

(21) 申請案號：101135355

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 26 日

(51) Int. Cl. : **H02M3/07 (2006.01)**

(71) 申請人：國立清華大學 (中華民國) NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY (TW)

新竹市光復路 2 段 101 號

(72) 發明人：潘晴財 PAN, CHING TSAI (TW) ; 陳伯彥 CHEN, PO YEN (TW) ; 鄭明杰 CHENG, MING CHIEH (TW)

(74) 代理人：楊敏玲

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：4 共 21 頁

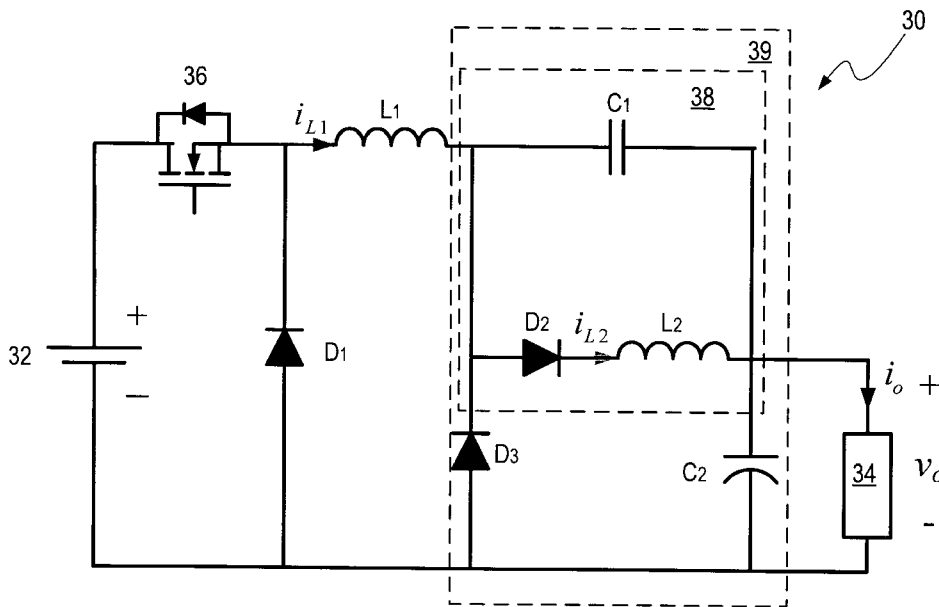
(54) 名稱

降壓轉換電路

DOWN-CONVERT CONVERTER

(57) 摘要

一種降壓轉換電路，包括：一開關，其一端與一直流電壓源耦接，另一端耦接至一第一電感以及與該第一電感串聯之一第一二極體；以及一自動電荷抽放電路，耦接至該第一電感以及該第二二極體，並提供一輸出電流給一負載。



- 30：單級降壓轉換電路
- 32：電壓源
- 34：負載
- 36：開關
- 38：半共振電路
- 39：自動電荷抽放電路

圖 3

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：101135355

※申請日：101.9.26

※IPC 分類：H02M 3/07 (2006.1)

一、發明名稱：(中文/英文)

降壓轉換電路

DOWN-CONVERT CONVERTER

二、中文發明摘要：

一種降壓轉換電路，包括：一開關，其一端與一直流電壓源耦接，另一端耦接至一第一電感以及與該第一電感串聯之一第一二極體；以及一自動電荷抽放電路，耦接至該第一電感以及該第二二極體，並提供一輸出電流給一負載。

三、英文發明摘要：

A step down DC converter includes a switch, one end of the switch is coupled to a DC voltage source, the other end of the switch is coupled to a first inductor and a first diode which serial coupled to the first inductor. The converter further includes a auto charge pump circuit which is coupled to the first inductor and the second diode and provide an output current to a load.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

30：單級降壓轉換電路

32：電壓源

34：負載

36：開關

38：半共振電路

39：自動電荷抽放電路

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】

本發明係關於一種轉換電路，特別是一種單級降壓轉換電路。

【先前技術】

由於傳統降壓(Buck)轉換器之儲能元件(例如，電感)之電感值大小，將影響輸入電流之響應速度以及輸出電壓漣波。當電感之電感值較小時，降壓轉換器之輸入電流響應速度較快，但是輸出電壓漣波較大。反之，當電感之電感值較大時，降壓轉換器之輸入電流響應速度較慢，但是可得到較小的輸出電壓漣波。爰此，傳統降壓轉換器常使用較小具有電感值之電感與具有較大電容值的輸出電容，以期達到較快的輸入電流響應速度與較低輸出電壓漣波。

然而，必須使用電解電容才能具有較大電容值，但是電解電容易受到開關切換與溫度等外在環境因素影響，使得其壽命較短，進而縮短轉換器之使用壽命。

圖 1 所示為傳統降壓轉換電路 10 示意圖。降壓轉換電路 10 由開關 16、二極體 D、電感 L 以及電容 C 所組成。當開關 16 導通時，此時電壓源 12 對電感 L 充電，同時對電容 C 充電並提供能量至負載 14，當開關 16 截止時，電感 L 將其所儲存之能量經由二極體 D 對電容 C 充電，同時提供能量至負載 14。

