

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：96131731

※申請日期：2007年8月27日

※IPC分類：

G05F 3/22 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

能隙電壓及電流參考

BANDGAP VOLTAGE AND CURRENT REFERENCE

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商·線性科技股份有限公司

Linear Technology Corporation

代表人：(中文/英文)

達斯金羅伯特

DOSKIN, ROBERT

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州梅爾皮塔斯市麥卡錫大街1630號

1630 McCarthy Boulevard, Milpitas, CA 95035-7417, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國/USA

三、發明人：(共1人)

姓名：(中文/英文)

1. 多柏金羅伯特 C/DOBKIN ROBERT C.

國籍：(中文/英文)

1. 美國/USA

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：

美國；2007年3月30日；11/731,279

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】

本發明是有關於電子參考電路。更特別地，本發明是有關於提供一實質上固定輸出電流的能隙參考，而此者可用來作為電壓或電流參考。

【先前技術】

能隙電壓參考多年來既經廣泛地運用在許多電子應用項目。能隙電壓參考之目的是為以在一相當寬廣的溫度範圍上提供一實質上固定且穩定的電壓。此等參考構成像是類比至數位及數位至類比轉換器、鎖相迴路、電壓調節器、比較電路等等之眾多常用電路的一個重要部分。

在該能隙參考之後的基本原理即為眾知而與一些半導體接合相關聯的電壓降。例如，一矽質 p-n 接合，像是射極-基極接合雙極電晶體，可具有一約 0.6 伏特的前向導電特徵（亦即電壓降）。有可能根據此已知物理導電性質建構出一基本電壓參考電路。例如，可串接一或更多個此等 p-n 接合，藉以構成一具有一預定且穩定輸出電壓的電壓參考電路。例如，串接兩個矽質二極體可提供一經調節 1.2 伏特輸出，串接三個矽質二極體可提供一經調節 1.8 伏特輸出等等。

前述組態雖確能提供一穩定參考電壓，然眾知半導體接合的前向導電特徵會隨著溫度而改變。隨著溫度升高，該前向電壓降變化，造成一負性溫度係數，這會不樂見地

改變輸出電壓。同樣地，當溫度落降，該前向電壓降也會變化，造成一正性溫度係數，而雖具相反效果，這也會不樂見地改變輸出電壓。

既已提出經改良的能隙電壓參考，這些是運用各種補償法則，以嘗試在一寬廣溫度範圍上將輸出電壓正範化。此等能隙可電路為電晶體式，並且其運作原理係按照藉該熱電壓之正性溫度係數（亦即藉 $V_{Thermal} = k*(T/q)$ ，其中 k 為波茲曼常數， T 為按凱式度數的絕對溫度，並且 q 為電子電荷），以補償一雙極電晶體之基極-射極電壓 (V_{BE}) 的負性溫度係數。一般說來，該基極-射極電壓 V_{BE} 的負性溫度係數被加總於該熱電壓 $V_{Thermal}$ 的正性溫度係數，此者可經適當地比例調整，使得該所獲加總能夠在一相當寬廣的溫度範圍上提供一微小或可忽略溫度係數。

更特別地，一參考電壓通常是藉由合併兩個具有相等或相反溫度係數 (TC) 的所產生電壓而獲得。其中一者為一前向偏壓雙極電晶體 Q_{REF} 的基極-射極電壓 (V_{BE})，此者具有一約 $-2 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ 的 TC。此電壓被稱為互補於絕對溫度電壓 (V_{CTAT})，並且可表如下式：

$$(1) V_{CTAT} = V_{BE}(T_R) - V_{GO} - [(V_{GO} - V_{BE}(T_0)) * (T/T_0)] + [(kT/q) * (n-m) * \ln(T/T_0)]$$

其中 V_{GO} 為在 0°K 處的經外插能隙電壓，而 n 與 m 為分別地表示行動性之溫度變異性與集極電流的製程相關參數。 T_0 為在測量該 V_{BE} 處之溫度， T 為凱式溫度， k 為波茲曼

