



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I445293 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 11 日

(21) 申請案號：100130691

(22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 26 日

(51) Int. Cl. : H02M1/44 (2007.01)

H02M1/08 (2006.01)

(71) 申請人：立錡科技股份有限公司 (中華民國) RICHTEK TECHNOLOGY CORP (TW)

新竹縣竹北市台元街 20 號 5 樓

(72) 發明人：潘均宏 PAN, JIUN HUNG (TW)；唐健夫 TANG, CHIEN FU (TW)；陳曜洲 CHEN, ISAAC Y. (TW)

(74) 代理人：黃重智

(56) 參考文獻：

US 5929620

US 6107851

US 6229366B1

US 6249876B1

US 7289582B2

審查人員：彭極富

申請專利範圍項數：37 項 圖式數：15 共 0 頁

(54) 名稱

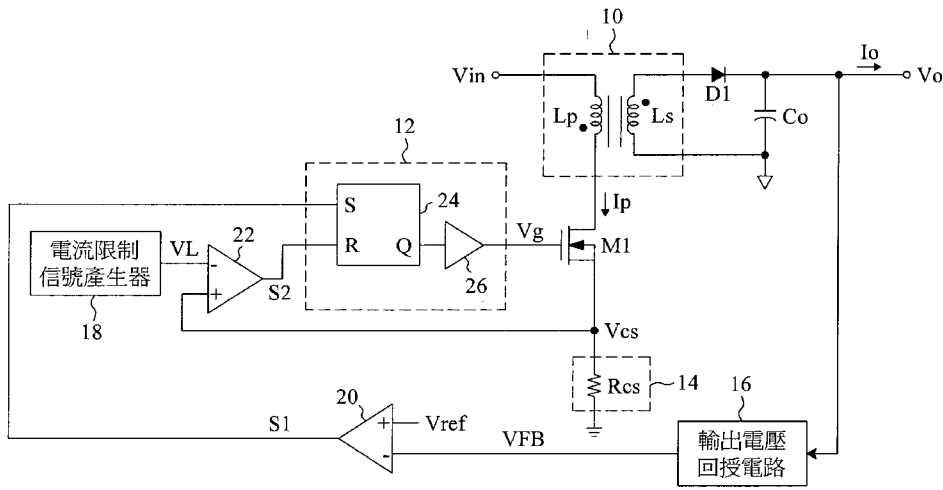
P F M 電源供應器的頻率抖動控制電路及方法

FREQUENCY JITTERING CONTROL CIRCUIT AND METHOD FOR A PFM POWER SUPPLY

(57) 摘要

一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，包括脈頻調變器產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓。該頻率抖動控制電路藉抖動該脈頻調變器的輸入信號或工作時間或非工作時間，以抖動該功率開關的切換頻率，進而改善 EMI 問題。

A frequency jittering control circuit for a PFM power supply includes a pulse frequency modulator to generate a frequency jittering control signal to switch a power switch to generate an output voltage. The frequency jittering control circuit jitters an input signal or an on-time or off-time of the pulse frequency modulator to jitter the switching frequency of the power switch to thereby improve EMI issue.



- 10 . . . 變壓器
- 12 . . . 脈頻調變器
- 14 . . . 電流偵測器
- 16 . . . 輸出電壓回授電路
- 18 . . . 電流限制信號產生器
- 20 . . . 比較器
- 22 . . . 比較器
- 24 . . . 正反器
- 26 . . . 閘極驅動器

圖1

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：100130691

※申請日：100.8.26

※IPC 分類：H02M 1/04 (2007.01)
H02M 1/08 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路及方法/FREQUENCY
JITTERING CONTROL CIRCUIT AND METHOD FOR A
PFM POWER SUPPLY

二、中文發明摘要：

一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，包括脈頻調變器產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓。該頻率抖動控制電路藉抖動該脈頻調變器的輸入信號或工作時間或非工作時間，以抖動該功率開關的切換頻率，進而改善 EMI 問題。

三、英文發明摘要：

A frequency jittering control circuit for a PFM power supply includes a pulse frequency modulator to generate a frequency jittering control signal to switch a power switch to generate an output voltage. The frequency jittering control circuit jitters an input signal or an on-time or off-time of the pulse frequency modulator to jitter the switching frequency of the power switch to thereby improve EMI issue.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 10 變壓器
- 12 脈頻調變器
- 14 電流偵測器
- 16 輸出電壓回授電路
- 18 電流限制信號產生器
- 20 比較器
- 22 比較器
- 24 正反器
- 26 閘極驅動器

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種切換式電源供應器(Switching Mode Power Supply; SMPS)，特別是關於一種脈頻調變(Pulse Frequency Modulation; PFM)電源供應器。

【先前技術】

電磁干擾(Electro-Magnetic Interference; EMI)在切換式電源供應器的設計中是很重要的問題，而展頻(spread spectrum)是目前較常用來改善 EMI 的方法。展頻係藉抖動(jitter)電源供應器的切換頻率來改善 EMI。在習知的脈寬調變(Pulse Width Modulation; PWM)電源供應器中，例如美國專利號 5,929,620、6,249,876 及 7,289,582，大多藉抖動振盪器的頻率來抖動電源供應器的切換頻率，以達成展頻的目的。PFM 電源供應器係變頻系統，其切換頻率隨負載變化，因此可以降低 EMI，然而，在固定負載時，PFM 電源供應器有固定的切換頻率，因此也有 EMI 問題，但是 PFM 電源供應器沒有振盪器，因此無法藉抖動振盪器的頻率來抖動切換頻率。

【發明內容】

本發明的目的之一，在於提出一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路及方法。

根據本發明，一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路包括脈頻調變器產生頻率抖動的控制信號切换功率開關以產生輸出電壓。在峰值電流模式 PFM 電源供應器中，該脈頻調變器因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關，該頻率抖動控制電路抖動該第一或第二信號以產生該頻率抖動的控制信號。在半諧振模式 PFM 電源供應器中，該脈頻調變器藉抖動工作時間或非工作時間來產生該頻率抖動的控制信號。在固定工作時間或固定非工作時間的 PFM 電源供應器中，該脈頻調變器藉抖動固定工作時間或固定非工作時間來產生該頻率抖動的控制信號。

【實施方式】

本發明的第一實施例如圖 1 所示，一種峰值電流模式(peak current mode)PFM 電源供應器包括變壓器 10，功率開關 M1 串聯到變壓器 10 的一次側線圈 L_p ，以及頻率抖動控制電路產生頻率抖動的控制信號 V_g 切换功率開關 M1，俾將輸入電壓 V_{in} 轉換為輸出電壓 V_o 。在該頻率抖動控制電路中，脈頻調變器 12 根據第一信號 S1 及第二信號 S2 產生控制信號 V_g ，電流偵測器 14 偵測功率開關 M1 的電流 I_p 以產生電流感測信號 V_{cs} ，輸出電壓回授電路 16 偵測輸出電壓 V_o 產生回授信號 VFB，比較器 20 比較回授信號 VFB

及參考電壓 V_{ref} 產生第一信號 $S1$ ，電流限制信號產生器 18 提供抖動的電流限制信號 VL ，以及比較器 22 比較電流限制信號 VL 及電流感測信號 V_{cs} 以產生第二信號 $S2$ 。在此實施例中，電流偵測器 14 包括電流感測電阻 R_{cs} 串聯到功率開關 $M1$ ，因電流 I_p 流過而產生電流感測信號 V_{cs} ；脈頻調變器 12 包括正反器 24 因應信號 $S1$ 及 $S2$ 產生脈頻調變信號 Q ，以及閘極驅動器 26 因應脈頻調變信號 Q 產生控制信號 V_g 。在脈頻調變器 12 中，信號 $S1$ 及 $S2$ 分別輸入正反器 24 的設定端 S 及重設端 R ，因此，脈頻調變信號 Q 由第一信號 $S1$ 觸發，被第二信號 $S2$ 關閉，因而控制功率開關 $M1$ 開始及結束導通的時間，進而控制功率開關 $M1$ 的工作時間(on-time)。更詳細而言，每當輸出電壓 V_o 下降到低於參考電壓 V_{ref} 時，第一信號 $S1$ 轉為邏輯“1”，因而觸發脈頻調變信號 Q ，進而導通功率開關 $M1$ ，電流 I_p 上升，當電流感測信號 V_{cs} 上升到超過電流限制信號 VL 時，第二信號 $S2$ 轉為邏輯“1”，因而重設信號 Q ，進而關閉功率開關 $M1$ 。因為電流限制信號 VL 是抖動的，所以信號 Q 被關閉的時間也是抖動的，造成功率開關 $M1$ 的切換頻率抖動。更清楚的過程如圖 2 所示，在電流感測信號 V_{cs} 的上升斜率不變的情況下，當電流限制信號 VL 從 $VL1$ 增加為 $VL2$ ，電流感測信號 V_{cs} 需要更長的時間才會上升到電流限制信號 VL ，因此控制信號

V_g 的週期從 $T_1=1/f_1$ 增加為 $T_2=1/f_2$ ，如波形 28 及 29 所示，即功率開關 M1 的切換頻率從 f_1 下降為 f_2 。反之，若減少電流限制信號 VL，則功率開關 M1 的切換頻率會提高。因此，抖動電流限制信號 VL 可以抖動功率開關 M1 的切換頻率，進而改善 PFM 電源供應器的 EMI 問題。

圖 3 係圖 1 中的電流限制信號產生器 18 的第一實施例，左側的電壓電流轉換器 30 及電流鏡 32 用來產生預設的電流限制信號 VL，右側的計數器 34、鋸齒波產生器 36、電壓電流轉換器 38 及電流鏡 40 用來使電流限制信號 VL 抖動。電壓電流轉換器 30 將參考電壓 V_{ref1} 轉換為電流 I_1 ，電流鏡 32 鏡射電流 I_1 產生電流 I_2 ，鋸齒波產生器 36 提供鋸齒波信號 V_{ra} ，計數器 34 根據時脈 CLK 產生計數值 CNT 給鋸齒波產生器 36 以調整鋸齒波信號 V_{ra} ，電壓電流轉換器 38 將鋸齒波信號 V_{ra} 轉換為電流 I_3 ，電流鏡 40 鏡射電流 I_3 產生電流 I_4 ，電流 I_2 及 I_4 結合成抖動的電流 I_5 ，流過電阻 R_o 產生抖動的電流限制信號 VL。時脈 CLK 可以從 PFM 電源供應器中抓取週期性信號產生，例如信號 Q、 V_g 或 VFB。在其他實施例中，計數器 34 可以用其他電路取代，例如亂數產生器。