圖 2 所示為傳統返馳式轉換電路 20 示意圖。返馳式轉換電路 20 主要應用在 100 瓦以下的隔離型降壓型轉換器，

由於電路簡單成本低，圖 2 中所示之返馳變壓器 28 能兼作儲能使用。且返馳變壓器 28 之二次側僅需一個二極體 D 及一個電容 C，單從成本的角度來說，返馳式轉換器電路 20 在市場上極具競爭力。返馳式轉換器電路 20 由開關 26、返馳變壓器 28、二極體 D、電容(C) 組成。藉由控制開關 26 的導通與截止，經過返馳變壓器 28 之磁化電感進行儲能與釋能，並配合二次側的二極體 D 和電容 C，進行輸出電壓 V_o 的整流與濾波，如此即可得到直流電壓的輸出。返馳式轉換器電路 20 中藉由返馳變壓器 28 使其具有電氣隔離、變壓和儲能電感的三重功能。嚴謹學理而言，返馳變壓器 28 並非真正的變壓器，而是耦合電感器。藉由控制開關 26 的導通與截止，將儲存於在返馳變壓器 28 的能量傳遞給二次側，經由二極體 D 對電容 C 充電，並維持直流電壓於設定值。

當開關 26 導通時，此時電壓源 22 對返馳變壓器 28 充電，並使二極體 D 反向偏壓，同時電容 C 提供能量至負載 24。當開關 26 截止時，返馳變壓器 28 將能量經由二極體 D 對電容 C 充電，並提供能量至負載 24。

由上述圖 1 及圖 2 所示之降壓轉換電路與返馳式轉換電路 20 可知電感 L 與返馳變壓器 28 之主要作用為能量的傳遞，而電容 C 之主要作用則為輸出電壓的濾波。

【發明內容】

本發明之目的係在提供一種降壓轉換電路，包括：一開關，其一端與一直流電壓源耦接，另一端耦接至一第一電感

以及與該第一電感串聯之一第一二極體；以及一自動電荷抽放電路，耦接至該第一電感以及該第二二極體，並提供一輸出電流給一負載。

本發明所提供之直流/直流轉換電路可避免使用較大電容值之電解電容，進而可延長轉換電路之使用年限。且透過嵌入自動電荷抽放電路，可達到不需主動元件即可實現電路結構可變與能量平衡之優點，進而使電路具輸入快速響應、低漣波輸出電壓以及使用壽命長之優點。

【實施方式】

以下將對本發明的實施例給出詳細的說明。雖然本發明將結合實施例進行闡述，但應理解這並非意指將本發明限定於這些實施例。相反地，本發明意在涵蓋由後附申請專利範圍所界定的本發明精神和範圍內所定義的各種變化、修改和均等物。

此外，在以下對本發明的詳細描述中，為了提供針對本發明的完全的理解，提供了大量的具體細節。然而，於本技術領域中具有通常知識者將理解，沒有這些具體細節，本發明同樣可以實施。在另外的一些實例中，對於大家熟知的方法、程序、元件和電路未作詳細描述，以便於凸顯本發明之主旨。

圖 3 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路 30 示意圖。單級降壓轉換電路 30 包含一開關 36(例如，功率電晶體，但並不以此為限)，其一端與一直流電壓源 32 耦接，另一端耦接至一第一二極體及一第一電感、以及一自動

電荷抽放電路 39。自動電荷抽放電路 39 包含一半共振電路 38，其係由電感 L_2 串聯二極體 D_2 後，並聯電容 C_1 構成。半共振電路 38 串聯電容 C_2 以進行分壓。當電容 C_2 之電容值遠大於電容 C_1 之電容值時，電壓源 32 所輸入之能量先儲存於半共振電路 38，而使得電容 C_1 跨壓快速上升。單級降壓轉換電路 30 透過開關 36 的切換與電感 L_2 與電容 C_1 共振，而將電容 C_1 之儲能，轉換成電感電流 i_{L2} ，同時將電容 C_1 跨壓極性反轉，使得二極體 D_3 導通後改變電路結構，構成電壓型自動電荷抽放電路 (Auto Charge Pump) 39，達到電路能量平衡與持續運轉之目的。

以輸入至自動電荷抽放電路 39 之電源為脈衝電源為例，當脈衝電源開始提供脈衝電壓對電感 L_2 、電容器 C_1 、電容器 C_2 開始充電，直到脈衝電源輸入電流停止變動時。電容 C_1 經由二極體 D_2 與電感 L_2 共振，將電容 C_1 所儲存之能量傳送至電感 L_2 ，同時將電容 C_1 跨壓極性反轉，當電感 L_2 上跨壓大小大於電容 C_2 之電壓時，電感 L_2 之電流經由二極體 D_3 對電容器 C_2 充電。當二極體 D_3 導通後，電路結構亦隨之改變，此時電感 L_2 跨壓、電容 C_1 跨壓以及電容 C_2 跨壓之大小均相等，直到脈衝電源開始提供另一脈衝電壓時完成一週期運作。因自動電荷抽放電路 39 之動作，可使得電感 L_2 、電容 C_1 與電容 C_2 間所儲存能量之傳輸更為平順。

其中，電感 L_1 與 L_2 實為將傳統降壓轉換器之儲能電感分成兩個部份。由於電容 C_1 與 C_2 串聯路徑瞬間可視為短路，故當開關 36 導通，單級降壓轉換電路 30 之電感 L_1

較傳統電路中之電感小，因此可獲得較快速之響應。而當開關 36 截止時，二極體 D_1 作用則與傳統降壓轉換器相同。然而，由於自動電荷抽放電路 39 之故，卻可使輸出電壓 V_o 具有甚小之漣波。換言之，單級降壓轉換電路 30 中之電容 C_1 與 C_2 ，透過設計後可採用具有較小電容值之交流電容，而不必使用電解電容，故可以獲得較長之使用。