常數， q 為在電子上的電荷，並且 $V_{BE}(T_R)$ 為在該參考溫度 T_R 處的基極-射極電壓。

為產生該能隙，參考電路通常運用兩組運行於不同電流密度的電晶體。例如，一組電晶體通常是運行於約十倍於另一組者的電流密度。這可令以在這兩群組之基極-射極電壓間產生一 60mV 差。此電壓差通常會被放大一個約十的因數，並且加入至該基極-射極電壓內。這兩個電壓的加總通常可達約 1.22 伏特，而此者基本上為該矽質的能隙。

第 1 圖顯示一種典型的先前技藝能隙電路 100。該能隙電路 100 一般含有一 NPN 電晶體 160，此者係按一相對高密度運行。而 NPN 電晶體 170 則是按一較低密度運行，從而在該電晶體 170 之射極處的電壓約為 60 mV。此電壓係經施加跨於該電晶體 150 上，並經提高一電阻器 140 對電阻器 150 的比例。若該比例約為十比一，則該電壓位準向上提升至約 600 mV。此電壓被加到該 NPN 電晶體 160 的基極-射極電壓，而產生一約 1.22 伏特的總電壓。然後該電晶體 180 透過電晶體 125 及 190 將該錯誤信號放大，此者可提供足夠增益，藉以在 1.22 伏特處於節點 $V+$ 與 $V-$ 之間分路調節該輸出電壓。

然而，此傳統能隙電路通常是關聯於提供一實質上固定輸出電壓。此外，在傳統能隙電路內的輸出電壓係根據一些電晶體導電特徵、電流增益(亦即 β 值)而定，並因此受到因製程及其他關聯於實體實作之變異性所致生的變化所影響。同時，此等參考的最小輸出電壓約為一個能隙，

或 1.22 伏特。從而，有鑒於前揭說明，會希望提供能夠克服這些及其他缺點的經改良參考電路。

【發明內容】

因此，本發明之一目的即為，至少部分地藉由提供一實質上固定輸出電流，而非電壓，並且根據一些物理製程特徵以降低或輸出電流變異性，提供改良電子參考電路的效能的電路及方法。

在本發明之一具體實施例裡，該能隙參考電路係經組態設定以提供一實質上固定輸出電流，該能隙參考包含一參考產生器電路，該參考產生器電路包含一第一電晶體，此者運行於一第一預定電流，一第二電晶體，此者運行於一第二預定電流，其中該第一電流係實質上由該第二電流減去一第三預定電流所定義；以及一輸出電路，此者係經耦接於該參考產生器電路，而提供與該第二預定電流成正比的實質上固定輸出電流。

在本發明之另一具體實施例裡，提供有一能隙參考電路，此者產生一實質上固定輸出電流並且含有一參考產生器電路，此產生器電路可在溫度變化時產生一實質上固定輸出電流；一輸出電路，此者可基於該參考產生器的輸出電流提供該實質上固定輸出電流；以及一調節器電路，此者係經耦接於該參考產生器電路和該輸出電路，該調節器電路構成一回饋迴路，此迴路可控制該輸出電路的輸出電流為實質上固定且與該參考產生器電路的輸出電流成正

比。

本發明之另一具體實施例為針對於一種提供一實質上固定輸出電流的方法，其中包含在一參考產生器電路內藉一第一電晶體產生一第一預定電流；在一參考產生器電路內之藉一第二電晶體產生一第二預定電流，其中該第一預定電流係實質上由該第二電流減去一第三預定電流所定義；以及基於該第二預定電流，藉一輸出電路以提供該實質上固定輸出電流。

【實施方式】

第 2 圖中顯示一根據本發明原理所建構之一能隙參考電路 200 具體實施例的區塊圖。即如圖示，該參考電路 200 一般說來含有一偏置電路 202、一參考產生器電路 208 及一調節電路 209。操作上，可啟動該偏置電路 202 以使得此者將電流提供至該參考產生器電路 208 及該調節電路 209，將該參考電路 200 設為「啟動(ON)」。此啟動作業可為根據一電力連接而自動進行，或者可視需要而選擇性地致動。

在一開動時段後，該參考電路 200 觸抵穩定狀態並可按如下方式運作。該參考產生器電路 208 收到來自該偏置電路 202 的電流，並且將一或更多輸出(即如電流)提供至該調節器 209，而此等電流可在一延長溫度範圍上維持實質上固定。這可透過利用本揭各種溫度補償技術而達成。該調節器 209 可相對於一由該偏置電路 202 所提供之軌線

