



(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 I413881 B

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 01 日

(21)申請案號：099126663

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 08 月 10 日

(51)Int. Cl. : G05F1/10 (2006.01)

(71)申請人：聯詠科技股份有限公司 (中華民國) NOVATEK MICROELECTRONICS CORP.
(TW)

新竹市新竹科學園區創新一路 13 號 2 樓

(72)發明人：林永正 LIN, YUNG CHENG (TW)

(74)代理人：祁明輝；林素華

(56)參考文獻：

TW	201011492A	TW	201027082A
CN	101196756A	US	7218168B1
US	7602161B2	US	7764563B2

審查人員：曾錦豐

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：10 共 0 頁

(54)名稱

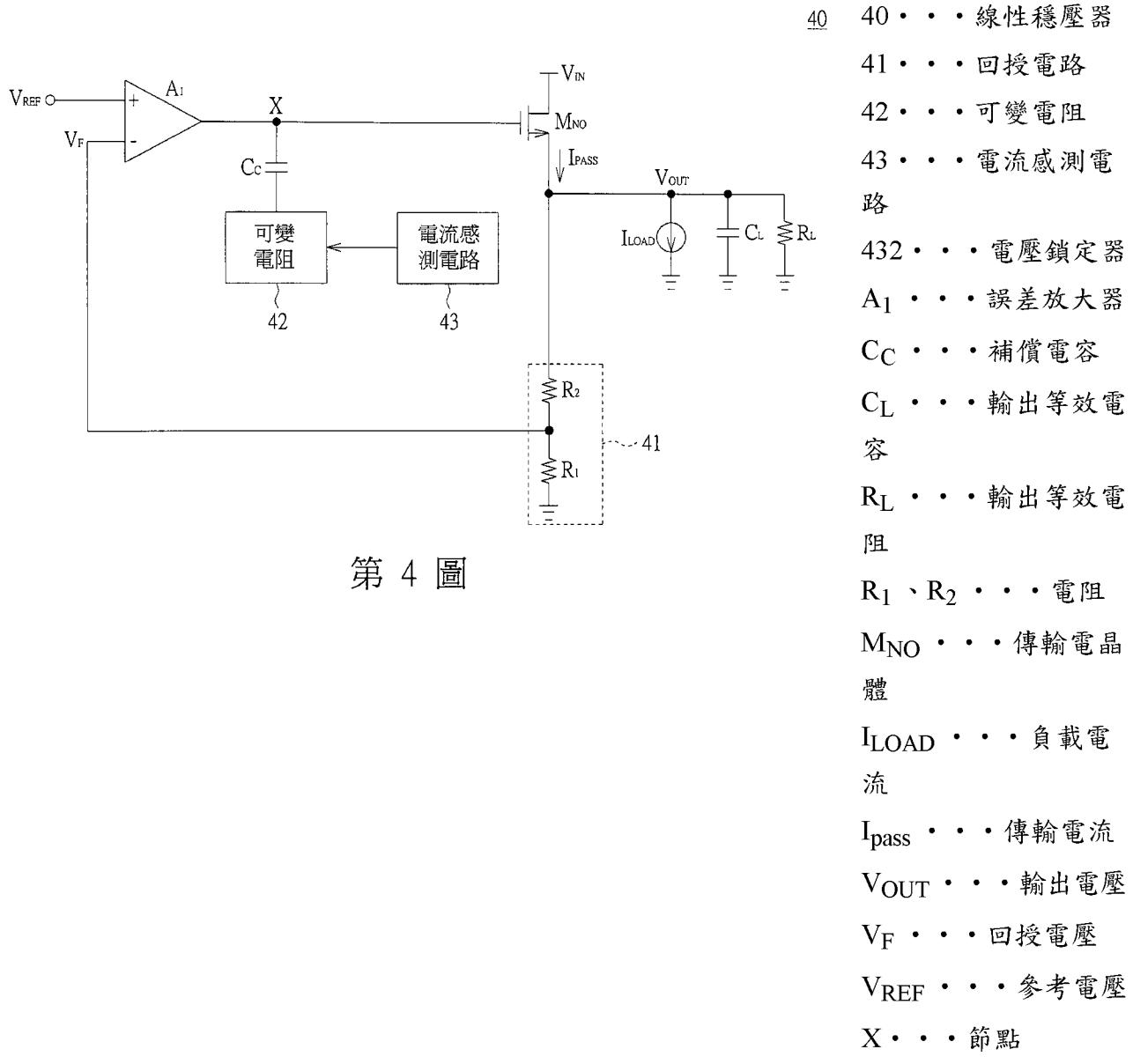
線性穩壓器及其電流感測電路

LINEAR VOLTAGE REGULATOR AND CURRENT SENSING CIRCUIT THEREOF

(57)摘要

一種線性穩壓器及其電流感測電路。線性穩壓器包括傳輸電晶體、補償電容、可變電阻、誤差放大器及電流感測電路。電流感測電路包括感測電晶體及電壓鎖定器。感測電晶體係受控於誤差放大器，感測電晶體之第一端接收輸入電壓，感測電晶體用以產生一感測電流。其中感測電流相關於流經傳輸電晶體之傳輸電流。電壓鎖定器係耦接傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端，並控制傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓相同，電壓鎖定器根據傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓調整耦接於補償電容的可變電阻。

A linear regulator and a current sensing circuit are provided. The linear regulator comprises a pass transistor, a compensation capacitor, a variable resistor, an error amplifier and the current sensing circuit. The current sensing circuit comprises a sense transistor and a voltage follower. The control terminal of the sense transistor controlled by the error amplifier and the first terminal of the sense transistor receives an input voltage. The sense transistor generates a sense current. Wherein the sense current correlates to the pass current. The voltage follower couples to the second terminal of the pass transistor and the second terminal of the sense transistor, and controls the voltage at the second terminal of the sense transistor to be the same as the voltage at the second terminal of the pass transistor. The voltage follower adjusts the resistance of the variable resistor coupled to the compensation capacitor according to the voltage at the second terminal of the pass transistor and the voltage at the second terminal of the sense transistor.



第 4 圖

100年2月8日修正替換頁

P1-8

發明專利說明書

100年2月8日修正頁

(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：99126663

※申請日：99.8.10 ※IPC分類：G05F 1/0 (2006.01)

公告本

一、發明名稱：(中文/英文)

線性穩壓器及其電流感測電路/ LINEAR VOLTAGE REGULATOR
AND CURRENT SENSING CIRCUIT THEREOF

二、中文發明摘要：

一種線性穩壓器及其電流感測電路。線性穩壓器包括傳輸電晶體、補償電容、可變電阻、誤差放大器及電流感測電路。電流感測電路包括感測電晶體及電壓鎖定器。感測電晶體係受控於誤差放大器，感測電晶體之第一端接收輸入電壓，感測電晶體用以產生一感測電流。其中感測電流相關於流經傳輸電晶體之傳輸電流。電壓鎖定器係耦接傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端，並控制傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓相同，電壓鎖定器根據傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓調整耦接於補償電容的可變電阻。

三、英文發明摘要：

A linear regulator and a current sensing circuit are provided. The linear regulator comprises a pass transistor, a compensation capacitor, a variable resistor, an error amplifier and the current sensing circuit. The current sensing circuit comprises a sense transistor and a voltage follower. The control terminal of the sense transistor controlled by the error amplifier and the first terminal of the sense transistor receives an input voltage. The sense transistor generates a sense current. Wherein the sense current correlates to the pass current.

The voltage follower couples to the second terminal of the pass transistor and the second terminal of the sense transistor, and controls the voltage at the second terminal of the sense transistor to be the same as the voltage at the second terminal of the pass transistor. The voltage follower adjusts the resistance of the variable resistor coupled to the compensation capacitor according to the voltage at the second terminal of the pass transistor and the voltage at the second terminal of the sense transistor.

四、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：

40：線性穩壓器

41：回授電路

42：可變電阻

43：電流感測電路

432：電壓鎖定器

A_1 ：誤差放大器

C_C ：補償電容

C_L ：輸出等效電容

R_L ：輸出等效電阻

R_1 、 R_2 ：電阻

M_{NO} ：傳輸電晶體

I_{LOAD} ：負載電流

I_{pass} ：傳輸電流

V_{OUT} ：輸出電壓

V_F ：回授電壓

V_{REF} ：參考電壓

X：節點

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

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種線性穩壓器及其電流感測電路，且特別是有關於一種具極點-零點追蹤(Pole-Zero Tracking)功能的線性穩壓器及其電流感測電路。

【先前技術】

請參照第1圖，第1圖繪示係為第一種傳統線性穩壓器之電路圖。傳統線性穩壓器10包括傳輸電晶體M_{NO}、補償電容C_C、回授電路41及誤差放大器A₁。傳輸電晶體M_{NO}之第一端接收輸入電壓V_{IN}，傳輸電晶體M_{NO}之第二端輸出輸出電壓V_{OUT}至負載。傳輸電晶體M_{NO}之第一端及第二端分別例如汲極及源極。回授電路41耦接誤差放大器A₁之反相輸入端與傳輸電晶體M_{NO}之第二端之間，回授電路41進一步包括電阻R₁及電阻R₂。回授電路41透過電阻R₁及電阻R₂將輸出電壓V_{OUT}分壓後輸出回授電壓V_F至誤差放大器A₁之反相輸入端。誤差放大器A₁之輸出端耦接傳輸電晶體M_{NO}及補償電容C_C，而誤差放大器A₁之非反相輸入端接收參考電壓V_{REF}。誤差放大器A₁根據回授電壓V_F及參考電壓V_{REF}控制傳輸電晶體M_{NO}，以調節輸出電壓V_{OUT}的電壓值。