單級降壓轉換電路 30 之可操作在三種模式：電感 L_1 與 L_2 均操作於電流連續導通模式、以及電感 L_1 操作於電流不連續導通模式與電感 L_2 操作於連續導通模式、以及電感 L_1 與 L_2 均操作於電流不連續導通模式。當開關 36 導通時，電感 L_1 、自動電荷抽放電路 39 與電壓源 32 連接。此時，電壓源 32 對電感 L_1 與自動電荷抽放電路 39 之電感 L_2 、電容 C_1 以及電容 C_2 充電。當開關 36 截止時，電感 L_1 經由二極體 D_1 將所儲存之能量傳送自動電荷抽放電路 39。當開關 36 再度導通時，單級降壓轉換電路 30 即完成一週期之能量傳輸。

在一實施例中，透過改變開關 36 之導通時間，可相應調整單級降壓轉換電路 30 輸出至負載 34 之輸出電壓 V_o 。在另一實施例中，透過改變開關 36 之切換頻率，可相應調整單級降壓轉換電路 30 輸出至負載 34 之輸出電壓 V_o 。

為方便清楚說明，以下假設所有電路元件均為理想，而輸出電壓 V_o 維持近似於一定值。同時，在一實施例中，負載 34 為一電阻。

圖 4A 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路 30 工作於第一工作模式示意圖。在此實施例中，電感

L_1 與 L_2 均操作於電流連續導通模式。當開關 36 導通且二極體 D_3 截止時，單級降壓轉換電路 30 電路進入第一工作模式，電壓源 32 開始對電感 L_1 與自動電荷抽放電路 39 之電感 L_2 、電容 C_1 以及電容 C_2 充電。其狀態方程式如下所示：

$$L_1 \frac{di_{L1}}{dt} = V_{in} - V_{c1} - V_o \quad (1)$$

$$C_1 \frac{dV_{c1}}{dt} = i_{L1} - i_{L2} \quad (2)$$

$$L_2 \frac{di_{L2}}{dt} = V_{c1} \quad (3)$$

$$C_2 \frac{dV_o}{dt} = i_{L1} - \frac{V_o}{R} \quad (4)$$

圖 4B 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路 30 工作於第二工作模式示意圖。當開關 36 截止時，單級降壓轉換電路 30 即進入第二工作模式。電感 L_1 經由二極體 D_1 對自動電荷抽放電路 39 釋能，且電容 C_1 與電感 L_2 共振並經由二極體 D_2 限制其方向。同時將電容 C_1 之儲能轉換成電感電流 i_{L2} ，並將電容 C_1 之跨壓反轉。狀態方程式如下所示：

$$L_1 \frac{di_{L1}}{dt} = -V_{c1} - V_o \quad (5)$$

$$C_1 \frac{dV_{c1}}{dt} = i_{L1} - i_{L2} \quad (6)$$

$$L_2 \frac{di_{L2}}{dt} = V_{c1} \quad (7)$$

$$C_2 \frac{dV_o}{dt} = i_{L1} - \frac{V_o}{R} \quad (8)$$

圖 4C 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路 30 工作於第三工作模式示意圖。當二極體 D_3 導通時，單級降壓轉換電路 30 進入第三工作模式。電感 L_2 產生反向的電壓，經由二極體 D_3 對電容 C_2 充電。當開關 36 再度導通時，即完成單級降壓轉換電路 30 之一週期動作。第三

工作模式之狀態方程式如下所示：

$$L_1 \frac{di_{L1}}{dt} = 0 \quad (9)$$

$$L_2 \frac{di_{L2}}{dt} = V_{c1} \quad (10)$$

$$V_{c1} = -V_o \quad (11)$$

$$(C_1 + C_2) \frac{dV_o}{dt} = i_{L2} - \frac{V_o}{R} \quad (12)$$

圖 4D 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路 30 工作於第四工作模式示意圖。第四工作模式為電感 L_1 操作於電流不連續導通模式，而電感 L_2 操作於連續導通模式。當二極體 D_1 截止時，單級降壓轉換電路 30 進入第四工作模式。此時電容 C_1 、電感 L_2 經由二極體 D_3 構成一迴路，配合電容 C_2 將儲存能量傳送至負載 34，當開關 36 再度導通時，即完成單級降壓轉換電路 30 之一週期動作。第四工作模式之狀態方程式如下所示：

$$i_{L1} = 0 \quad (13)$$

$$L_2 \frac{di_{L2}}{dt} = V_{c1} \quad (14)$$

$$V_{c1} = -V_o \quad (15)$$

$$(C_1 + C_2) \frac{dV_o}{dt} = i_{L2} - \frac{V_o}{R} \quad (16)$$

圖 4E 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路 30 工作於第五工作模式示意圖。第五工作模式為電感 L_1 與 L_2 均操作於電流不連續導通模式。當二極體 D_3 截止時，單級降壓轉換電路 30 進入第五工作模式，此時僅由電容 C_2 提供能量給予負載 34。當開關 36 再度導通時，即完成單級降壓轉換電路 30 之一週期動作。第五工作模式之狀態方程式如下所示：

$$i_{L1} = 0 \quad (17)$$

$$i_{L2} = 0 \quad (18)$$

$$V_{C1} = 0 \quad (19)$$

$$C_2 \frac{dV_o}{dt} = -\frac{V_o}{R} \quad (20)$$

本發明提出之單級降壓轉換電路，其主要整合降壓(Buck)轉換器與電壓型自動電荷抽放(Auto Charge Pump)電路，透過參數設計以及 LC 共振電路作用，使得降壓轉換電路具有可變電路結構特性，實現共用儲能與濾波元件的電路設計方式。使用者可透過參數設計，使得降壓轉換電路工作於能量輸入模式時，輸入電流具有快速響應。而當降壓轉換電路工作於能量輸出模式時，輸出電壓具有較低輸出漣波。除此之外，本發明所提出之單級降壓轉換電路，具有低輸出電壓漣波特性，電路設計可避免使用具有較大電容值之電解電容，進而可延長電路使用壽命。且本發明所提出之單級降壓轉換電路透過嵌入自動電荷抽放電路，可避免半共振電路之電容飽和，達到不需要主動元件，即可實現電路結構可變與能量平衡，進而達到電路具輸入快速響應、低漣波輸出電壓以及長壽命之目的。