圖 4 係圖 1 中的電流限制信號產生器 18 的第二實施例，左側的電路和圖 3 是一樣的，其他部份的電路改用可變電阻 42 及阻值控制器 44。可變電阻 42

包括串聯的電阻 R_{adj} 及電阻 R_o ，阻值控制器 44 微調電阻 R_{adj} 以改變可變電阻 42 的阻值，進而使電流限制信號 VL 抖動。阻值控制器 44 可以用計數器或亂數產生器來實現。

圖 1 的實施例係藉抖動第二信號 S2 來達成抖動切換頻率的目的，也可以改為藉第一信號 S1 來達成抖動切換頻率的目的，例如圖 5 所示的實施例，第一信號 S1 經可程式化延遲電路 46 延遲一段時間後才送入脈頻調變器 12，延遲時間控制器 48 根據正反器 24 的輸出 Q 調整可程式化延遲電路 46 的延遲時間，因此抖動信號 Q 的觸發時間，進而抖動功率開關 M1 的切換頻率。延遲時間控制器 48 可以用計數器或亂數產生器來實現。在其他實施例中，延遲時間控制器 48 可以改為根據其他的週期性信號來調整可程式化延遲電路 46 的延遲時間，例如信號 V_g 或 VFB。

圖 5 的抖動方法可以改為如圖 6 所示的實施例，第二信號 S2 經可程式化延遲電路 46 延遲一段時間後才送入脈頻調變器 12，延遲時間控制器 48 根據正反器 24 的輸出 Q 調整可程式化延遲電路 46 的延遲時間，因此抖動信號 Q 的重設時間，進而抖動功率開關 M1 的切換頻率。

圖 1 的實施例係藉抖動電流限制信號 VL 來抖動第二信號 S2，也可以改為藉抖動電流感測信號 V_{cs} 來抖動第二信號 S2，例如圖 7 所示的實施例，電流

感測信號 V_{cs} 被增益電路 50 放大為信號 V_{cs_m} ，增益控制器 52 根據控制信號 V_g 調整增益電路 50 的增益 K_i ，因而改變電流感測信號 V_{cs_m} 的上升斜率，進而改變第二信號 S_2 被觸發的時間，因此改變信號 Q 的結束時間。當增益電路 50 的增益 K_i 抖動時，功率開關 M_1 的切換頻率也將隨著抖動。在其他的實施例中，增益控制器 52 可以改為根據其他週期性的信號來調整增益 K_i 。增益控制器 52 可以用計數器或亂數產生器來實現。

圖 8 係一種半諧振 (Quasi Resonant; QR) 模式 PFM 電源供應器，其包括零電流偵測器 54 偵測 PFM 電源供應器的輸出電流 I_o ，在輸出電流 I_o 下降到臨界值時觸發第一信號 S_1 給脈頻調變器 12，電流偵測器 14 偵測功率開關 M_1 的電流 I_p 產生電流感測信號 V_{cs} ，輸出電壓回授電路 16 偵測輸出電壓 V_o 產生回授信號 V_{FB} ，誤差放大器 55 放大回授信號 V_{FB} 及參考電壓 V_{ref} 之間的差值產生第三信號 S_3 ，比較器 22 比較電流感測信號 V_{cs} 及第三信號 S_3 產生第二信號 S_2 ，脈頻調變器 12 和圖 1 的實施例是一樣的，由第一信號 S_1 觸發信號 Q ，由第二信號 S_2 重設信號 Q 。為了抖動第二信號 S_2 ，可程式化延遲電路 46 將第二信號 S_2 延遲一段時間後才送入脈頻調變器 12，延遲時間控制器 48 根據控制信號 V_g 調整可程式化延遲電路 46 的延遲時間。抖動可程式化延遲電路 46 的延遲

時間即抖動信號 Q 的結束時間，進而抖動功率開關 $M1$ 的切換頻率。

圖 8 中抖動第二信號 $S2$ 的方法也可以改為如圖 9 所示的實施例，增益電路 50 將電流感測信號 Vcs 放大為 Vcs_m ，由增益控制器 52 根據控制信號 Vg 來抖動增益電路 50 的增益 Ki ，因而抖動電流感測信號 Vcs_m 的上升斜率，進而抖動第二信號 $S2$ 被觸發的時間，因此抖動信號 Q 的結束時間，導致功率開關 $M1$ 的切換頻率跟著抖動。

圖 9 中抖動電流感測信號 Vcs_m 的上升斜率的方法也可以改為如圖 10 所示的實施例，增益電路 50 將回授信號 VFB 放大為 VFB_m ，由增益控制器 52 根據控制信號 Vg 來抖動增益電路 50 的增益 Ki ，因而抖動回授信號 VFB_m 的上升斜率，進而抖動第二信號 $S2$ 被觸發的時間，因此抖動信號 Q 的結束時間，導致功率開關 $M1$ 的切換頻率跟著抖動。

在圖 8 至圖 10 的實施例中，都是利用與功率開關 $M1$ 的電流 I_p 相關的電流感測信號 Vcs 與第三信號 $S3$ 比較以產生第二信號 $S2$ ，在其他實施例中，也可以用其他鋸齒波信號來取代電流感測信號 Vcs 。例如圖 8 的電路可改為如圖 11 所示的電壓模式架構的 QR 模式 PFM 電源供應器，其中比較器 22 比較內部產生的鋸齒波信號 $Vramp$ 及第三信號 $S3$ 產生第二信號 $S2$ 。圖 9 的電路可改為如圖 12 所示的電壓模式架構，

其中增益電路 50 係放大鋸齒波信號 V_{ramp} 產生鋸齒波信號 V_{ramp_m} ，比較器 22 比較鋸齒波信號 V_{ramp_m} 及第三信號 $S3$ 產生第二信號 $S2$ 。圖 10 的電路可改為如圖 13 所示的電壓模式架構，其中比較器 22 比較鋸齒波信號 V_{ramp} 及第三信號 $S3$ 產生第二信號 $S2$ 。

圖 14 的實施例係一種固定工作時間或固定非工作時間 (Constant On-Time or Constant Off-Time; COT) 模式 PFM 電源供應器，其脈頻調變器 12 包括單擊電路 56 受第一信號 $S1$ 觸發產生脈衝信號 $S4$ ，脈衝信號 $S4$ 的脈衝寬度由固定時間產生器 58 提供的固定時間 T_{on} 決定，此固定時間 T_{on} 由固定時間調整器 60 根據控制信號 V_g 微調而產生抖動，閘極驅動器 26 因應脈衝信號 $S4$ 產生控制信號 V_g 。藉著抖動固定時間 T_{on} 的長度，功率開關 $M1$ 的工作時間或非工作時間跟著抖動，因而抖動功率開關 $M1$ 的切換頻率。在其他實施例中，固定時間調整器 60 可以改為根據其他週期性的信號來抖動固定時間 T_{on} 的長度，例如回授信號 V_{FB} 。固定時間調整器 60 可以用計數器或亂數產生器來實現。

圖 15 係圖 14 中的固定時間產生器 58 的一個實施例，其包括電流源 62 提供充電電流 I_c 對電容 C_v 充電而產生充電電壓 V_c ，比較器 64 比較充電電壓 V_c 及電壓源 66 提供的臨界電壓 V_b 以決定固定時間

Ton 的長度。固定時間調整器 60 調整電容 Cv、充電電流 Ic 及臨界電壓 Vb 其中至少一個，可以抖動固定時間 Ton 的長度。

【圖式簡單說明】

圖 1 係本發明的第一實施例；

圖 2 係圖 1 中的切換頻率隨著電流限制信號改變的示意圖；

圖 3 係圖 1 中的電流限制信號產生器的第一實施例；

圖 4 係圖 1 中的電流限制信號產生器的第二實施例；

圖 5 係本發明的第二實施例；

圖 6 係本發明的第三實施例；

圖 7 係本發明的第四實施例；

圖 8 係本發明的第五實施例；

圖 9 係本發明的第六實施例；

圖 10 係本發明的第七實施例；

圖 11 係本發明的第八實施例；

圖 12 係本發明的第九實施例；

圖 13 係本發明的第十實施例；

圖 14 係本發明的第十一實施例；以及

圖 15 係圖 14 中的固定時間產生器的實施例。

【主要元件符號說明】

- 10 變壓器
- 12 脈頻調變器
- 14 電流偵測器
- 16 輸出電壓回授電路
- 18 電流限制信號產生器
- 20 比較器
- 22 比較器
- 24 正反器
- 26 閘極驅動器
- 28 控制信號的波形
- 29 控制信號的波形
- 30 電壓電流轉換器
- 32 電流鏡
- 34 計數器
- 36 鋸齒波產生器
- 38 電壓電流轉換器
- 40 電流鏡
- 42 可變電阻
- 44 阻值控制器
- 46 可程式化延遲電路
- 48 延遲時間控制器
- 50 增益電路
- 52 增益控制器

- 54 零電流偵測器
- 55 誤差放大器
- 56 單擊電路
- 58 固定時間產生器
- 60 固定時間調整器
- 62 電流源
- 64 比較器
- 66 電壓源