誤差放大器A₁具有高輸出阻抗來提供足夠的增益，而傳輸電晶體M_{NO}的輸出端具有低輸出阻抗。在頻率補償的設計上，補償方式為在誤差放大器A₁的輸出端X加入補償電容C_C來產生一主極點頻率，而非主極點頻率則由

輸出端的等效電阻與電容值來決定，其值可近似為 $\frac{gm_{MNO}}{C_L}$ 。

gm_{MNO} 為傳輸電晶體 M_{NO} 的轉導， C_L 為輸出等效電容。

然而，當輸出負載電流 I_{LOAD} 太小或輸出等效電容 C_L 太大，則非主極點頻率會往低頻移動，而接近主極點頻率。如此一來，將造成相位邊限(Phase Margin)不足而使得線性穩壓器的不穩定。為了確保線性穩壓器的穩定性，必須使主極點頻率設計在更低頻，造成線性穩壓器的頻寬降低，反應速度變慢。

請參照第 2 圖，第 2 圖繪示係為第二種傳統線性穩壓器之電路圖。傳統線性穩壓器 20 與傳統線性穩壓器 10 的差異在於傳統線性穩壓器 20 在補償電容 C_C 的一端串聯電阻 R_Z 來產生 S 平面之左半平面的零點，且零點頻率之頻率大小為 $\frac{1}{C_C R_Z}$ 。此零點頻率可用來與輸出端的非主極點頻率抵消，以增加上述相位邊限。一方面提供線性穩壓器的穩定度，另一方面也同時增加頻寬。

然而，此種補償方式的問題為電阻 R_Z 的電阻值與傳輸電晶體 M_{NO} 的轉導 gm 的轉導值皆會隨製程變異而改變，且兩者隨製程的變異並不相關，因此零點頻率與非主極點頻率並無法可靠的抵消。

請參照第 3 圖，第 3 圖繪示係為第三種傳統線性穩壓器之電路圖。傳統線性穩壓器 30 與傳統線性穩壓器 20 的差異在於傳統線性穩壓器 30 係使用與傳輸電晶體 M_{NO} 相同的 N 型金屬氧化物半導體 (Metal-Oxide-Semiconductor,

MOS) 電晶體 M_{NZ} 來取代傳統線性穩壓器 20 的電阻 R_Z 。N 型金屬氧化物半導體電晶體 M_{NZ} 的控制端係耦接至一定電壓 V_b ，且 N 型金屬氧化物半導體電晶體 M_{NZ} 操作於三極管區 (Triode Region) 以形成一等效電阻。

然而，傳輸電晶體 M_{NO} 的轉導 gm 會隨負載電流 I_{LOAD} 而改變，造成非主極點的頻率變化幅度太大。固定的零點頻率無法有效的與輸出端的非主極點頻率互相抵消，在不同負載電流 I_{LOAD} 下，仍會有相位邊限不足的情形發生。

【發明內容】

本發明係有關於一種線性穩壓器(Linear Regulator)及其電流感測電路，藉由電流感測電路感測流經傳輸電晶體的傳輸電流以對應地調整耦接於補償電容的可變電阻，進而達到極點-零點追蹤(Pole-Zero Tracking)的效果。

根據本發明，提出一種線性穩壓器。線性穩壓器包括傳輸電晶體、補償電容、可變電阻、回授電路、誤差放大器及電流感測電路。傳輸電晶體之第一端接收輸入電壓，傳輸電晶體之第二端輸出輸出電壓。可變電阻係耦接於補償電容，而回授電路輸出回授電壓。誤差放大器根據回授電壓及參考電壓控制傳輸電晶體。電流感測電路包括感測電晶體及電壓鎖定器。感測電晶體係受控於誤差放大器，且感測電晶體之第一端接收輸入電壓，感測電晶體用以產生一感測電流，其中感測電流相關於流經傳輸電晶體之傳輸電流。電壓鎖定器係耦接傳輸電晶體之第二端及感測電

晶體之第二端，並控制傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓相同，電壓鎖定器根據傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓調整可變電阻。此外，電壓鎖定器也能根據感測電流輸出控制電壓以調整可變電阻，而控制電壓係隨感測電流改變。

根據本發明，提出一種電流感測電路。電流感測電路用於線性穩壓器。電流感測電路包括感測電晶體及電壓鎖定器。感測電晶體係與線性穩壓器之傳輸電晶體受控於線性穩壓器之誤差放大器，且感測電晶體之第一端及傳輸電晶體之第一端接收輸入電壓。其中感測電流相關於流經傳輸電晶體之傳輸電流電壓鎖定器係耦接傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端，並控制傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓相同。電壓鎖定器根據傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓調整可變電阻。此外，電壓鎖定器也能根據感測電流輸出控制電壓以調整可變電阻，而控制電壓係隨感測電流改變。

為了對本發明之上述及其他方面有更佳的瞭解，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

【實施方式】

為了更可靠地將零點頻率與非主極點頻率抵消，下述實施例提供數種線性穩壓器及其電流感測電路。線性穩壓器藉由電流感測電路感測流經傳輸電晶體的傳輸電流以對應地調整耦接於補償電容的可變電阻，進而達到極點-零點追蹤(Pole-Zero Tracking)的效果。線性穩壓器包括傳

輸電晶體、補償電容、可變電阻、回授電路、誤差放大器及電流感測電路。傳輸電晶體之第一端接收輸入電壓，傳輸電晶體之第二端輸出輸出電壓。可變電阻係耦接於補償電容，而回授電路輸出回授電壓。誤差放大器根據回授電壓及參考電壓控制傳輸電晶體。電流感測電路包括感測電晶體及電壓鎖定器。感測電晶體係受控於誤差放大器，且感測電晶體之第一端接收輸入電壓，感測電晶體用以產生一感測電流。其中感測電流相關於流經傳輸電晶體之傳輸電流。電壓鎖定器係耦接傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端，並控制傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓相同，電壓鎖定器根據傳輸電晶體之第二端及感測電晶體之第二端的電壓調整可變電阻。此外，電壓鎖定器也能根據感測電流輸出控制電壓以調整可變電阻，而控制電壓係隨感測電流改變。茲舉數個實施例詳細說明如下。

第一實施例

請參照第 4 圖，第 4 圖繪示係為線性穩壓器之架構示意圖。線性穩壓器 40 例如為高壓降(High Drop Out, HDO) 線性穩壓器。線性穩壓器 40 包括傳輸電晶體 M_{NO} 、補償電容 C_C 、回授電路 41、誤差放大器 A_1 、可變電阻 42 及電流感測電路 43。為方便說明起見，第 4 圖繪示之傳輸電晶體 M_{NO} 係以 N 型金屬氧化物半導體(Metal-Oxide-Semiconductor, MOS) 電晶體為例說明，然傳輸電晶體的型式不侷限於此，亦可使用 P 型金屬氧化物半導

體電晶體、NPN 雙載子接面電晶體(Bipolar Junction Transistor, BJT)或 PNP 雙載子接面電晶體。

傳輸電晶體 M_{NO} 之第一端接收輸入電壓 V_{IN} ，傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端輸出輸出電壓 V_{OUT} 。傳輸電晶體 M_{NO} 之第一端及第二端分別例如汲極及源極。可變電阻 42 係耦接於補償電容 C_C ，以產生一個位於 S 平面之左半平面的零點。此零點所產生之零點頻率可與線性穩壓器 40 之輸出端的非主極點頻率抵消，以增加相位邊限(Phase Margin)，進而提高線性穩壓器 40 之穩定度及頻寬。

回授電路 41 耦接誤差放大器 A_1 之反相輸入端與傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端之間，回授電路 41 進一步包括電阻 R_1 及電阻 R_2 。回授電路 41 透過電阻 R_1 及電阻 R_2 將輸出電壓 V_{OUT} 分壓後輸出回授電壓 V_F 至誤差放大器 A_1 之反相輸入端。誤差放大器 A_1 之輸出端耦接傳輸電晶體 M_{NO} 及補償電容 C_C ，而誤差放大器 A_1 之非反相輸入端接收參考電壓 V_{REF} 。誤差放大器 A_1 根據回授電壓 V_F 及參考電壓 V_{REF} 控制傳輸電晶體 M_{NO} 。電流感測電路 43 根據流經傳輸電晶體 M_{NO} 之傳輸電流 I_{pass} 動態地調整可變電阻 42，以達到極點-零點追蹤(Pole-Zero Tracking)的效果。

請參照第 5 圖，第 5 圖繪示係為第一實施例之線性穩壓器之電路圖。於第一實施例中，線性穩壓器 40、可變電阻 42 及電流感測電路 43 分別係以線性穩壓器 40(1)、可變電阻 42(1) 及電流感測電路 43(1) 為例說明。電流感測電路 43(1) 包括感測電晶體 M_{NS} 及電壓鎖定器 432。為方便說明起見，第 5 圖繪示之感測電晶體 M_{NS} 係以 N 型

金屬氧化物半導體（Metal-Oxide-Semiconductor, MOS）電晶體為例說明，然感測電晶體的型式不侷限於此，亦可使用 P 型金屬氧化物半導體電晶體、NPN 雙載子接面電晶體（Bipolar Junction Transistor, BJT）或 PNP 雙載子接面電晶體。