電流或偏置電流以對此信號進行比較或另評估，藉以產生一差值信號或是其他的控制信號，而該信號可調節該參考電路 200 的輸出。

此控制信號可用來作為一回饋迴路的一部分，藉以調節該調節器 209 的輸出信號(及/或驅動其他產生一輸出信號的元件，而該輸出信號係相對於一偏置信號而與該參考產生器電路 208 的輸出信號相等或正比)。此排置可讓該參考電路 200 能夠維持一固定輸出信號，即使是一不良額定或波動性的電力來源或偏置信號亦然。

此外，該調節器 209 可經組態設定以提供一些對於在該參考產生器電路 208 內之電路的校正功能。例如，即如圖示，該參考產生器電路 208 可為利用像是雙極電晶體之一或更多半導體裝置所建構。而產生前述的實質上固定輸出信號可能涉及到利用位在該參考產生器電路 208 裡，體驗到與元件之操作條件相關聯的電壓或電流降的多項元件或網絡。這些變化可能將錯誤引入至該電路 208 的一些局部內。可將該調節器 209 耦接於此電路，藉以校正或另補償此等錯誤。

在一些具體實施例裡，該調節電路 209 可經組態設定作為一緩衝器或其他放大器，而其輸出信號則用來作為該參考 200 的輸出(未以圖示)。在此情況下，可或無須將對該調節器 209 之輸入信號與一偏置或其他電力信號加以比較。同時，在此等具體實施例裡，可無須將該調節器 209 的輸出提供至該偏置電路 202，而可直接地用來驅動其他

的電路或元件(即如像是外部電路或其他元件)。

然而，在其他具體實施例裡，該調節器 209 可將其輸出提供至該偏置電路 202，此者可用以驅動該偏置電路及/或一些輸出電路，藉以產生一實質上穩定參考信號 I_{OUT} (後文中進一步詳細討論)。在此等具體實施例裡，該偏置電路及該輸出電路可共享一共同驅動信號，這可獲致該等電路的相同或類似操作條件，而讓該參考 200 能夠維持一實質上固定輸出信號，即使電力供應波動亦然。此外，在一些具體實施例，若是希望產生一在 I_{OUT} 上經偏置之參考電壓 V_{OUT} ，則該參考電路 200 可含有一選擇性的精準電阻器 250。

現參照第 3 圖，其中顯示一種根據本發明原理所建構的可能特定實作 300。該電路 300 在多項特點方面是類似於第 2 圖所述之電路，並且概略含有既已按類似方式所標號俾表註相仿功能性與一般對應性的元件及功能區塊。例如，該電路 300 含有一偏置電路 302 (第 2 圖內的偏置電路 202)、一參考產生器電路 308 (第 2 圖內的參考電路 208) 以及一調節電路 309 (第 2 圖內的調節器 209)。

即如圖示，該偏置電路 302 可含有 PNP 電晶體 325、330、335、340 及 345。在此範例裡，該等電晶體係經圖示為雙極接合電晶體 (BJT)，然而，若有需要確可使用其他的適當半導體裝置，像是 p-通道 FET。在此具體實施例裡，該電晶體 340 係經描繪為一經二極體連接之電晶體，此者係透過電阻器 316 而連接於接地，並且用來作為「開動電

路」以在該電路 300 內開始導電。不過，若有需要確可利用其他的適當開動電路。即如圖示，該等偏置電晶體可經偏置連接於另一者，構成一電流映鏡且具有類似大小。然而，在其他具體實施例裡，該電晶體 325 可些略大於其他者（即如在面積上大於四倍），藉此將額外電流提供給該參考產生器電路 308 的多個局部。

操作上，當將電流來源 301 施加於該偏置電路 302 內之 PNP 電晶體的共同射極節點時，被連接至該電晶體 340 的二極體開啟 (ON)，並且將一驅動信號施加於該等電晶體 325、330、335 及 345 的共同基極而開啟 (ON)。這可開啟該偏置電路 302，因此將電流提供至該參考產生器電路 308 及該調節電路 309，亦將該等開啟 (ON)。由於該輸出電晶體 345 係經連接於該偏置電路 302 內其他電晶體的基極，因此其集極輸出將鏡映由在該電路 302 裡其他具類似大小之電晶體所提供的電流。