上文具體實施方式和附圖僅為本發明之常用實施例。顯然，在不脫離權利要求書所界定的本發明精神和發明範圍的前提下可以有各種增補、修改和替換。本領域技術人員應該理解，本發明在實際應用中可根據具體的環境和工作要求在不背離發明準則的前提下在形式、結構、佈局、比例、材料、元素、元件及其它方面有所變化。因此，在此披露之實施例僅用於說明而非限制，本發明之範圍由後附權利要求及其合法等同物界定，而不限於此前之描述。

【圖式簡單說明】

以下結合附圖和具體實施例對本發明的技術方法進行詳細的描述，以使本發明的特徵和優點更為明顯。其中：

圖 1 所示為傳統降壓轉換電路示意圖。

圖 2 所示為傳統返馳式轉換電路示意圖。

圖 3 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路示意圖。

圖 4A 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路工作於第一工作模式示意圖。

圖 4B 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路工作於第一工作模式示意圖。

圖 4C 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路工作於第三工作模式示意圖。

圖 4D 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路工作於第四工作模式示意圖。

圖 4E 所示為根據本發明一實施例之單級降壓轉換電路工作於第五工作模式示意圖。

【主要元件符號說明】

10：降壓轉換電路

12：電壓源

14：負載

16：開關

20：返馳式轉換電路

22：電壓源

- 24：負載
- 26：開關
- 28：返馳變壓器
- 30：單級降壓轉換電路
- 32：電壓源
- 34：負載
- 36：開關
- 38：半共振電路
- 39：自動電荷抽放電路

七、申請專利範圍：

1. 一種降壓轉換電路，包括：
一開關，其一端與一直流電壓源耦接，另一端耦接至一第一電感以及與該第一電感串聯之一第一二極體；以及
一自動電荷抽放電路，耦接至該第一電感以及該第二二極體，並提供一輸出電流給一負載。
2. 如申請專利範圍第 1 項的降壓轉換電路，其中，該自動電荷抽放電路包括：
一半共振電路；
一第一電容，串聯耦接至該半共振電路；以及
一第二二極體，並聯耦接至該第一電容與該半共振電路。
3. 如申請專利範圍第 2 項的降壓轉換電路，其中，該半共振電路包括：
串聯耦接之一第二電感以及一第三二極體；以及
一第二電容，並聯耦接至該第二電感以及該第三二極體。
4. 如申請專利範圍第 3 項的降壓轉換電路，其中，該第二電容之一端係耦接至該第一電感，且另一端係耦接至該第一電容、該第二電感以及該負載。
5. 如申請專利範圍第 1 項的降壓轉換電路，其中，該開關係為一功率電晶體。
6. 如申請專利範圍第 1 項的降壓轉換電路，其中，該自動電荷抽放電路係為一電壓型自動電荷抽放電路。

八、圖式：

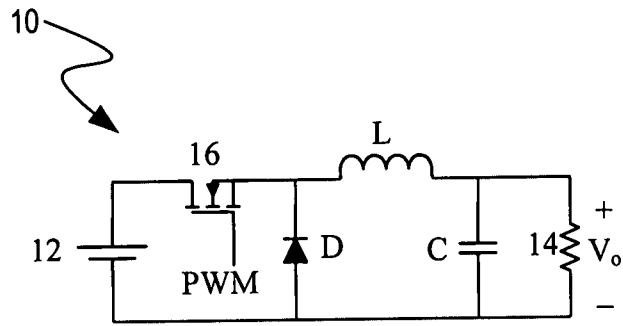


圖 1 (先前技術)

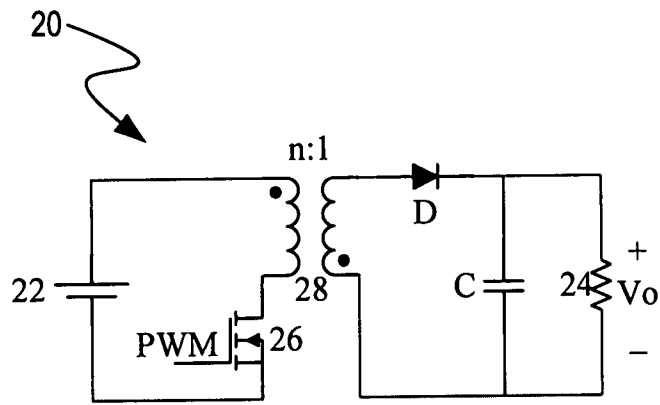


圖 2 (先前技術)