感測電晶體 M_{NS} 之第一端及第二端分別例如汲極及源極。感測電晶體 M_{NS} 係受控於誤差放大器 A_1 ，且感測電晶體 M_{NS} 之第一端接收輸入電壓 V_{IN} ，感測電晶體 M_{NS} 感測流經傳輸電晶體 M_{NO} 之傳輸電流 I_{pass} ，以產生相關於傳輸電流 I_{pass} 之感測電流 I_Y 。電壓鎖定器 432 係耦接傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端及感測電晶體 M_{NS} 之第二端，並控制傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端及感測電晶體 M_{NS} 之第二端的電壓相同。電壓鎖定器 432 根據傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端及感測電晶體 M_{NS} 之第二端的電壓調整可變電阻 42(1)。此外，電壓鎖定器 432 也能根據感測電流 I_Y 輸出控制電壓 V_{CTRL} 以調整可變電阻 42(1)，而控制電壓 V_{CTRL} 係隨感測電流 I_Y 改變。

電壓鎖定器 432 進一步包括第一電晶體 M_{N1} 及運算放大器 A_2 。第一電晶體 M_{N1} 係耦接感測電晶體 M_{NS} ，且感測電流 I_Y 流經第一電晶體 M_{N1} 。第一電晶體 M_{N1} 例如為 N 型金屬氧化物半導體（Metal-Oxide-Semiconductor, MOS）電晶體，且第一電晶體 M_{N1} 之第一端及第二端分別例如為汲極及源極。運算放大器 A_2 之反相輸入端係耦接至傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端及回授電路 41，而運算放大器 A_2 之非反相輸入端係耦接至感測電晶體 M_{NS} 之第二端。運算放大器 A_2 之輸出端係耦接至第一電晶體 M_{N1} 之控制端。運算放大

器 A_2 根據傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端及感測電晶體 M_{NS} 之第二端的電壓控制第一電晶體 M_{N1} 。傳輸電晶體 M_{NO} 之第二端及感測電晶體 M_{NS} 之第二端的電壓分別為輸出電壓 V_{OUT} 及端點電壓 V_Y 。可變電阻 42 (1) 包括第二電晶體 M_{N2} ，第二電晶體 M_{N2} 之第一端及第二端分別例如為汲極及源極。第二電晶體 M_{N2} 係耦接補償電容 C_C 與一接地端之間，且受控於運算放大器 A_2 。第二電晶體 M_{N2} 係操作於三極管區 (Triode Region) 以形成一等效電阻。

前述第一電晶體 M_{N1} 及運算放大器 A_2 係連接成一負回授型式，因此運算放大器 A_2 之反相輸入端的電壓與非反相輸入端的電壓相同，亦即，輸出電壓 V_{OUT} 等於端點電壓 V_Y 。如此一來，感測電晶體 M_{NS} 的偏壓與傳輸電晶體 M_{NO} 的偏壓相同，使得感測電晶體 M_{NS} 與傳輸電晶體 M_{NO} 形成一電流鏡 (Current Mirror)。傳輸電流 I_{pass} 與感測

電流 I_Y 的比例為 $\frac{I_{pass}}{I_Y} = \frac{(\frac{W}{L})_{MNO}}{(\frac{W}{L})_{MNS}}$ ，其中 $(\frac{W}{L})_{MNO}$ 及 $(\frac{W}{L})_{MNS}$ 分別為傳輸

電晶體 M_{NO} 與感測電晶體 M_{NS} 之電晶體通道寬度長度比。由於感測電流 I_Y 與控制電壓 V_{CTRL} 會隨負載電流 I_{LOAD} 而變化，因此能達到電流感測的效果。此外，流經感測電晶體 M_{NS} 的感測電流 I_Y 等同於流經第一電晶體 M_{N1} ，且第一電晶體 M_{N1} 與第二電晶體 M_{N2} 形成一電流鏡。所以感測電流 I_Y 及控制電壓 V_{CTRL} 會被複製到第二電晶體 M_{N2} 上，做為極點-零點追蹤 (Pole-Zero Tracking) 所需的訊號。

當負載電流 I_{LOAD} 增加時，流經傳輸電晶體 M_{NO} 之傳輸電流 I_{pass} 隨之增加，且節點 X 上的電壓也隨之增加，此時線性穩壓器 40(1)輸出端的非主極點往高頻移動。由於傳輸電晶體 M_{NO} 與感測電晶體 M_{NS} 的偏壓相同，因此流經感測電晶體 M_{NS} 的感測電流 I_Y 隨之上升。控制電壓 V_{CTRL} 因回授的控制而增加，以控制第一電晶體 M_{N1} 流過等同於感測電流 I_Y 的電流。第二電晶體 M_{N2} 的等效電阻將因控制電壓 V_{CTRL} 的上升而下降，造成 S 平面之左半平面的零點也隨著往高頻移動，進而達到極點-零點追蹤(Pole-Zero Tracking)的效果。如此一來，線性穩壓器 40(1)的頻率補償不會隨製程變異、溫度變化、輸入電壓 V_{IN} 變化及負載電流 I_{LOAD} 而有所改變。

第二實施例

請參照第 6 圖，第 6 圖繪示係為第二實施例之線性穩壓器之電路圖。於第二實施例中，線性穩壓器 40、可變電阻 42 及電流感測電路 43 分別係以線性穩壓器 40(2)、可變電阻 42(2) 及電流感測電路 43(1) 為例說明。第二實施例與第一實施例主要不同之處在於可變電阻 42(2)。可變電阻 42(2) 除了前述第二電晶體 M_{N2} 外，更包括第三電晶體 M_{N3} 。第三電晶體 M_{N3} 之第一端及第二端分別例如汲極及源極，而第三電晶體 M_{N3} 之控制端例如為閘極。第三電晶體 M_{N3} 之第一端係耦接至定電壓 V_{b2} ，第三電晶體 M_{N3} 之控制端係耦接至定電壓 V_{b1} ，且第三電晶體 M_{N3} 之第二端係耦接至補償電容 C_C 及第二電晶體 M_{N2} 之第一

端。第三電晶體 M_{N3} 係操作於飽和區（Saturation Region）以形成一等效電阻。

第三電晶體 M_{N3} 的偏壓電流 I_{MN3} 係由第一電晶體 M_{N1} 及第二電晶體 M_{N2} 所組成的電流鏡來提供，且偏壓電流 I_{MN3} 係根據傳輸電流 I_{pass} 所產生。線性穩壓器 40(2) 中決定零點頻率的等效電阻為 $\frac{1}{gm_{MN3}}$ ，而決定輸出端非主極點頻率的等效電阻為 $\frac{1}{gm_{MNO}}$ ， gm_{MN3} 及 gm_{MNO} 分別為第三電晶體 M_{N3} 及傳輸電晶體 M_{NO} 的轉導。零點頻率的等效電阻與輸出端非主極點頻率的等效電阻之比值為 $\sqrt{\frac{I_{pass}}{I_{MN3}}}$ 。由此可知，零點頻率的等效電阻與輸出端非主極點頻率的等效電阻之比值與電晶體的電子移動率 μ_n 、單位面積電容 C_{ox} 及臨限電壓 V_{th} 無關。由於零點頻率的等效電阻與輸出端非主極點頻率的等效電阻之比值係為一常數，如此一來，線性穩壓器 40(2) 的頻率補償不會隨製程變異、輸入電壓 V_{IN} 、溫度變化及負載電流 I_{LOAD} 而有所改變。

第三實施例

請參照第 7 圖，第 7 圖繪示係為第三實施例之線性穩壓器之電路圖。於第三實施例中，線性穩壓器 40、可變電阻 42 及電流感測電路 43 分別係以線性穩壓器 40(3)、可變電阻 42(3) 及電流感測電路 43(2) 為例說明。第三

實施例與第二實施例主要不同之處在於可變電阻 42 (3) 及電流感測電路 43 (2)。電流感測電路 43 (2) 更包括第二電晶體 M_{N2} ，第二電晶體 M_{N2} 係耦接於可變電阻 42 (3) 與接地端之間。第二電晶體 M_{N2} 之控制端係耦接至運算放大器 A_2 之輸出端，且第二電晶體 M_{N2} 受控於運算放大器 A_2 。可變電阻 42 (3) 僅包括第三電晶體 M_{N3} 。第三電晶體 M_{N3} 之第一端及第二端分別例如汲極及源極，而第三電晶體 M_{N3} 之控制端例如為閘極。第三電晶體 M_{N3} 之第一端係耦接至定電壓 V_{b2} ，而第三電晶體 M_{N3} 之控制端係耦接至定電壓 V_{b1} 。定電壓 V_{b1} 之電壓值例如與定電壓 V_{b2} 之電壓值相同。第三電晶體 M_{N3} 之第二端係耦接至補償電容 C_C 及第二電晶體 M_{N2} 之第一端。第三電晶體 M_{N3} 係操作於飽和區 (Saturation Region) 以形成一等效電阻。第三電晶體 M_{N3} 之等效電阻係受控於控制電流 I_{CTRL} ，且控制電流 I_{CTRL} 隨傳輸電流 I_{pass} 而改變。

第四實施例

請參照第 8 圖，第 8 圖繪示係為第四實施例之線性穩壓器之電路圖。於第四實施例中，線性穩壓器 40、可變電阻 42 及電流感測電路 43 分別係以線性穩壓器 40 (4)、可變電阻 42 (3) 及電流感測電路 43 (3) 為例說明。第四實施例與第二實施例主要不同之處在於第二實施例之傳輸電晶體 M_{NO} 、感測電晶體 M_{NS} 及第三電晶體 M_{N3} 於第四實施例分別以傳輸電晶體 Q_{NO} 、感測電晶體 Q_{NS} 及第三電晶體 Q_{N3} 取代。傳輸電晶體 Q_{NO} 、感測電晶體 Q_{NS} 及第三