七、申請專利範圍：

1. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

電流限制信號產生器，提供抖動的電流限制信號；

電流偵測器，偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；以及

比較器，連接該脈頻調變器、電流限制信號產生器及電流偵測器，比較該電流感測信號及該電流限制信號以產生該第二信號。

2. 如請求項 1 之頻率抖動控制電路，其中該電流限制信號產生器包括：

第一電壓電流轉換器，將參考電壓轉換為第一電流；

第一電流鏡，連接該第一電壓電流轉換器，鏡射該第一電流產生第二電流；

鋸齒波產生器，產生鋸齒波信號；

計數器或亂數產生器，連接該鋸齒波產生器，調整該鋸齒波信號；

第二電壓電流轉換器，連接該鋸齒波產生器，將該鋸齒波信號轉換為第三電流；

- 第二電流鏡，連接該第二電壓電流轉換器，鏡射該第三電流產生第四電流至該電阻；以及電阻，連接該第一及第二電流鏡，根據該第二及第四電流的和產生該抖動的電流限制信號。
3. 如請求項 1 之頻率抖動控制電路，其中該電流限制信號產生器包括：
- 電壓電流轉換器，將參考電壓轉換為第一電流；電流鏡，連接該電壓電流轉換器，鏡射該第一電流產生第二電流；可變電阻，連接該電流鏡，根據該第二電流產生該電流限制信號；以及阻值控制器，連接該可變電阻，調整該可變電阻的阻值以抖動該電流限制信號。
4. 如請求項 3 之頻率抖動控制電路，其中該阻值控制器包括計數器或亂數產生器。
5. 如請求項 1 之頻率抖動控制電路，更包括：
- 輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；以及比較器，連接該脈頻調變器及該輸出電壓回授電路，比較參考電壓及該回授信號產生該第一信號。
6. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

比較器，連接該輸出電壓回授電路，比較該回授信號及參考電壓以產生該第一信號；

可程式化延遲電路，連接在該比較器及該脈頻調變器之間，將該第一信號延遲一段時間後再輸入該脈頻調變器；以及

延遲時間控制器，連接該可程式化延遲電路，調整該可程式化延遲電路的延遲時間。

7. 如請求項 6 之頻率抖動控制電路，其中該延遲時間控制器包括計數器或亂數產生器。
8. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

電流偵測器，偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

比較器，連接該電流偵測器，比較該電流感測信號及電流限制信號以產生該第二信號；

可程式化延遲電路，連接在該比較器及該脈頻調變器之間，將該第二信號延遲一段時間後再輸入該脈頻調變器；以及

延遲時間控制器，連接該可程式化延遲電路，調整該可程式化延遲電路的延遲時間。

9. 如請求項 8 之頻率抖動控制電路，其中該延遲時間控制器包括計數器或亂數產生器。

10. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

電流偵測器，偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

增益電路，連接該電流偵測器，放大該電流感測信號；

比較器，連接在該增益電路及該脈頻調變器之間，比較該放大的電流感測信號及電流限制信號以產生該第二信號；以及

增益控制器，連接該增益電路，調整該增益電路的增益。

11. 如請求項 10 之頻率抖動控制電路，其中該增益控制器包括計數器或亂數產生器。

12. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

零電流偵測器，連接該 PFM 電源供應器的輸出端及該脈頻調變器，在該 PFM 電源供應器的輸出電流下降到低於臨界值時觸發該第一信號；

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

誤差放大器，連接該輸出電壓回授電路，放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；

電流偵測器，偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

比較器，連接該誤差放大器及該電流偵測器，比較該電流感測信號及該第三信號以產生該第二信號；

可程式化延遲電路，連接在該比較器及該脈頻調變器之間，將該第二信號延遲一段時間後再輸入該脈頻調變器；以及

延遲時間控制器，連接該可程式化延遲電路，調

整該可程式化延遲電路的延遲時間。

13. 如請求項 12 之頻率抖動控制電路，其中該延遲時間控制器包括計數器或亂數產生器。

14. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

零電流偵測器，連接該 PFM 電源供應器的輸出端及該脈頻調變器，在該 PFM 電源供應器的輸出電流下降到低於臨界值時觸發該第一信號；

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

誤差放大器，連接該輸出電壓回授電路，放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；

電流偵測器，偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

增益電路，連接該電流偵測器，放大該電流感測信號；

比較器，連接該脈頻調變器、誤差放大器及增益電路，比較該放大的電流感測信號及該第三

信號以產生該第二信號；以及
增益控制器，連接該增益電路，調整該增益電路的增益。

15. 如請求項 14 之頻率抖動控制電路，其中該增益控制器包括計數器或亂數產生器。

16. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

零電流偵測器，連接該 PFM 電源供應器的輸出端及該脈頻調變器，在該 PFM 電源供應器的輸出電流下降到低於臨界值時觸發該第一信號；

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

增益電路，連接該輸出電壓回授電路，放大該回授信號；

誤差放大器，連接該增益電路，放大參考電壓及該放大的回授信號之間的差值產生第三信號；

電流偵測器，偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

比較器，連接該脈頻調變器、電流偵測器及誤差放大器，比較該電流感測信號及該第三信號以產生該第二信號；以及
增益控制器，連接該增益電路，調整該增益電路的增益。

17. 如請求項 16 之頻率抖動控制電路，其中該增益控制器包括計數器或亂數產生器。

18. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

零電流偵測器，連接該 PFM 電源供應器的輸出端及該脈頻調變器，在該 PFM 電源供應器的輸出電流下降到低於臨界值時觸發該第一信號；

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

誤差放大器，連接該輸出電壓回授電路，放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；

比較器，連接該誤差放大器，比較鋸齒波信號及該第三信號以產生該第二信號；

可程式化延遲電路，連接在該比較器及該脈頻調變器之間，將該第二信號延遲一段時間後再輸入該脈頻調變器；以及

延遲時間控制器，連接該可程式化延遲電路，調整該可程式化延遲電路的延遲時間。

19. 如請求項 18 之頻率抖動控制電路，其中該延遲時間控制器包括計數器或亂數產生器。

20. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

零電流偵測器，連接該 PFM 電源供應器的輸出端及該脈頻調變器，在該 PFM 電源供應器的輸出電流下降到低於臨界值時觸發該第一信號；

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

誤差放大器，連接該輸出電壓回授電路，放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；

增益電路，放大鋸齒波信號；

比較器，連接該脈頻調變器、誤差放大器及增益

電路，比較該放大的鋸齒波信號及該第三信號以產生該第二信號；以及
增益控制器，連接該增益電路，調整該增益電路的增益。

21. 如請求項 20 之頻率抖動控制電路，其中該增益控制器包括計數器或亂數產生器。

22. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

脈頻調變器，連接該功率開關，因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率開關，因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率開關；

零電流偵測器，連接該 PFM 電源供應器的輸出端及該脈頻調變器，在該 PFM 電源供應器的輸出電流下降到低於臨界值時觸發該第一信號；

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

增益電路，連接該輸出電壓回授電路，放大該回授信號；

誤差放大器，連接該增益電路，放大參考電壓及該放大的回授信號之間的差值產生第三信號；

比較器，連接該脈頻調變器及誤差放大器，比較

鋸齒波信號及該第三信號以產生該第二信號；以及

增益控制器，連接該增益電路，調整該增益電路的增益。

23. 如請求項 22 之頻率抖動控制電路，其中該增益控制器包括計數器或亂數產生器。

24. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制電路，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制電路包括：

輸出電壓回授電路，偵測該輸出電壓產生回授信號；

第一比較器，連接該輸出電壓回授電路，比較該回授信號及參考電壓產生第一信號；

單擊電路，連接該比較器，受該第一信號觸發產生脈衝信號；

驅動器，連接該單擊電路，因應該脈衝信號產生該控制信號；以及

固定時間產生器，連接該單擊電路，提供抖動的固定時間以決定該控制信號的固定工作時間或非固定工作時間。

25. 如請求項 24 之頻率抖動控制電路，其中該固定時間產生器包括：

電容；

電流源，連接該電容，提供充電電流對該電容充

電以產生充電電壓；以及

第二比較器，連接該電容，比較該充電電壓及臨
界電壓以決定該固定時間；

其中，調整該電容、充電電流及臨界電壓其中至
少一個，以產生該抖動的固定時間。

26. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制方法，用以產
生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電
壓，該頻率抖動控制方法包括下列步驟：

(A) 因應第一信號觸發該控制信號以打開該功率
開關；

(B) 因應第二信號結束該控制信號以關閉該功率
開關；以及

(C) 抖動該第一或第二信號以抖動該功率開關的
切換頻率。

27. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包
括下列步驟：

偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

比較該電流感測信號及電流限制信號以產生該第
二信號；以及

抖動該電流限制信號。

28. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包
括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；

比較該回授信號及參考電壓以產生該第一信號；

將該第一信號延遲一段時間；以及
抖動該第一信號的延遲時間。

29. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；
比較該電流感測信號及電流限制信號以產生該第二信號；
將該第二信號延遲一段時間；以及
抖動該第二信號的延遲時間。

30. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；
放大該電流感測信號；
比較該放大的電流感測信號及電流限制信號以產生該第二信號；以及
抖動放大該電流感測信號的增益。

31. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；
放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；
偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；
比較該電流感測信號及該第三信號以產生該第二信號；

將該第二信號延遲一段時間；以及
抖動該第二信號的延遲時間。

32. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；

放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；

偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

放大該電流感測信號；

比較該放大的電流感測信號及該第三信號以產生該第二信號；以及

抖動放大該電流感測信號的增益。

33. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；

放大該回授信號；

放大參考電壓及該放大的回授信號之間的差值產生第三信號；

偵測該功率開關的電流產生電流感測信號；

比較該第三信號及該電流感測信號以產生該第二信號；以及

抖動放大該回授信號的增益。

34. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；

放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；

比較鋸齒波信號及該第三信號以產生該第二信號；

將該第二信號延遲一段時間；以及

抖動該第二信號的延遲時間。

35. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；

放大參考電壓及該回授信號之間的差值產生第三信號；

放大鋸齒波信號；

比較該放大的鋸齒波信號及該第三信號以產生該第二信號；以及

抖動放大該鋸齒波信號的增益。

36. 如請求項 26 之頻率抖動控制方法，其中該步驟 C 包括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；