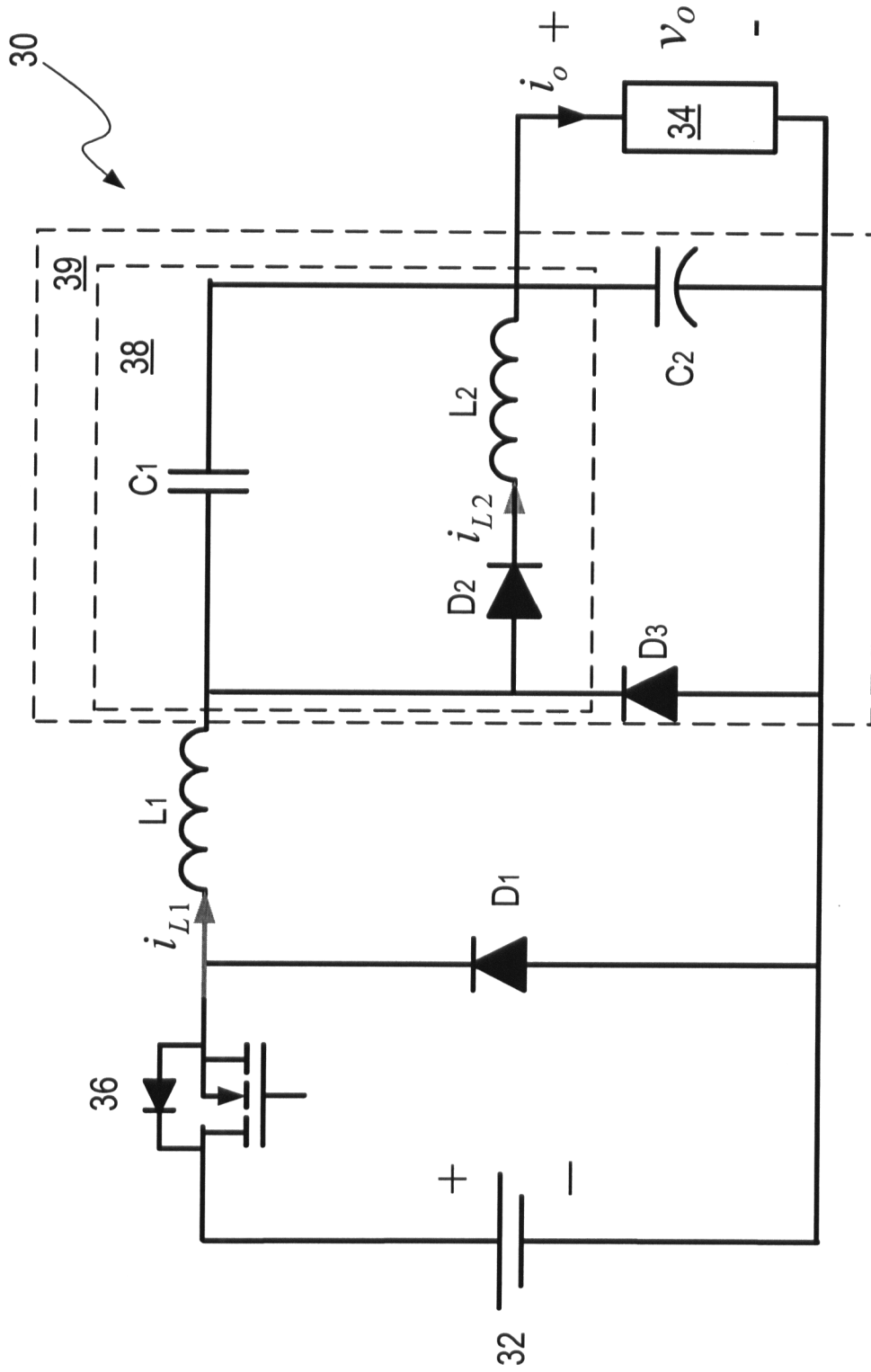


圖 3

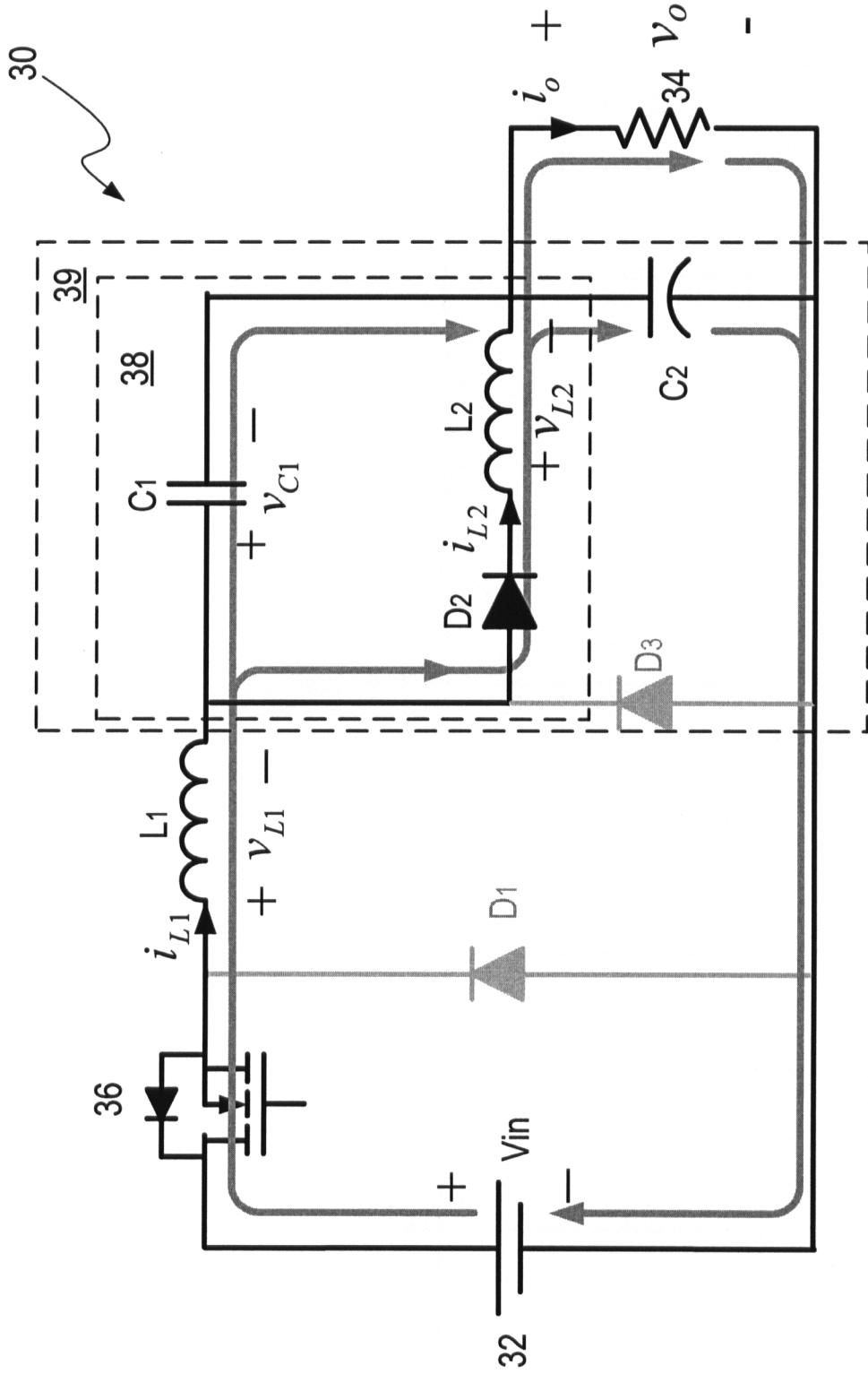