電晶體 Q_{N3} 係為 NPN 雙載子接面電晶體，且第三電晶體 Q_{N3} 操作於主動區(Active Region)。

第五實施例

請參照第 9 圖，第 9 圖繪示係為第五實施例之線性穩壓器之電路圖。於第五實施例中，線性穩壓器 40 及電流感測電路 43 分別係以線性穩壓器 40(5) 及電流感測電路 43(4)為例說明。線性穩壓器 40(5)例如為低壓差(Low Drop Out, LDO)線性穩壓器。由於可變電阻可以例如為前述多種變化態樣，因此在此予以省略。第五實施例與第三實施例主要不同之處在於第五實施例之傳輸電晶體 M_{NO} 及感測電晶體 M_{NS} 係採 P 型金屬氧化物半導體電晶體取代第三實施例的 N 型金屬氧化物半導體電晶體。

第六實施例

請參照第 10 圖，第 10 圖繪示係為第六實施例之線性穩壓器之電路圖。於第六實施例中，線性穩壓器 40 及電流感測電路 43 分別係以線性穩壓器 40(6) 及電流感測電路 43(5) 為例說明。由於可變電阻可以例如為前述多種變化態樣，因此在此予以省略。第六實施例與第五實施例主要不同之處在於第五實施例之傳輸電晶體 M_{NO} 及感測電晶體 M_{NS} 於第六實施例分別以傳輸電晶體 Q_{NO} 及感測電晶體 Q_{NS} 取代。傳輸電晶體 Q_{NO} 及感測電晶體 Q_{NS} 係為 PNP 雙載子接面電晶體。

本發明雖然以上述多個實施例做說明，然只要藉由電

流感測電路感測流經傳輸電晶體的傳輸電流以對應地調整耦接於補償電容的可變電阻，進而達到極點-零點追蹤(Pole-Zero Tracking)的效果，即在本發明的範圍之內。

綜上所述，雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明。本發明所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾。因此，本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖繪示係為第一種傳統線性穩壓器之電路圖。

第 2 圖繪示係為第二種傳統線性穩壓器之電路圖。

第 3 圖繪示係為第三種傳統線性穩壓器之電路圖。

第 4 圖繪示係為線性穩壓器之架構示意圖。

第 5 圖繪示係為第一實施例之線性穩壓器之電路圖。

第 6 圖繪示係為第二實施例之線性穩壓器之電路圖。

第 7 圖繪示係為第三實施例之線性穩壓器之電路圖。

第 8 圖繪示係為第四實施例之線性穩壓器之電路圖。

第 9 圖繪示係為第五實施例之線性穩壓器之電路圖。

第 10 圖繪示係為第六實施例之線性穩壓器之電路

圖。

【主要元件符號說明】

10、20、30：傳統線性穩壓器

40、40(1)、40(2)、40(3)、40(4)、40(5)、40

(6)：線性穩壓器

41：回授電路

42、42(1)、42(2)、42(3)：可變電阻

43、43(1)、43(2)、43(3)、43(3)、43(4)、43

(5)：電流感測電路

432：電壓鎖定器

A_1 ：誤差放大器

A_2 ：運算放大器

C_C ：補償電容

C_L ：輸出等效電容

R_L ：輸出等效電阻

R_1 、 R_2 、 R_Z ：電阻

M_{NO} ：傳輸電晶體

M_{N1} 、 M_{N2} 、 M_{N3} 、 Q_{NO} 、 Q_{NS} 、 Q_{N3} ：電晶體

M_{NZ} ：N型金屬氧化物半導體電晶體

I_{LOAD} ：負載電流

I_{pass} ：傳輸電流

I_{CTRL} ：控制電流

I_{MN3} ：偏壓電流

I_Y ：感測電流

V_{OUT} ：輸出電壓

V_b ：定電壓

V_F ：回授電壓

V_{REF} ：參考電壓

V_Y ：端點電壓

V_{CTRL} ：控制電壓

V_{b1} 、 V_{b2} ：定電壓

X、Y：節點

七、申請專利範圍：

1. 一種線性穩壓器，包括：

一傳輸電晶體，該傳輸電晶體之第一端接收一輸入電壓，該傳輸電晶體之第二端輸出一輸出電壓；

一補償電容；

一可變電阻，係耦接於該補償電容；

一回授電路，用以輸出一回授電壓；

一誤差放大器，用以根據該回授電壓及一參考電壓控制該傳輸電晶體；以及

一電流感測電路，包括：

一感測電晶體，係受控於該誤差放大器，且該感測電晶體之第一端接收該輸入電壓，以產生一感測電流，其中該感測電流相關於流經該傳輸電晶體之一傳輸電流；及

一電壓鎖定器，係耦接該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端，並控制該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端的電壓相同，該電壓鎖定器根據該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端的電壓調整該可變電阻。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之線性穩壓器，其中該電壓鎖定器包括：

一第一電晶體，係耦接該感測電晶體，且該感測電流經該第一電晶體；

一運算放大器，根據該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端的電壓控制該第一電晶體。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之線性穩壓器，其中該可變電阻包括：

一 第二電晶體，係耦接於該補償電容與一接地端之間，且受控於該運算放大器。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之線性穩壓器，其中該可變電阻更包括：

一 第三電晶體，該第三電晶體之第一端係耦接至一第一定電壓，該第三電晶體之控制端係耦接至一第二定電壓，且該第三電晶體之第二端係耦接至該補償電容及該第二電晶體。

5. 如申請專利範圍第 2 項所述之線性穩壓器，其中該電流感測電路更包括：

一 第二電晶體，係耦接於該可變電阻與一接地端之間，並受控於該運算放大器。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之線性穩壓器，其中該可變電阻包括：

一 第三電晶體，該第三電晶體之第一端係耦接至一第一定電壓，該第三電晶體之控制端係耦接至一第二定電壓，該第三電晶體之第二端係耦接至該補償電容及該第二電晶體。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之線性穩壓器，其中該第一定電壓之電壓值等於該第二定電壓之電壓值。

8. 如申請專利範圍第 5 項所述之線性穩壓器，其中該運算放大器包括：

一 反相輸入端，係耦接至該傳輸電晶體之第二端及該

回授電路；

一非反相輸入端，係耦接至該感測電晶體之第二端；
以及

一輸出端，係耦接至該第一電晶體之控制端及該第二
電晶體之控制端。

9. 如申請專利範圍第2項所述之線性穩壓器，其中
該運算放大器包括：

一反相輸入端，係耦接至該傳輸電晶體之第二端及該
回授電路；

一非反相輸入端，係耦接至該感測電晶體之第二端；
以及

一輸出端，係耦接至該第一電晶體之控制端。

10. 如申請專利範圍第2項所述之線性穩壓器，其中
運算放大器，另根據該感測電流輸出一控制電壓來控制該
第一電晶體。

11. 如申請專利範圍第1項所述之線性穩壓器，其中
該電壓鎖定器另根據該感測電流輸出一控制電壓以調整
該可變電阻，該控制電壓係隨該感測電流改變。

12. 一種電流感測電路，用於一線性穩壓器，該電流
感測電路包括：

一感測電晶體，係與該線性穩壓器之一傳輸電晶體受
控於該線性穩壓器之一誤差放大器，且該感測電晶體之第
一端及該傳輸電晶體之第一端接收該輸入電壓，一感測電
流，其中該感測電流相關於流經該傳輸電晶體之一傳輸電
流；及

一電壓鎖定器，係耦接該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端，並控制該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端的電壓相同，該電壓鎖定器根據該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端的電壓調整一可變電阻。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之電流感測電路，其中該電壓鎖定器包括：

一第一電晶體，係耦接該感測電晶體，且該感測電流流經該第一電晶體；

一運算放大器，根據該傳輸電晶體之第二端及該感測電晶體之第二端的電壓控制該第一電晶體。

14. 如申請專利範圍第 13 項所述之電流感測電路，其中該運算放大器包括：

一反相輸入端，係耦接至該傳輸電晶體之第二端及該回授電路；

一非反相輸入端，係耦接至該感測電晶體之第二端；以及

一輸出端，係耦接至該第一電晶體之控制端。

15. 如申請專利範圍第 13 項所述之電流感測電路，更包括：

一第二電晶體，係耦接於該可變電阻與一接地端之間，並受控於該運算放大器。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之電流感測電路，其中該運算放大器包括：