放大該回授信號；

放大參考電壓及該放大的回授信號之間的差值產生第三信號；

比較鋸齒波信號及該第三信號以產生該第二信號；以及

抖動放大該回授信號的增益。

37. 一種 PFM 電源供應器的頻率抖動控制方法，用以產生頻率抖動的控制信號切換功率開關以產生輸出電壓，該頻率抖動控制方法包括下列步驟：

偵測該輸出電壓產生回授信號；

比較該回授信號及參考電壓產生第一信號；

因應該第一信號觸發脈衝信號；以及

抖動該脈衝信號的脈衝寬度以抖動該功率開關的
切換頻率。

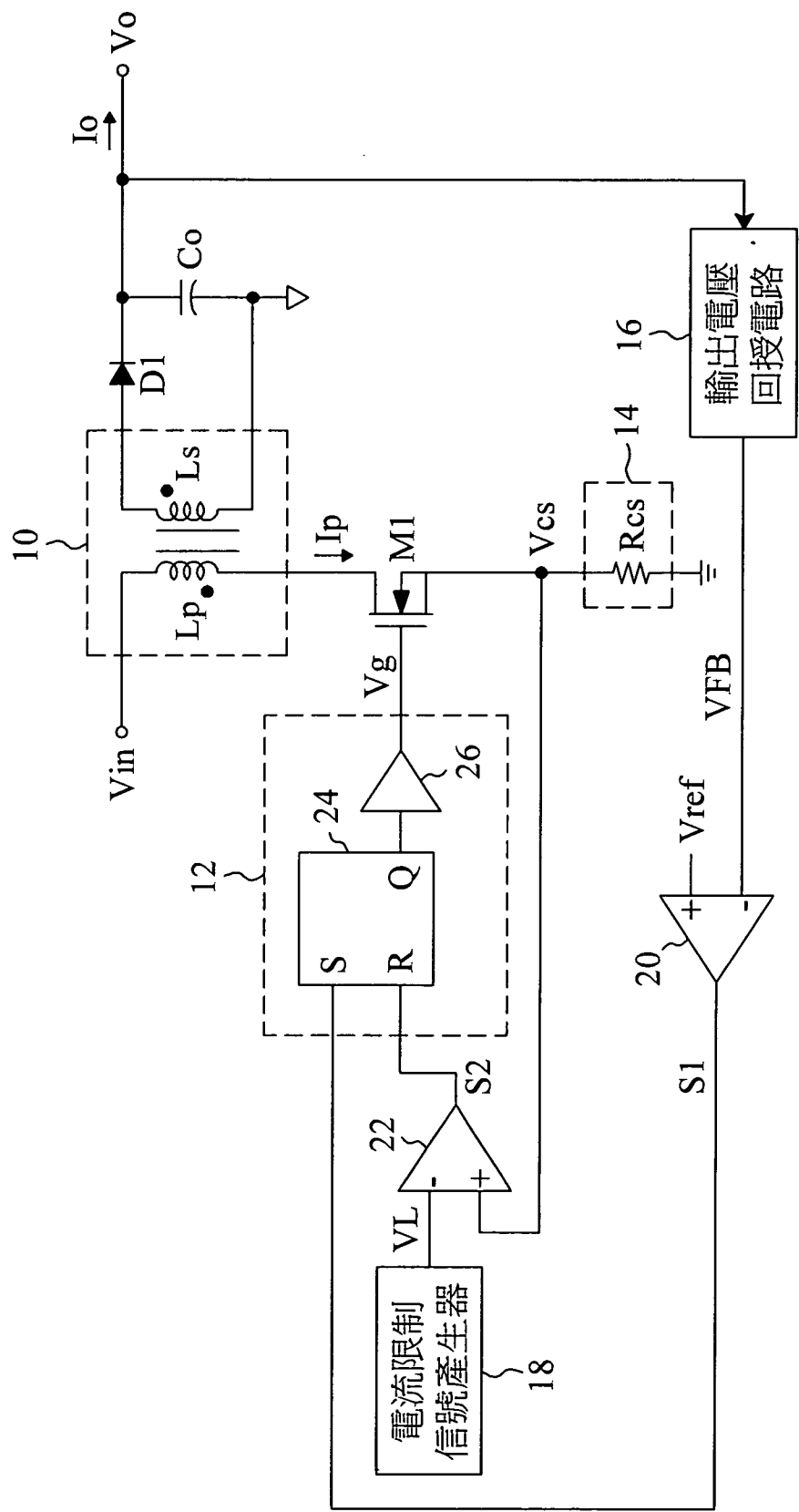


圖1

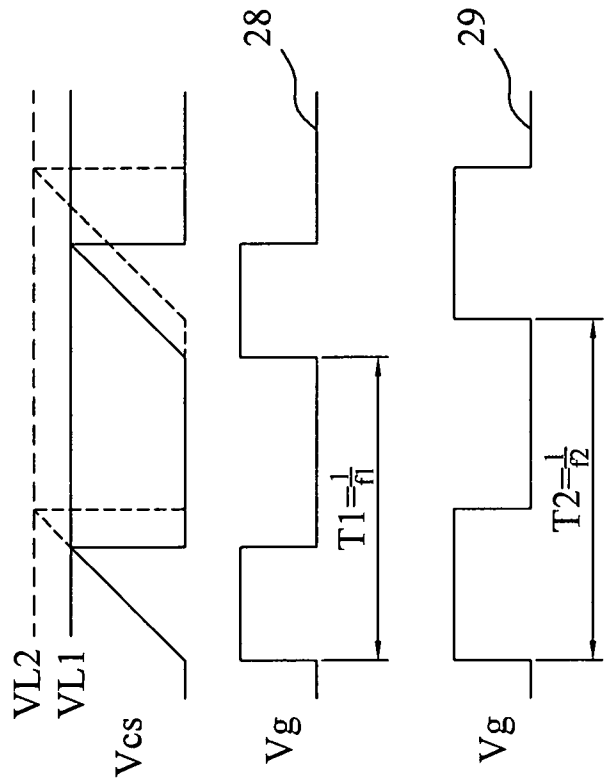


圖2

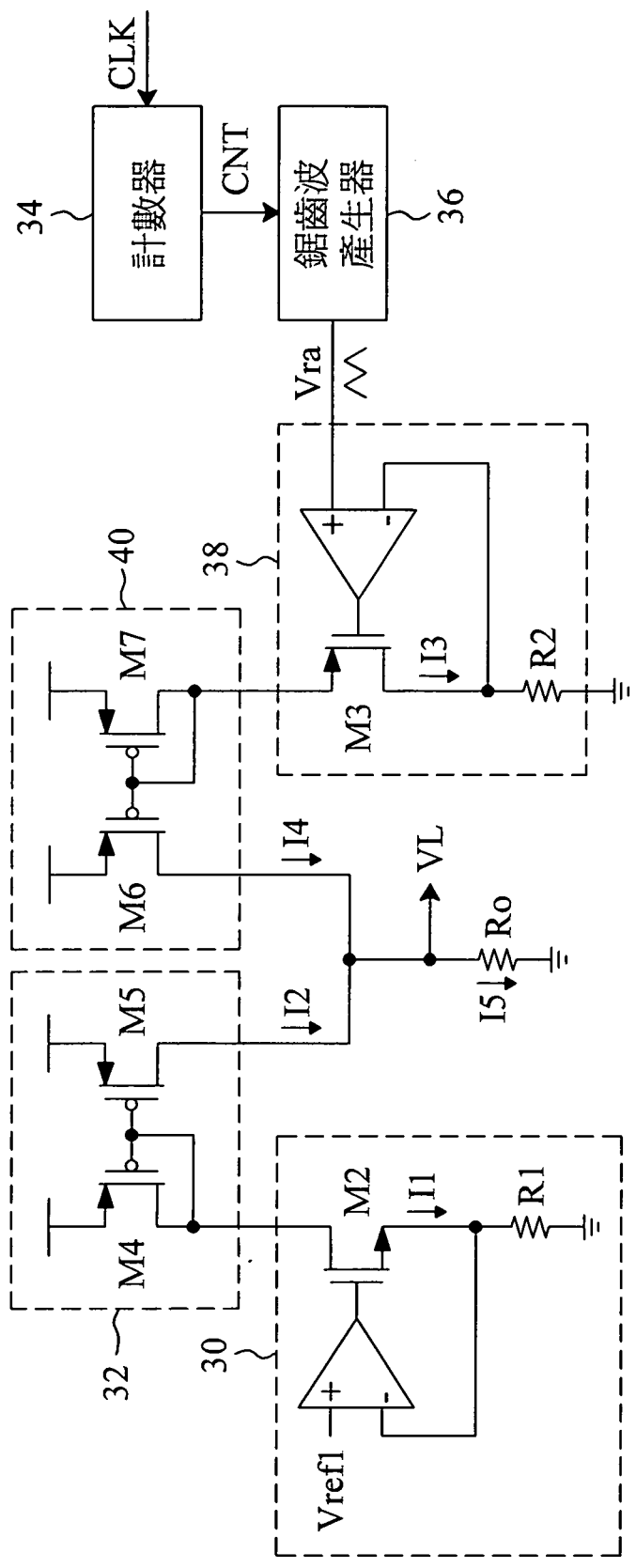


圖3