圖 4A

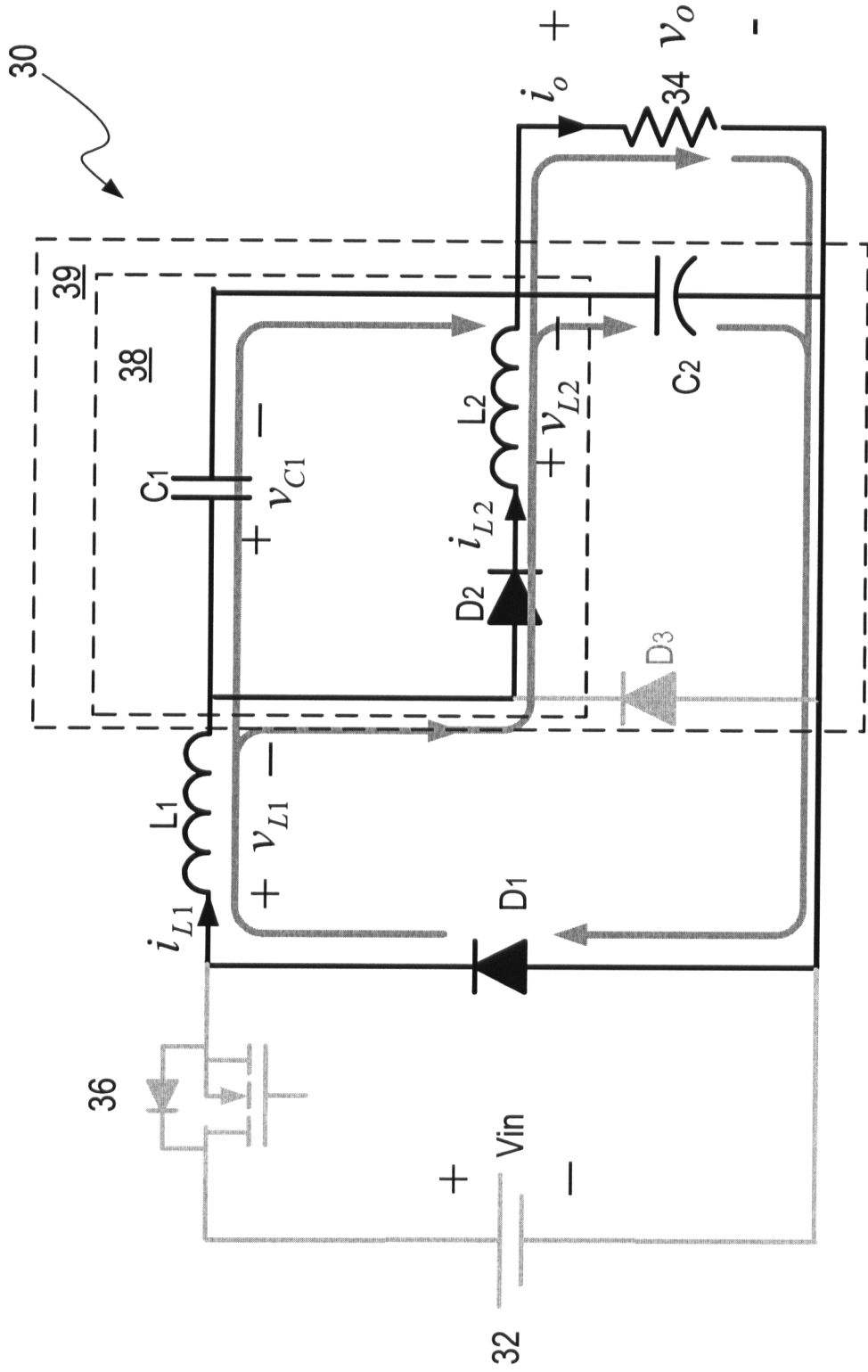


圖 4B