一反相輸入端，係耦接至該傳輸電晶體之第二端及該

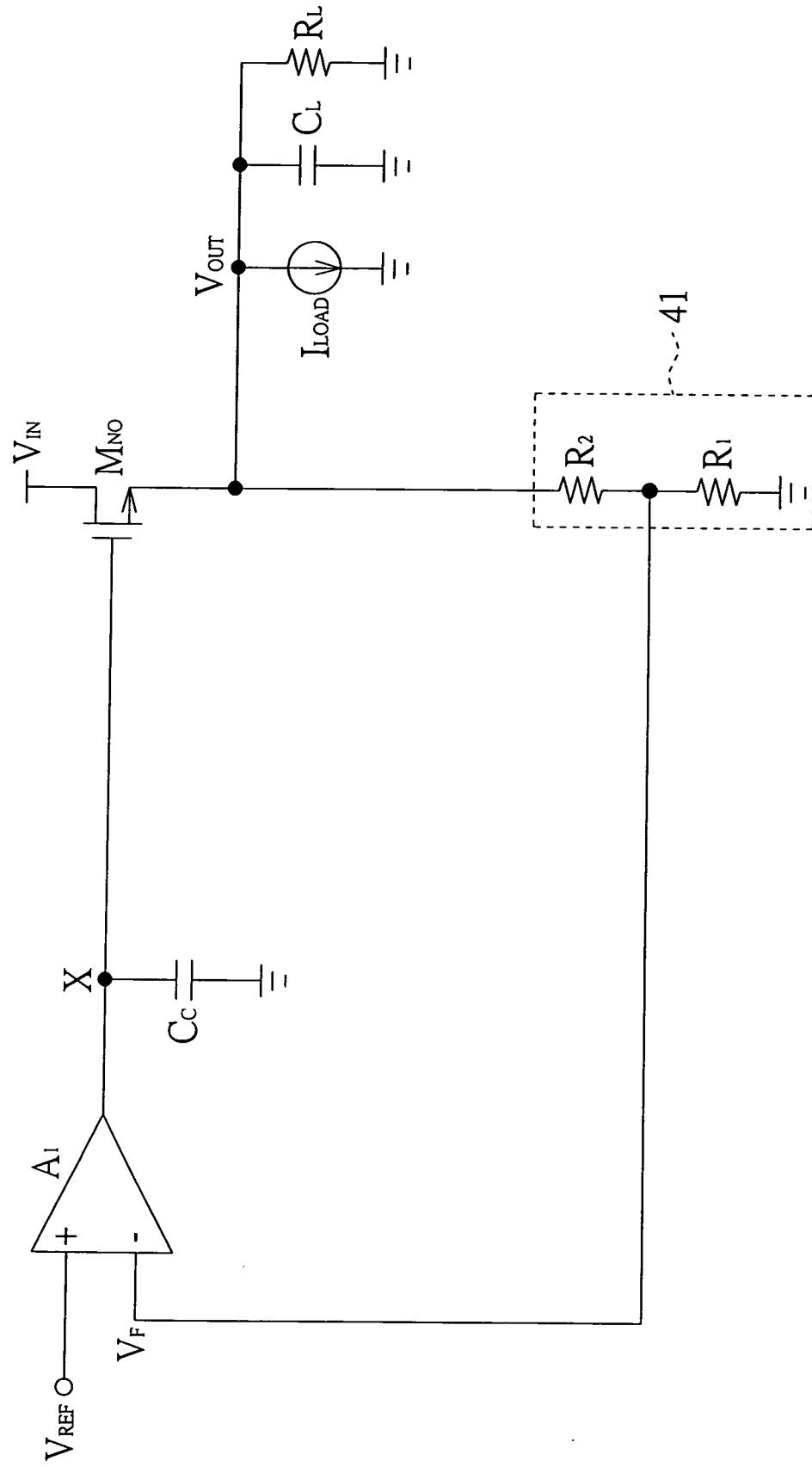
回授電路；

一非反相輸入端，係耦接至該感測電晶體之第二端；
以及

一輸出端，係耦接至該第一電晶體之控制端及該第二
電晶體之控制端。

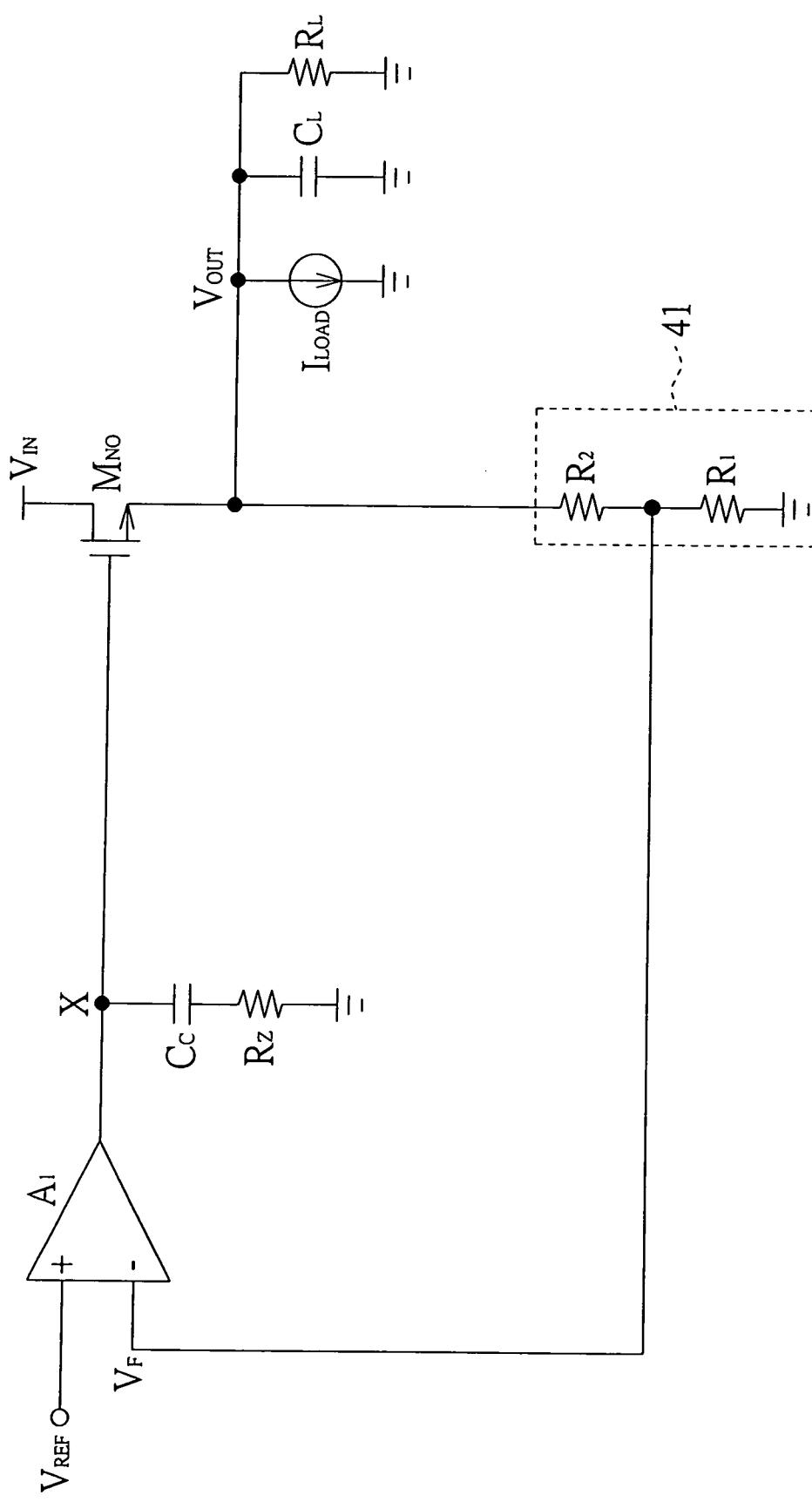
17. 如申請專利範圍第 13 項所述之線性穩壓器，其
中運算放大器另根據該感測電流輸出一控制電壓來控制
該第一電晶體。