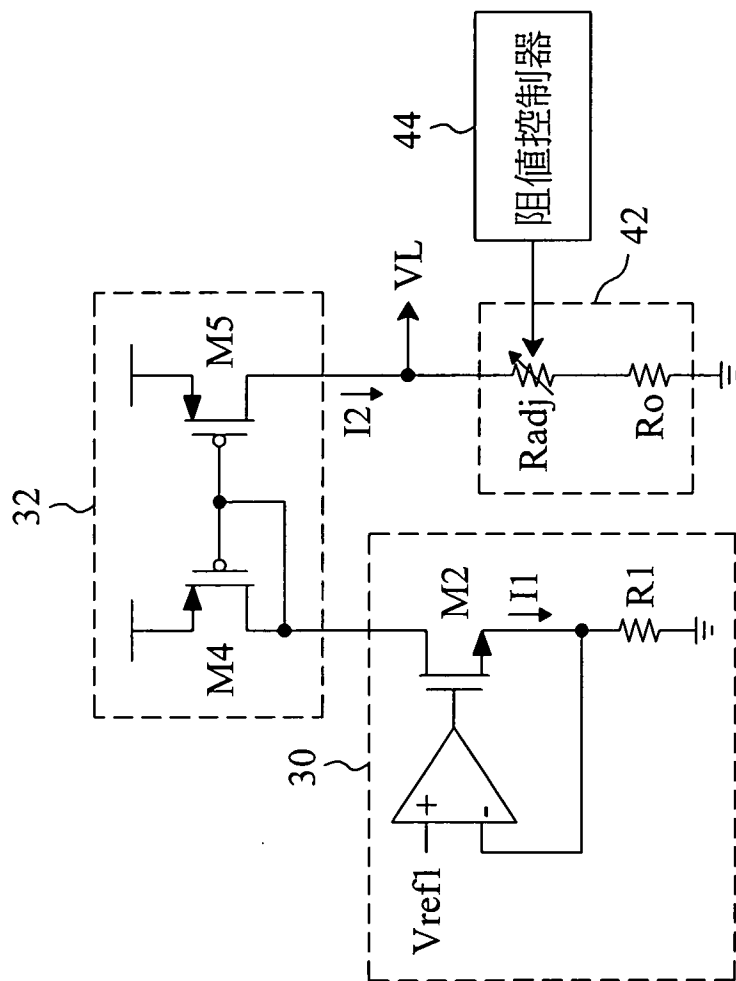


圖4

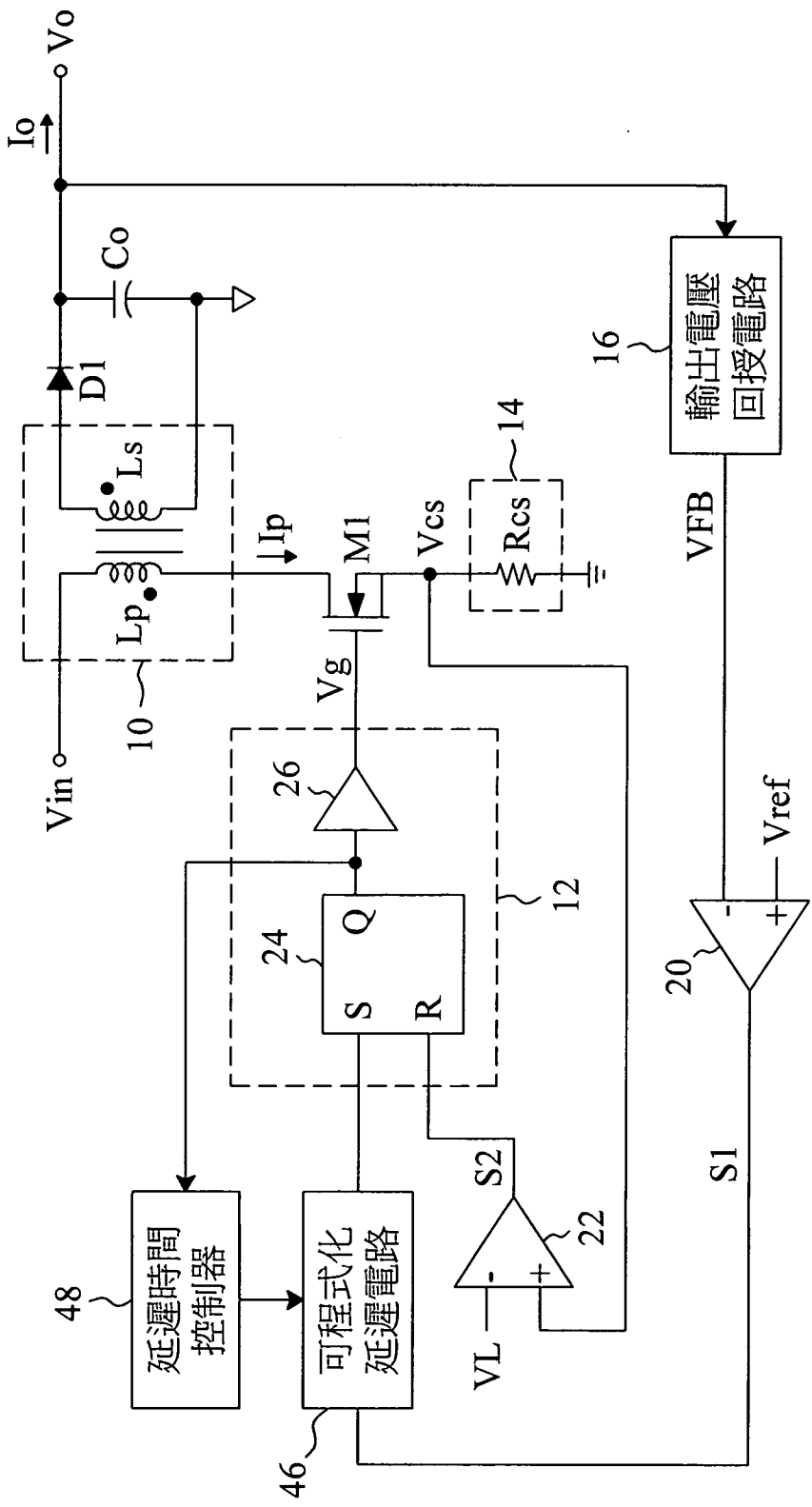


圖5

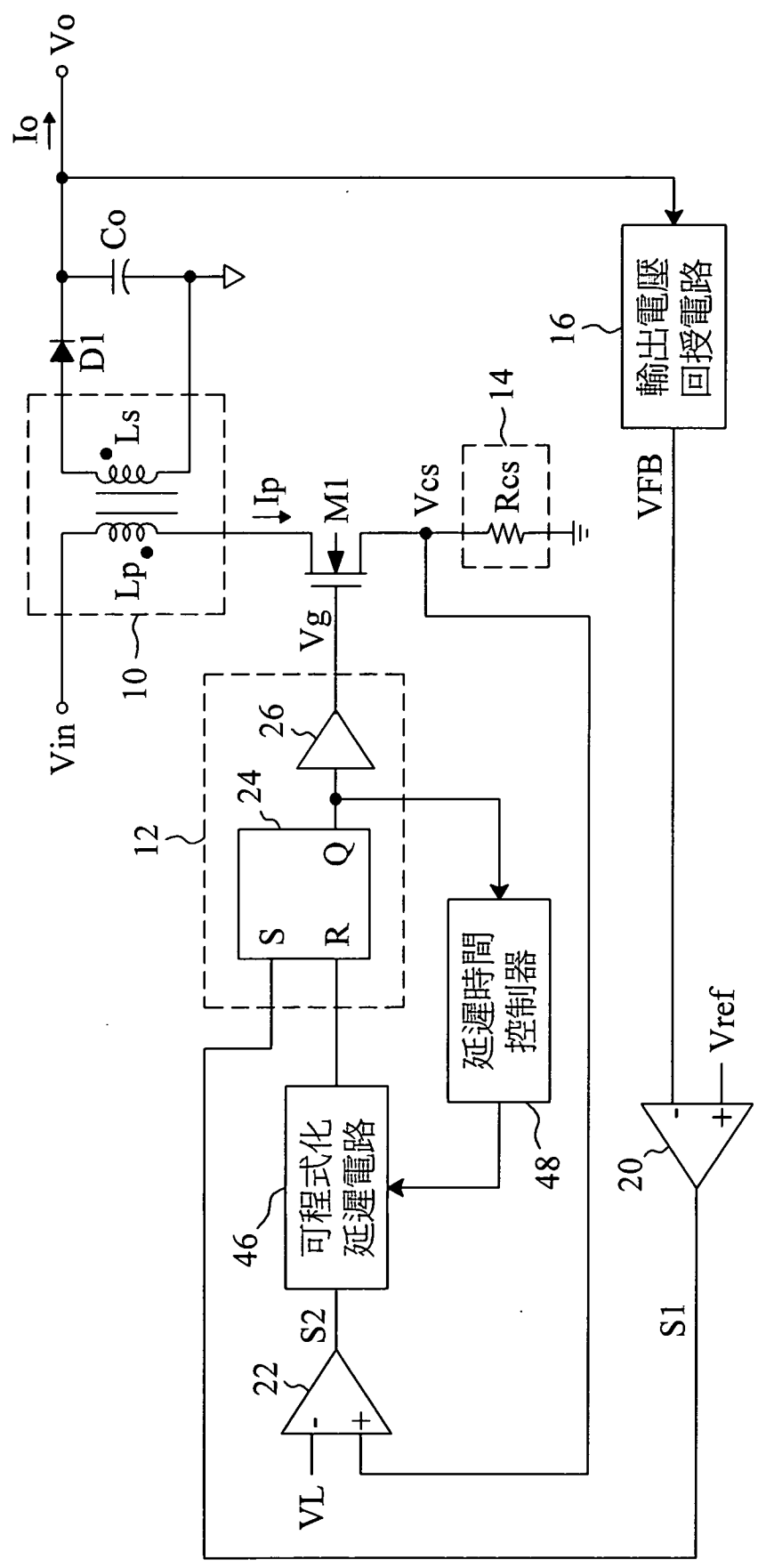


圖6

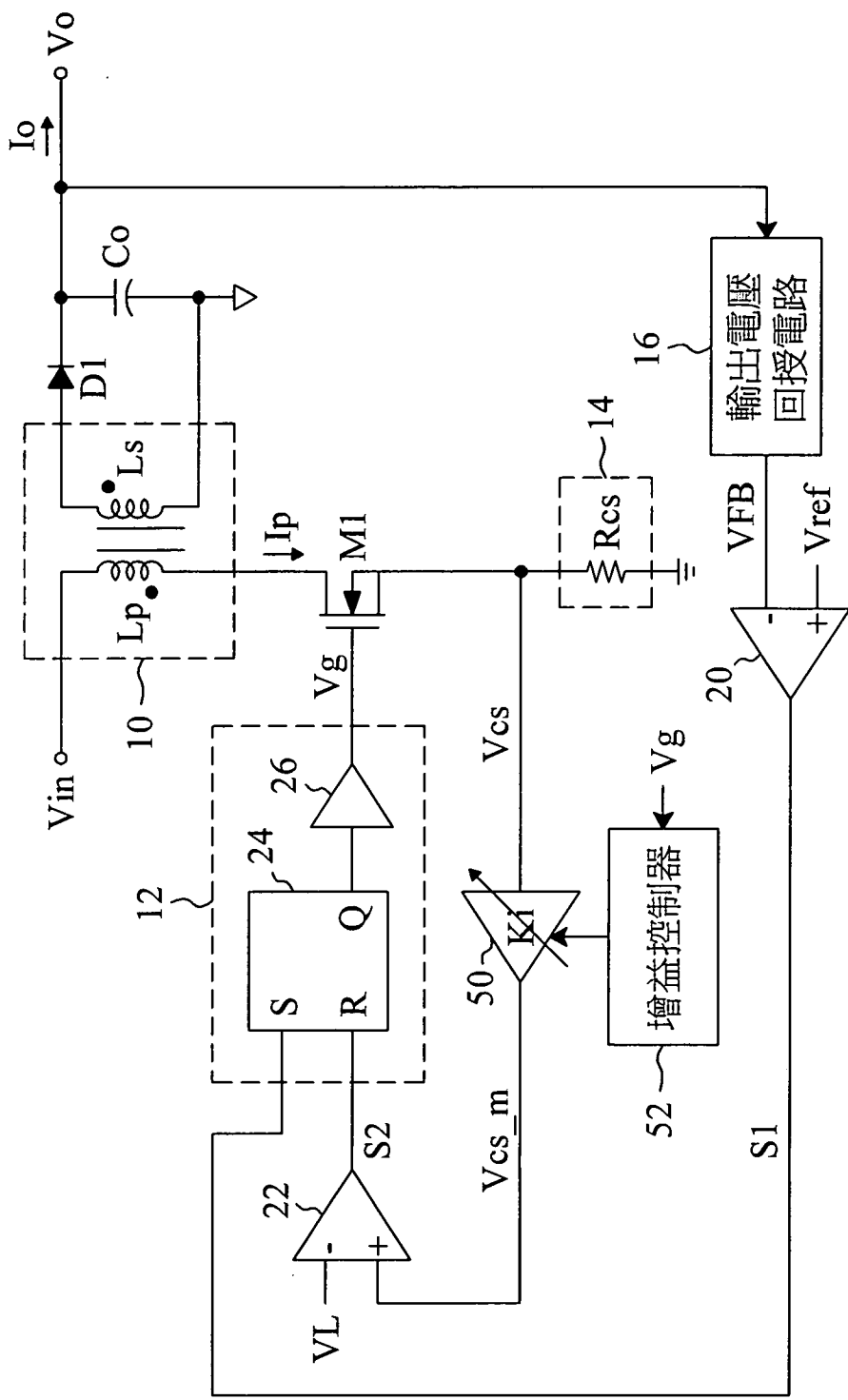


圖7

