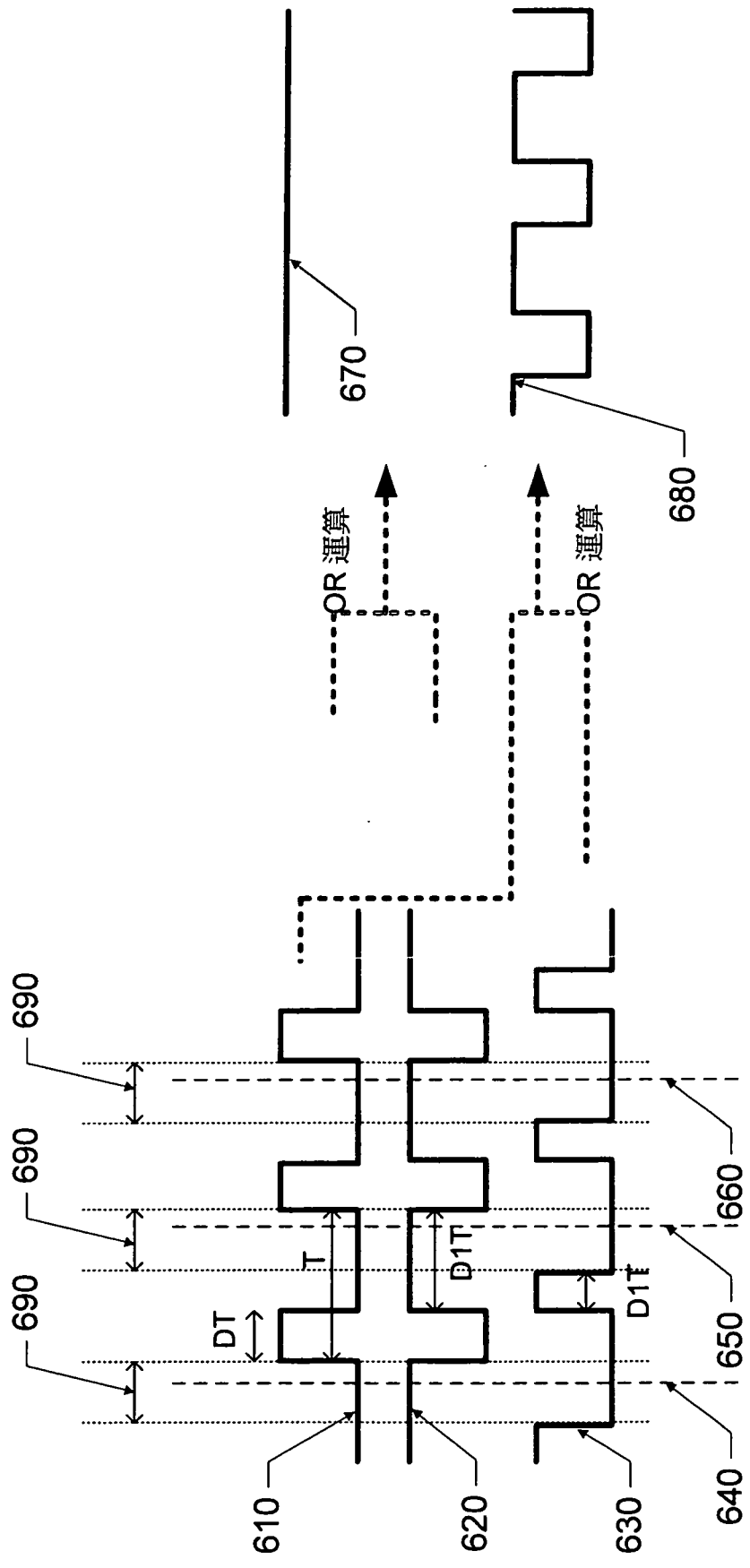


圖 7