18. 如申請專利範圍第 12 項所述之電流感測電路，
其中該電壓鎖定器根據該感測電流輸出一控制電壓以調
整該可變電阻，該控制電壓係隨該感測電流改變。

10

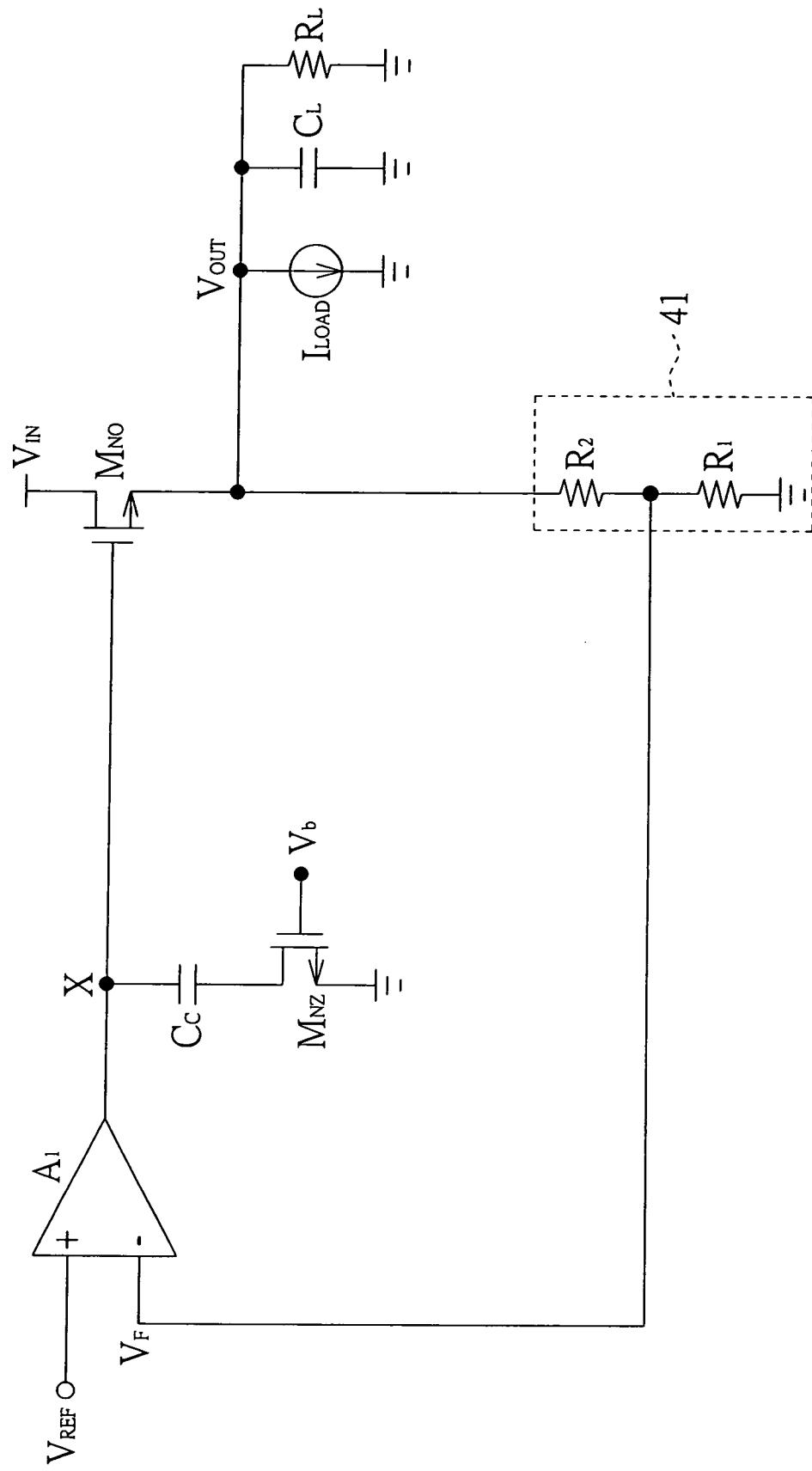
第 1 圖

20



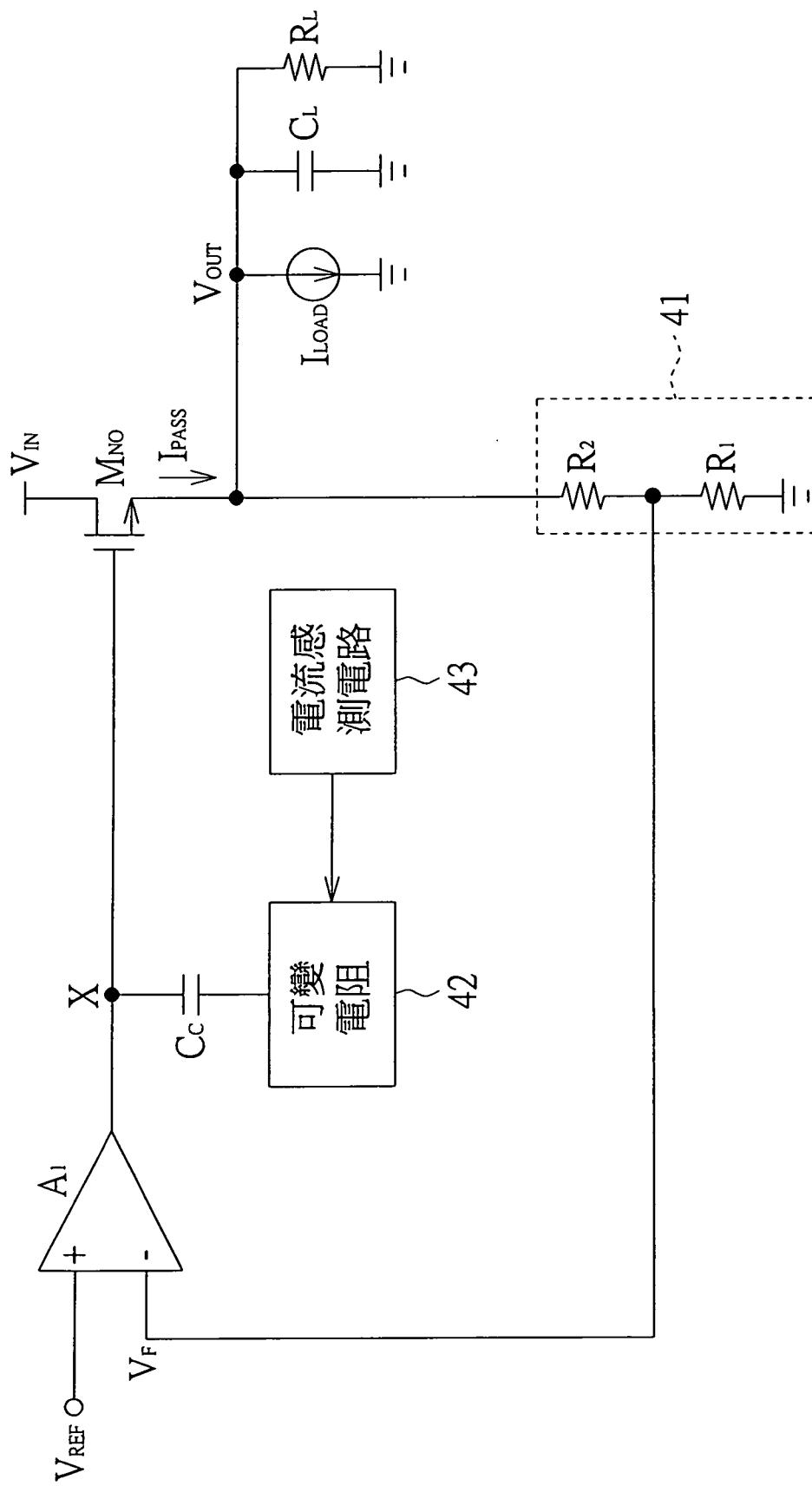
第 2 圖