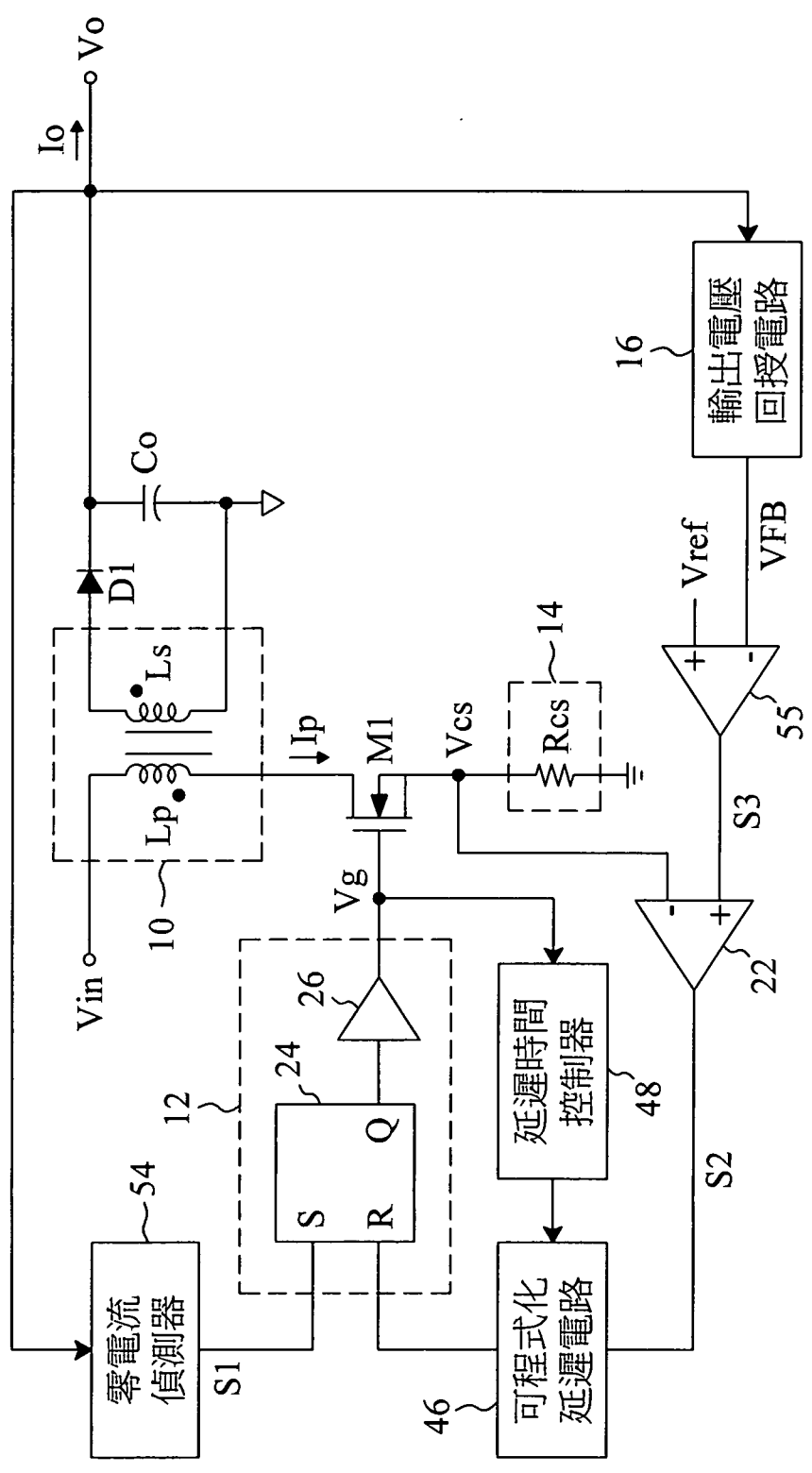


圖8

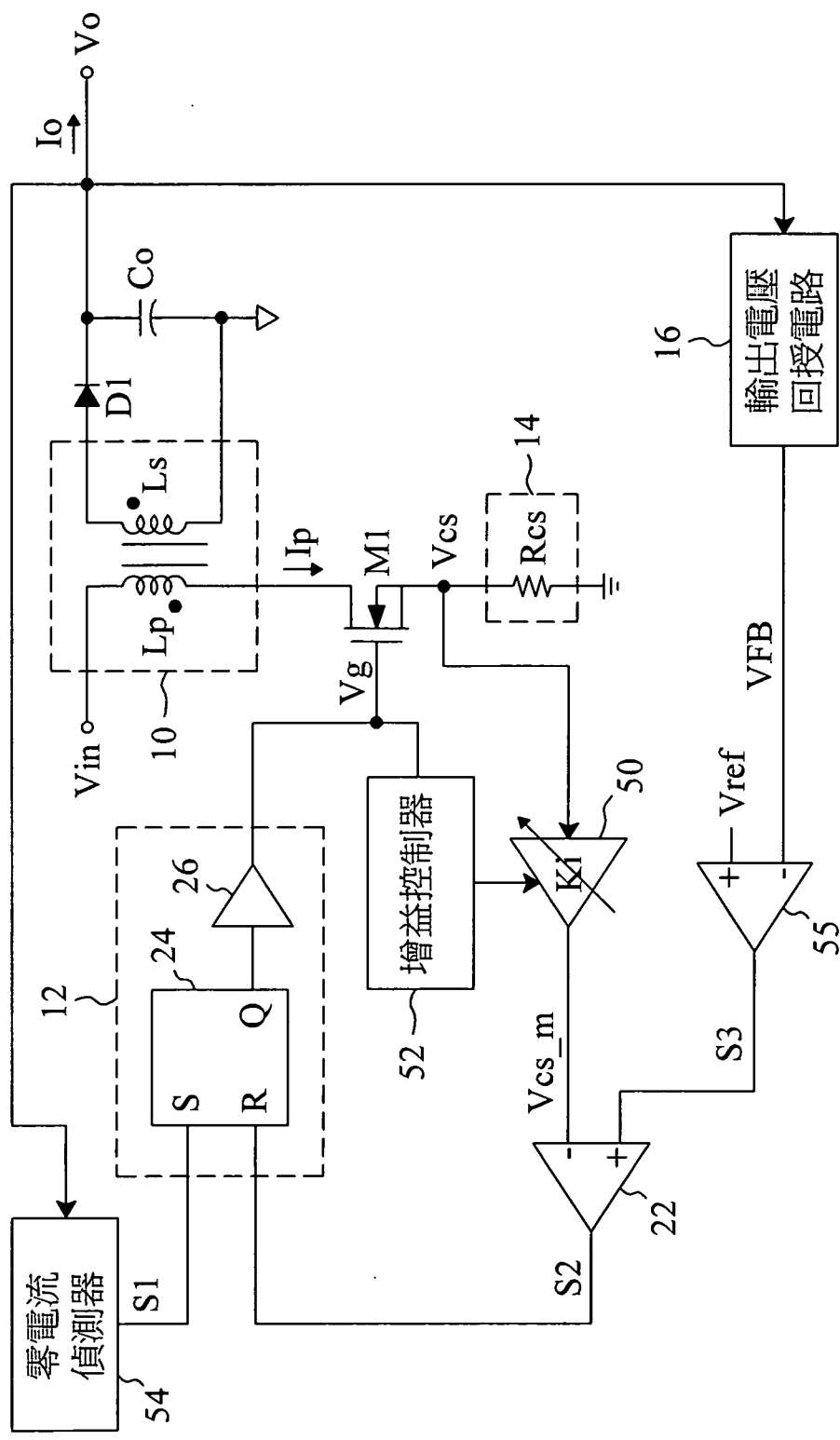


圖9

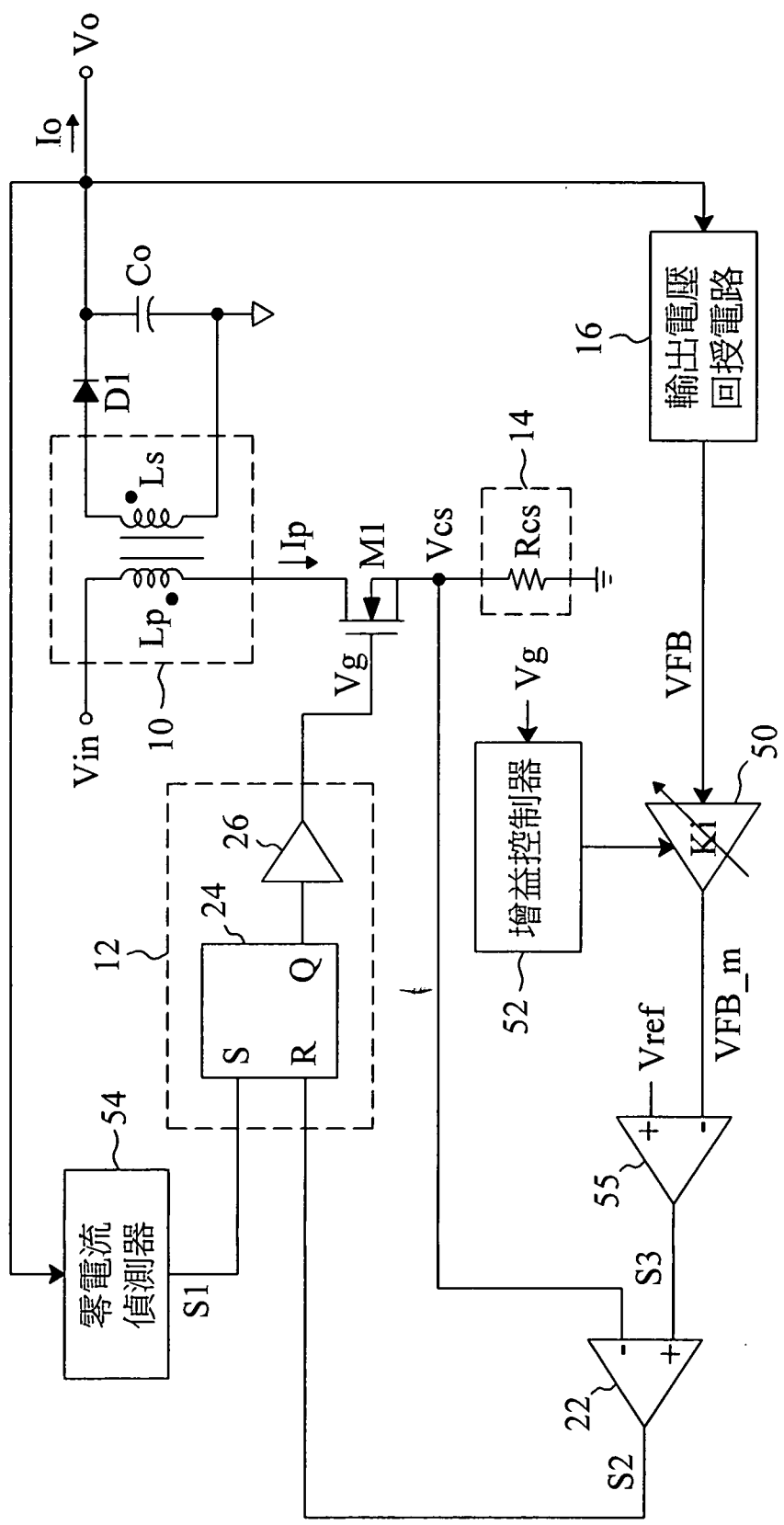


圖10

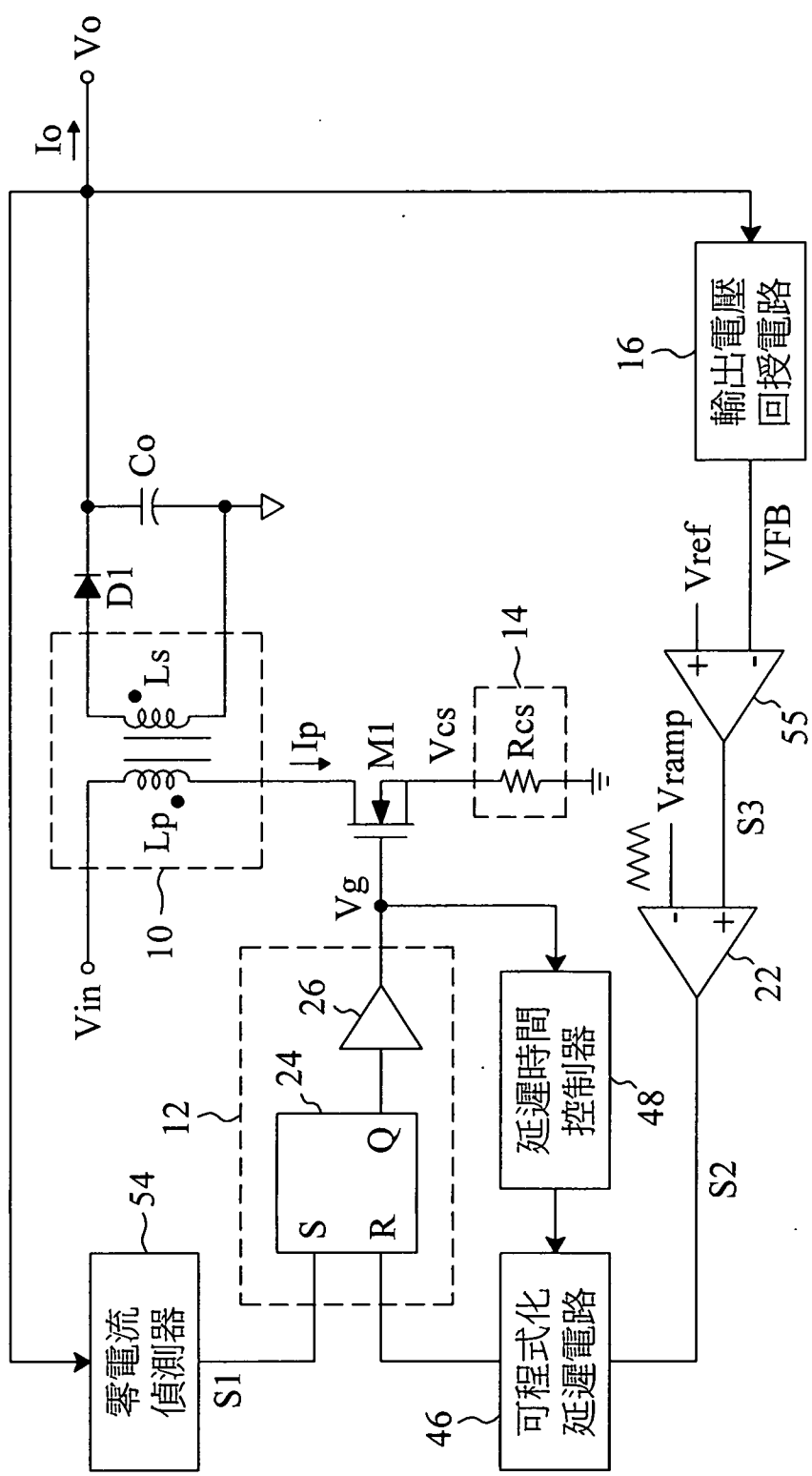


圖11