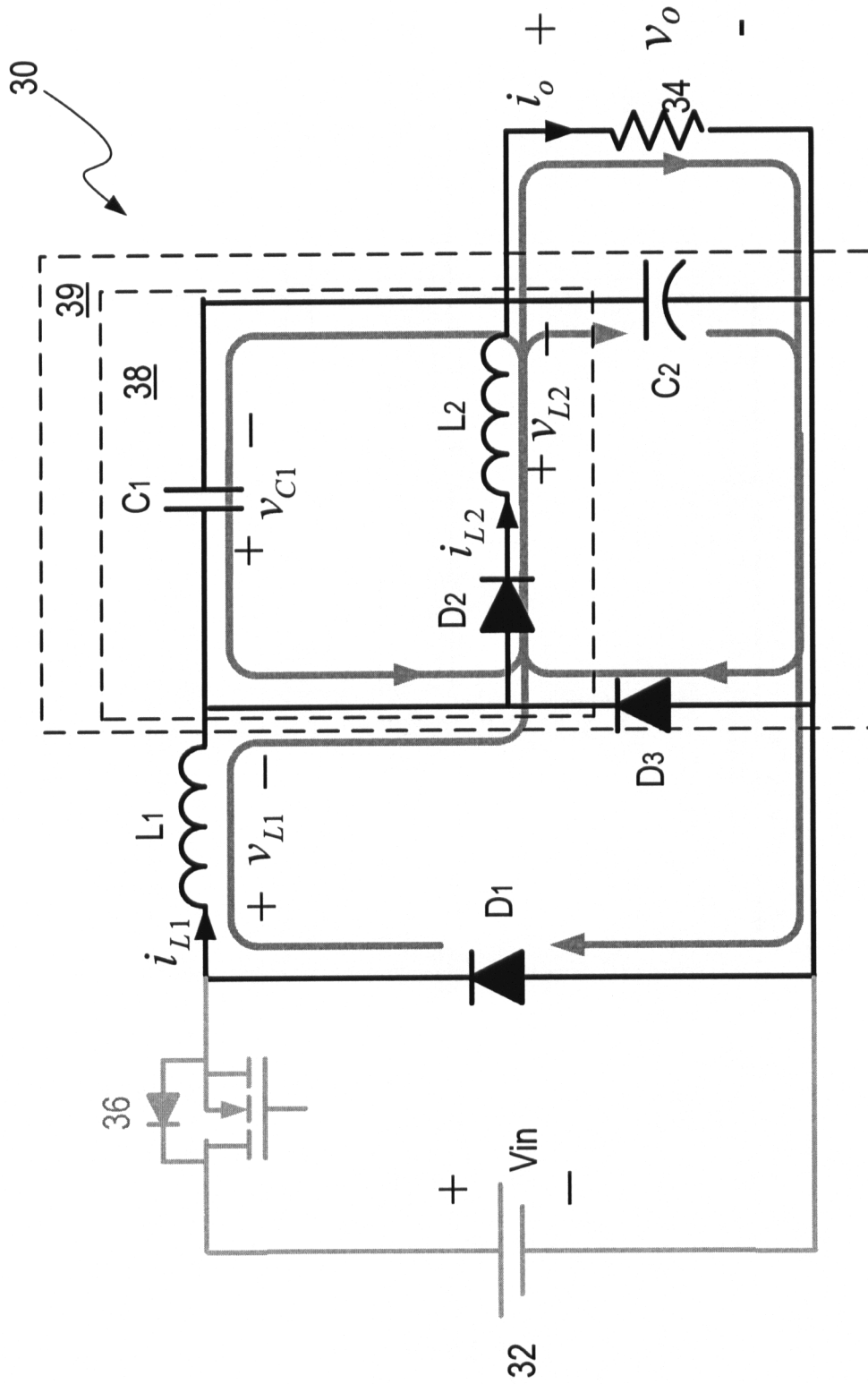


圖 4C

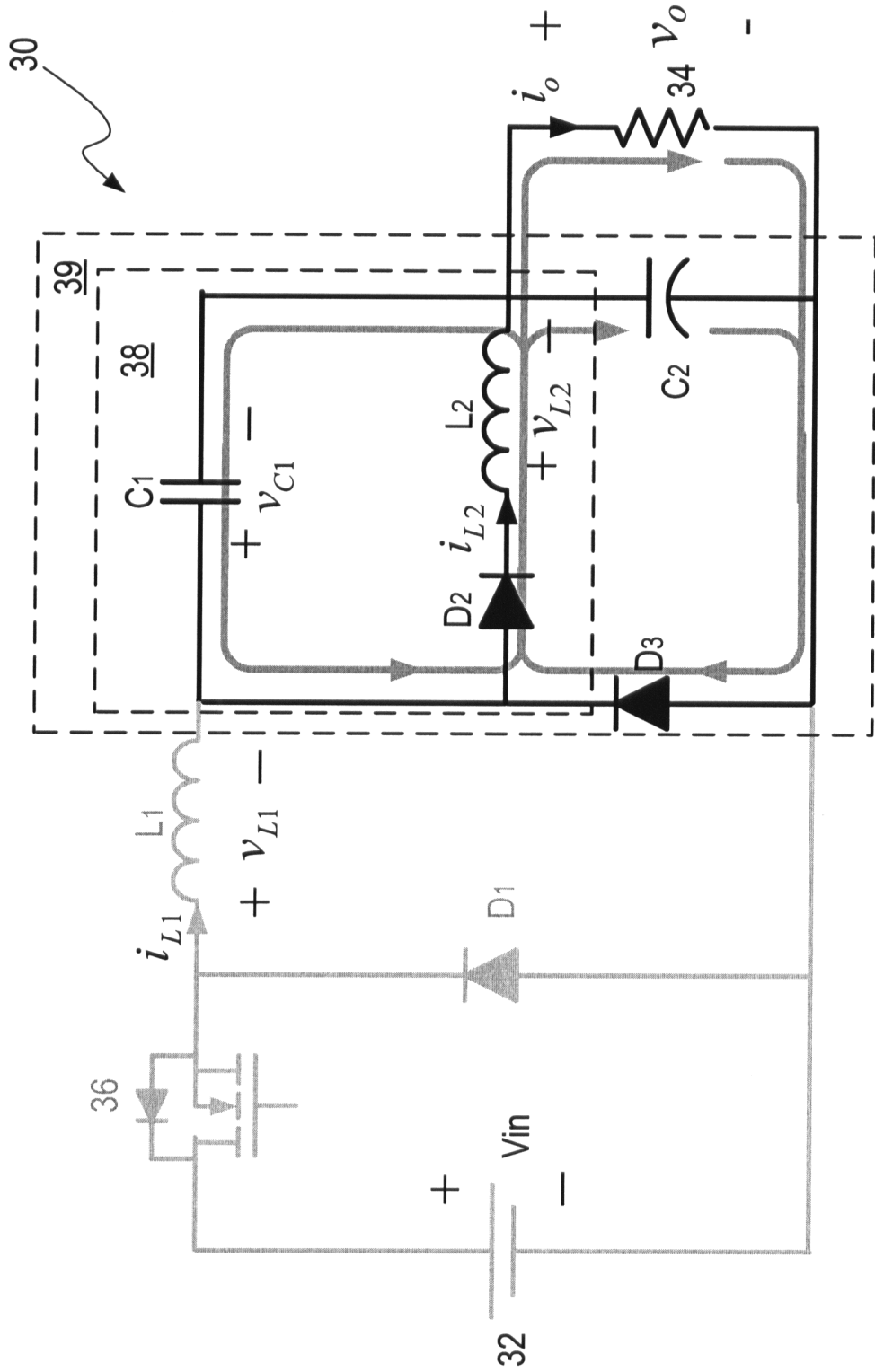