30



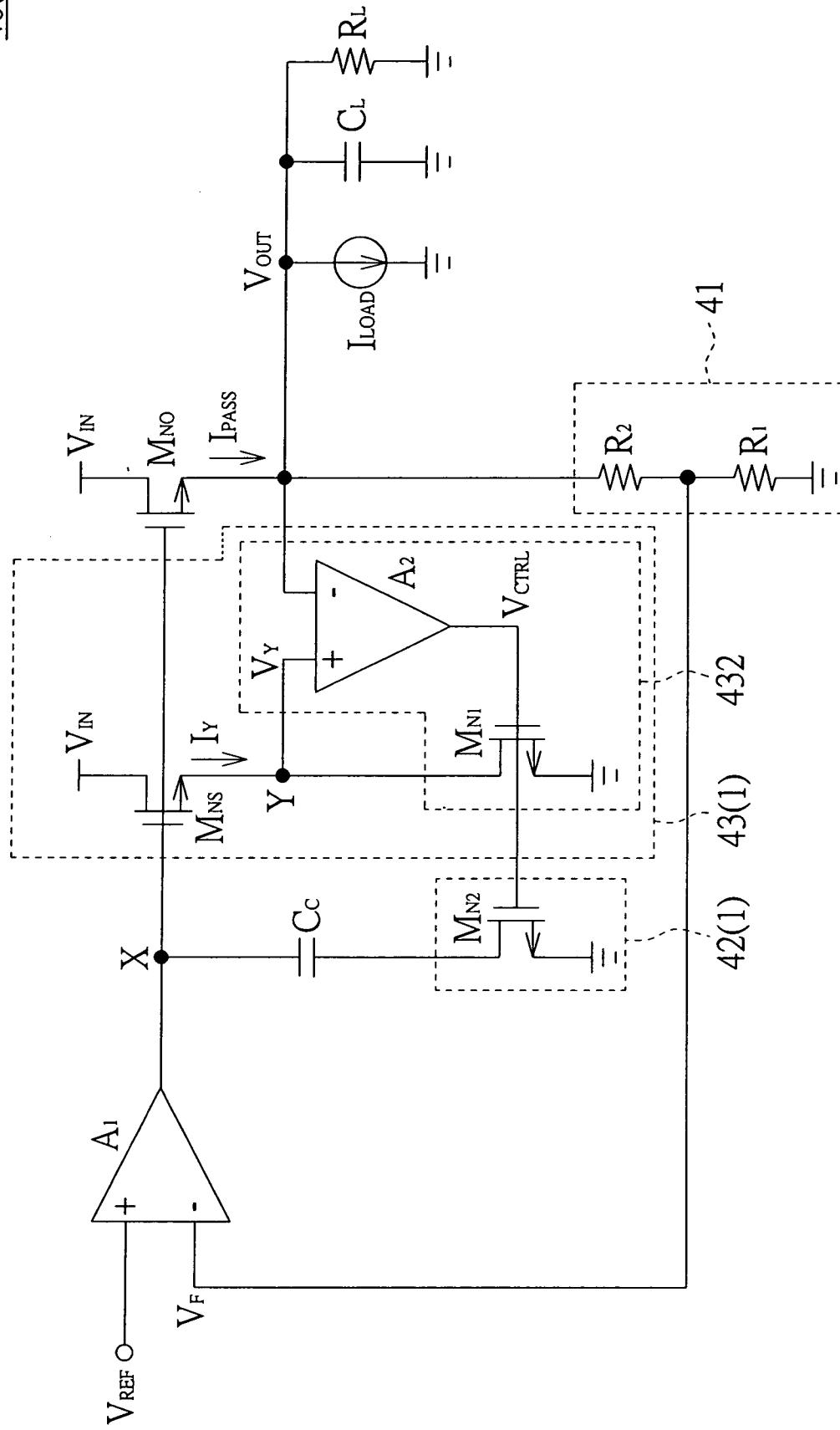
第3圖

40



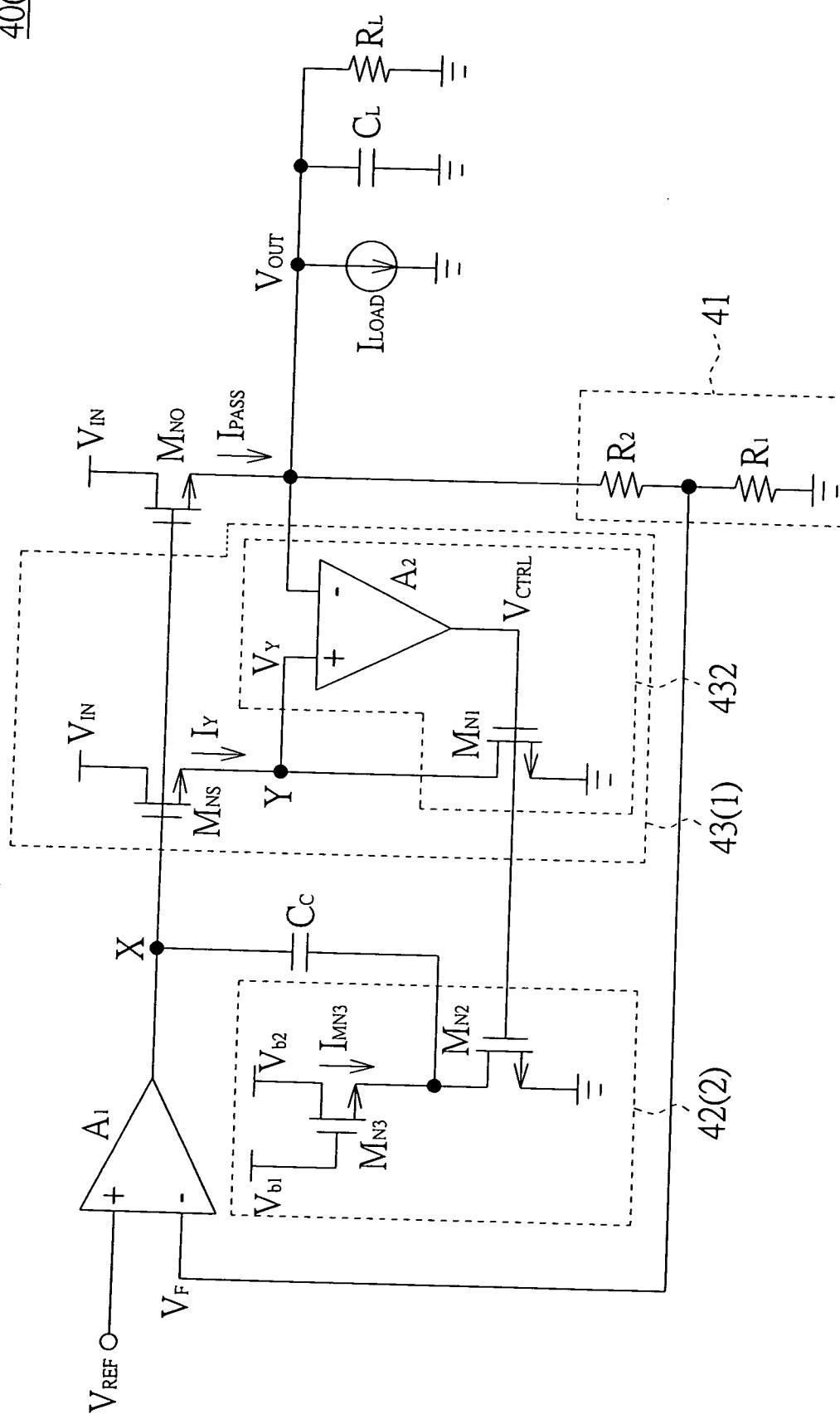
第 4 署

40(1)



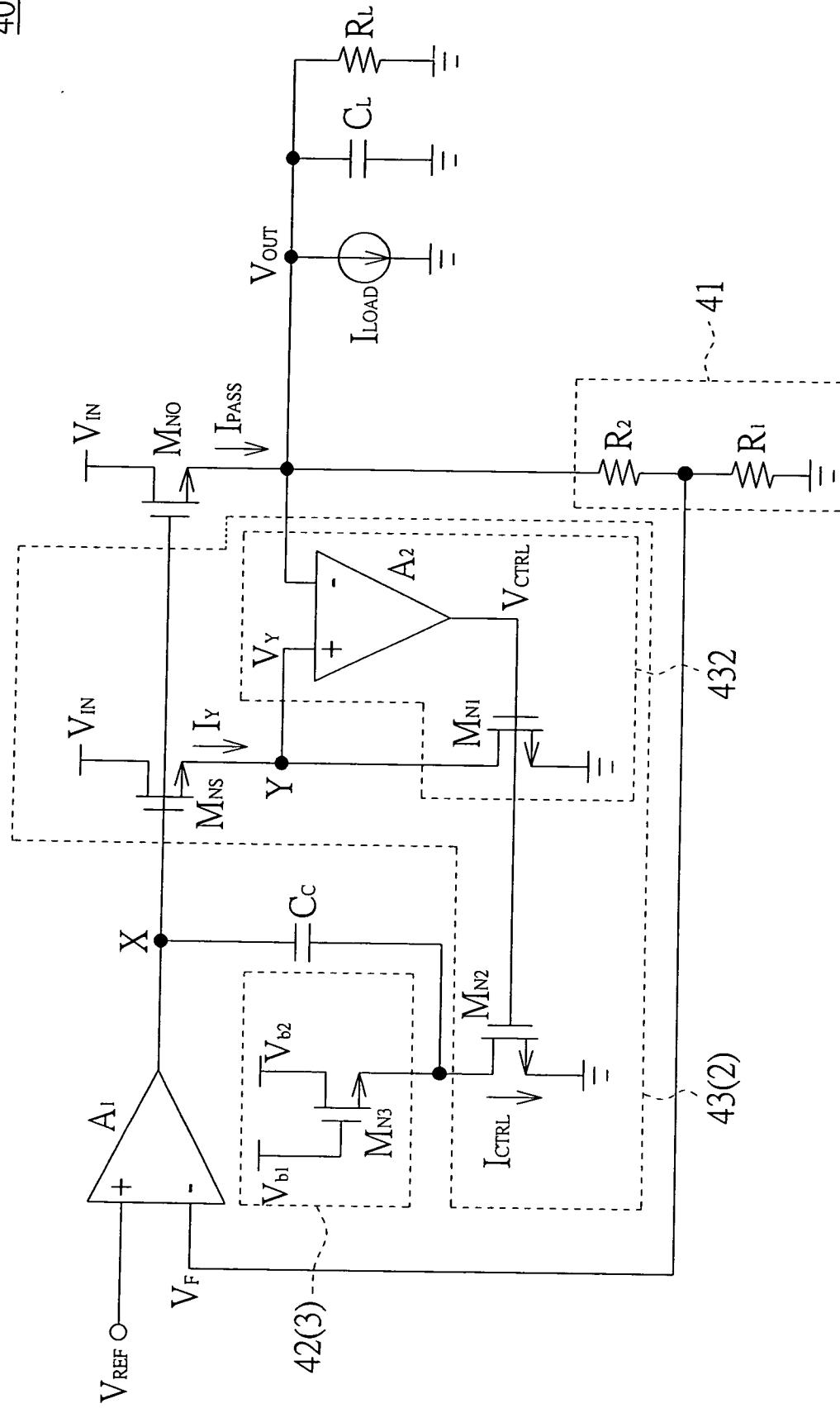
第 5 圖

40(2)



第 6 圖

40(3)