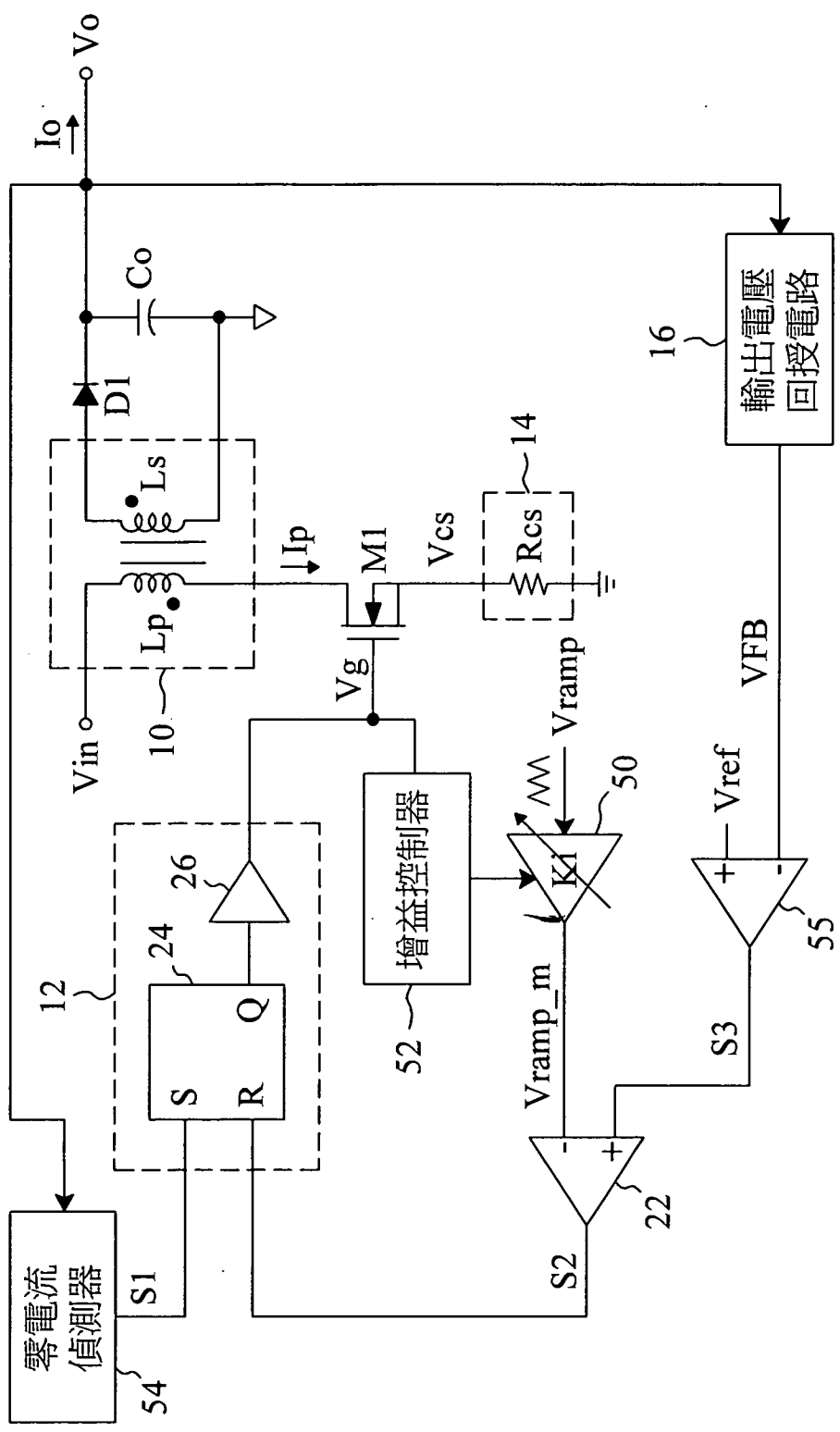


圖12

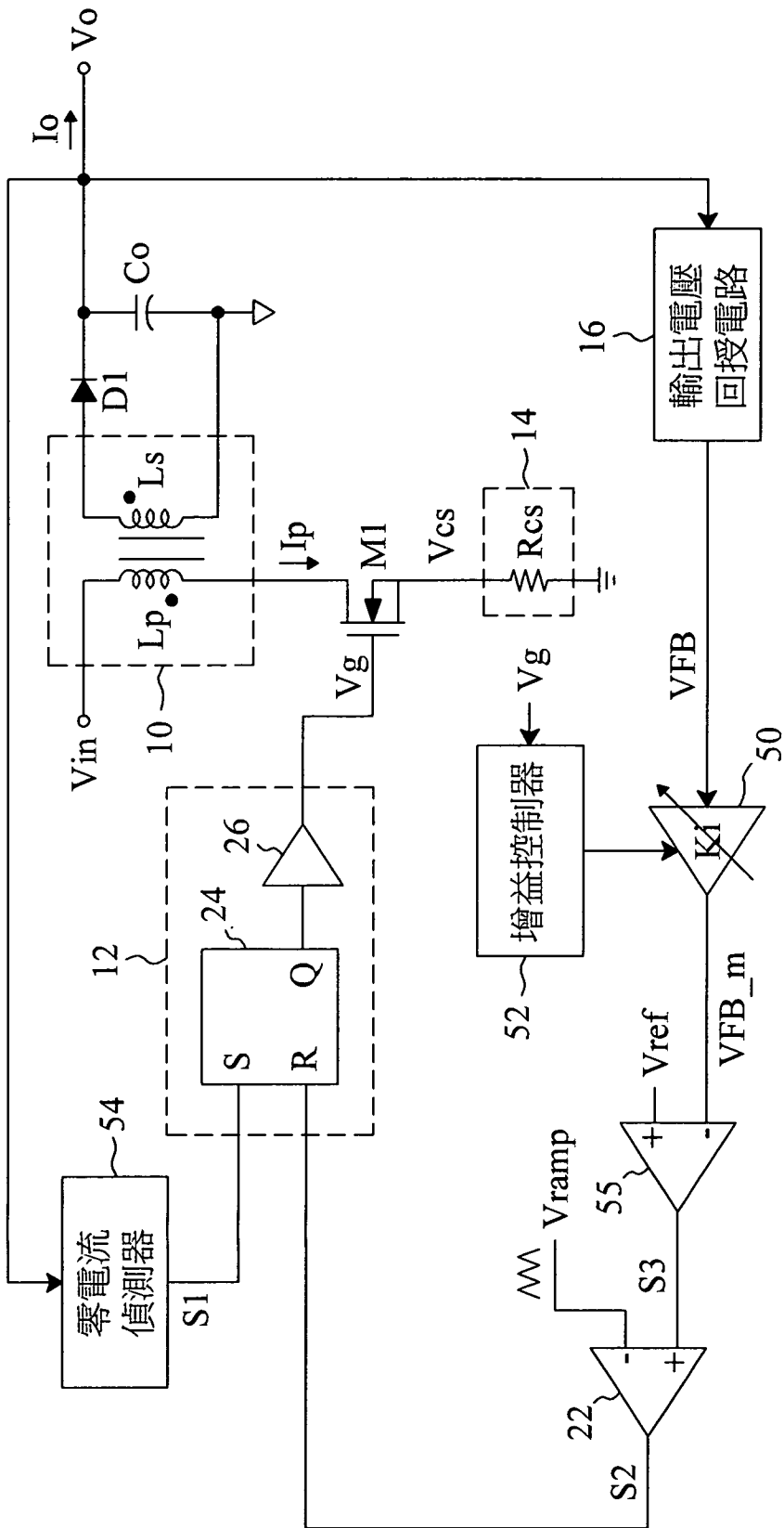


圖13

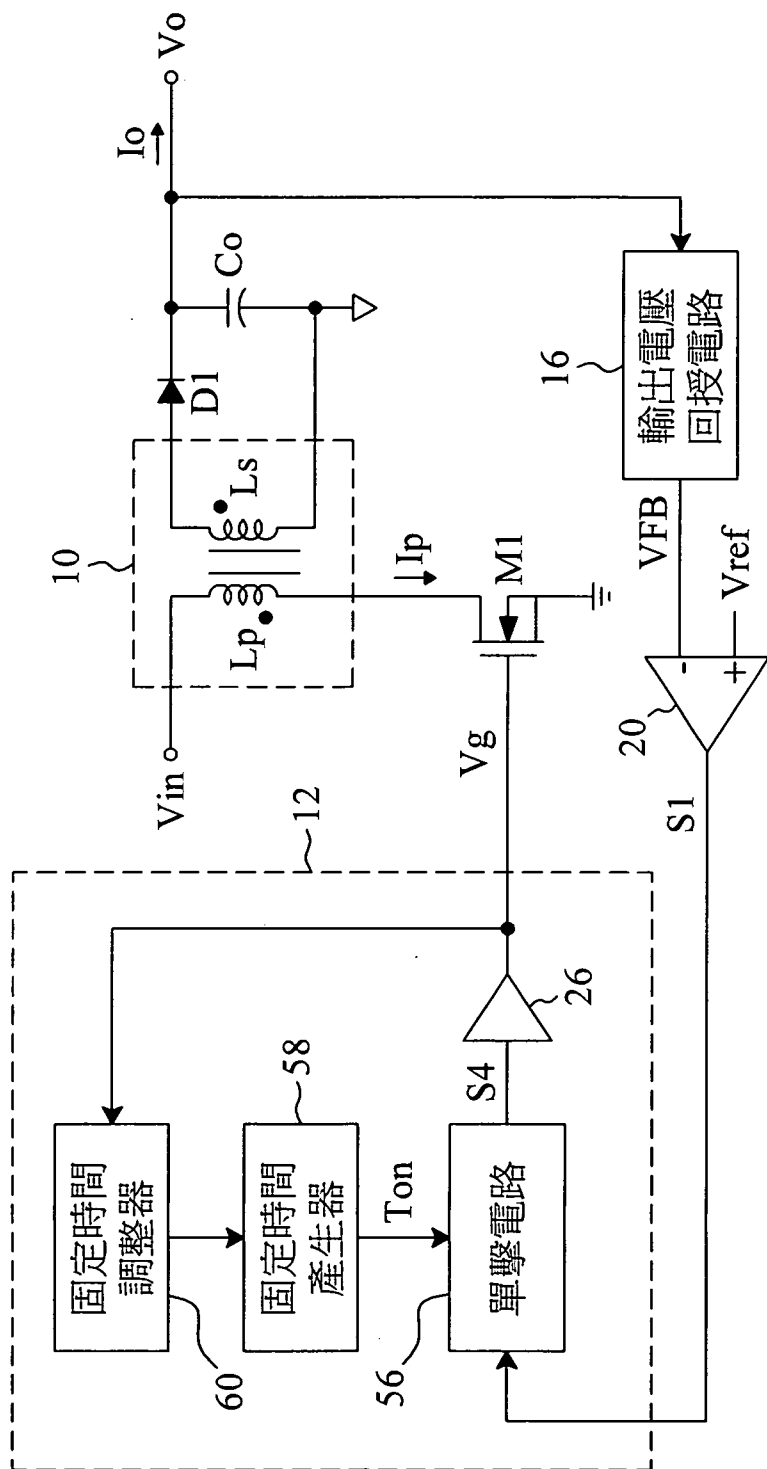


圖14

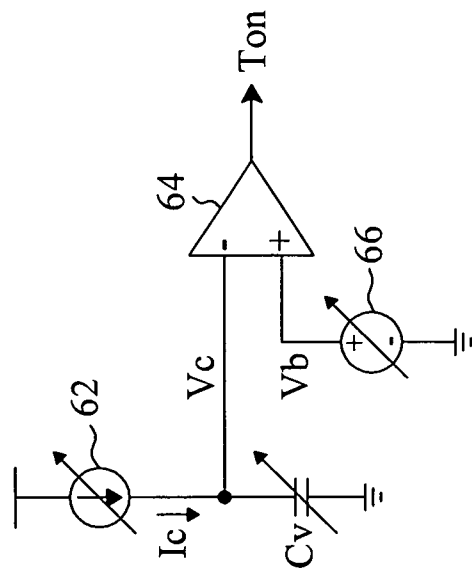


圖15