圖 4D

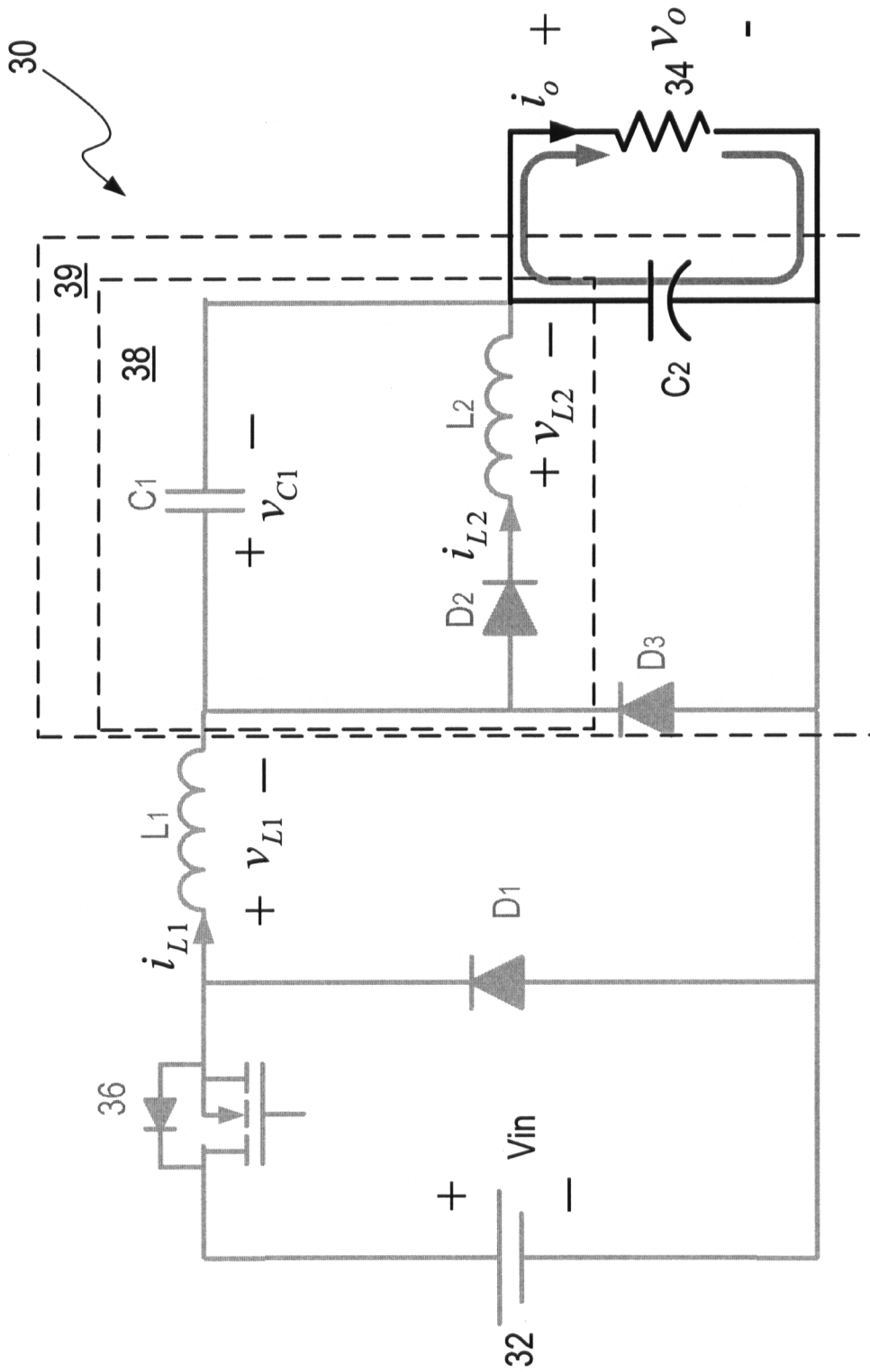


圖 4E