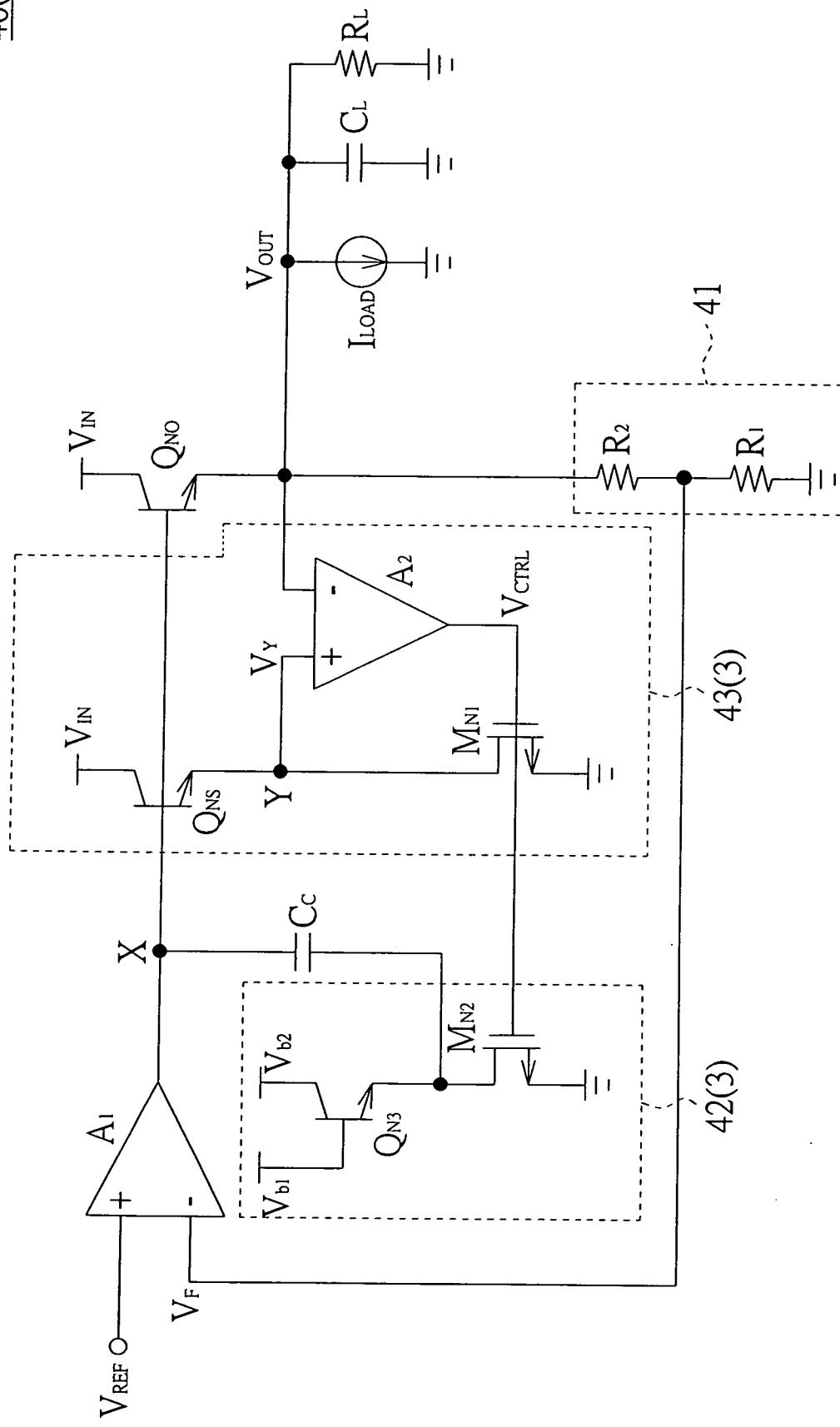
第 7 圖

41

432

43(2)

40(4)



第 8 圖

41

43(3)

42(3)

40(5)

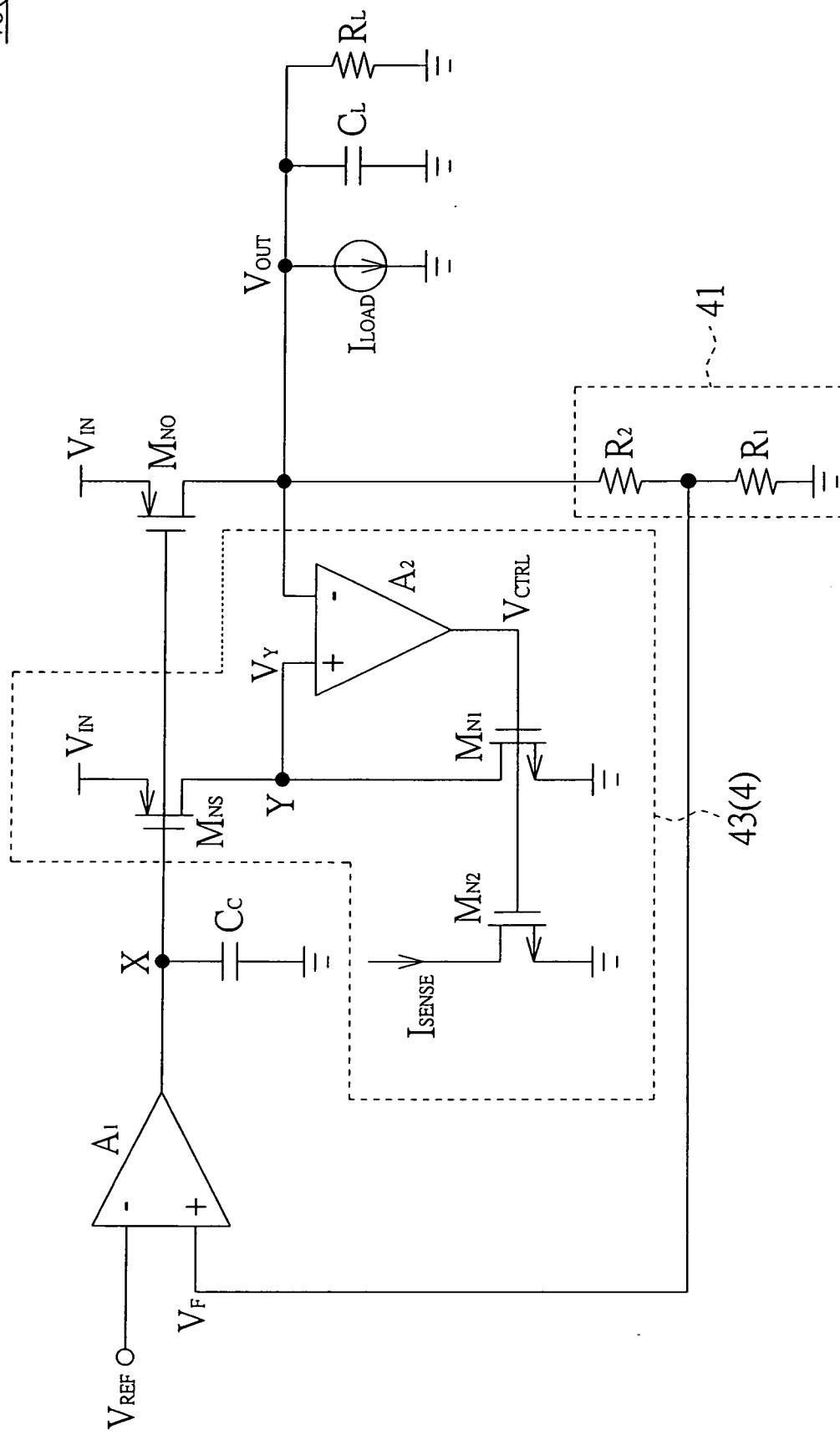
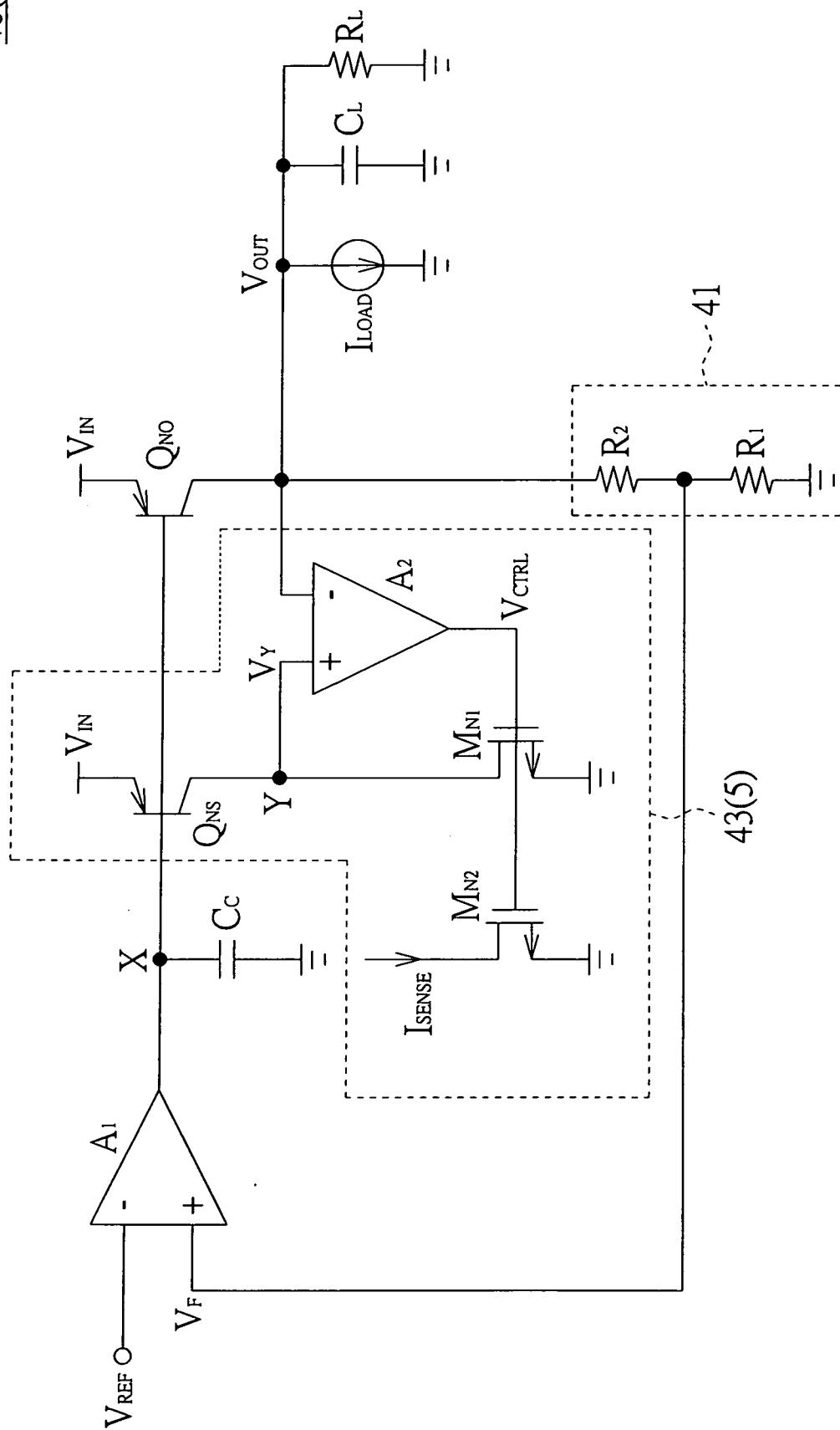


圖 9 第

40(6)

第 10 圖

41

43(5)