即如第 3 圖所示，該參考產生器電路 308 可含有 NPN 電晶體 305 及 306、電阻器 303、304 及 307。一般說來，該等電晶體 305 及 306 可運作，使得該等能夠在該電晶體 306 之射極處產生一實質上固定電壓，這又會跨於該電阻器 307 上產生一實質上固定電流。因此，可將流經該 PNP 電晶體 330 的電流調節至與流經該電晶體 306 的電流（加上一偏置電流校正因數）實質上相同。這可令流經該電晶體 345 的電流鏡映跨於該電阻器 307 上所發展出的電流，如此可在其集極處產生實質上固定的輸出電流 I_{OUT} 。

更詳細地說，該參考產生器電路 308 可按如下方式運作。該等電晶體 305 及 306 可經建構而使得於兩者之間存在有一顯著的大小差值，並因此在其個別電流密度間有一顯著差值(即如該電晶體 306 的大小可為十倍於該 305)。此差值提供一正比於絕對溫度的成分，或是展現一正性溫度係數。這可藉由該等電晶體 305 及 306 之基極-射極電壓內的差值所表示，且可表如下列等式(2)：

$$(2) \Delta V_{BE} = (kT/q) * \ln(J_1/J_2)$$

其中 k 為波茲曼常數， T 為按 K 式度的絕對溫度， q 為電子電荷， J_1 該電晶體 305 的為電流密度，而 J_2 該電晶體 306 的為電流密度。

該參考產生器電路 308 之另一局部可含有一放大元件，此者可藉該 NPN 電晶體 305 以及該等電阻器 303 和 304 所建構。此放大局部可為根據該等電阻器 303 和 304 以及該電晶體 305 之 V_{BE} 的比例，而按如一 V_{BE} 乘法器所建構。

如此，在操作上，經提供至該 NPN 電晶體 305 之集極的電流可令其射極-基極電壓跨於該電阻器 304 上而經印記。經過該電阻器 304 的電流流經該電阻器 303，此者可跨於該電阻器 303 上產生一與該電阻器 303 對該電阻器 304 之比例成正比的電壓，以及該 NPN 電晶體 305 的 V_{BE} 。即如圖示，此電壓被施加於該電晶體 306 的基極，並因此

跨於該電阻器 307 上之所獲電壓為一該電晶體 306 之 V_{BE} 電壓，再加上因該 NPN 電晶體 305 對該電晶體 306 之面積比例而致生的射極-基極電壓差值之組合。因此，在該 NPN 電晶體 306 之集極內的電流是等於在其射極內的電流減去其基極電流。

藉此組態，若是利用已知技術(即如鑒於電晶體 303 及 304 的面積比)以適當地選定該電阻器 303 的值，則跨於該電阻器 307 上的電壓將在一延長溫度範圍上維持固定。即如前文解釋，當溫度變化時，該等電晶體 305 及 306 並不會運作於一固定的電流密度比。該電晶體 305 是按與該電晶體 325 實質上相同的電流減去流經該等電阻器 303 及 304 的電流而運作。這項電流降低(此者與 V_{BE} 成正比)會隨著溫度而改變(即如通過該等電阻器之電流般)，並因此提供對於第二階錯誤的補償(有時稱為「曲線補償」)。若有需要，可藉由調整流經該等電阻器 303 及 304 之電流相較於流經該電晶體 305 之電流的比例，來更改所提供的補償量。

由於跨於該電阻器 307 的電壓係實質上固定，流經該電阻器 307 的電流亦為實質上固定。然而，在該電晶體 306 之集極處的電流是較在其射極處的電流低於一其基極電流之值。因此，由該電晶體 306 自該電晶體 330 所汲取的電流並不會完全地反映出在該電阻器 307 內的電流，且因此將一錯誤因數引入到該參考電路 300 內。

可藉由將在該調節電路 309 內之電晶體 315 的基極耦

接至該電晶體 306 之集極以校正此項錯誤因數。若該等電晶體 306 及 315 係經建構使得該等具有實質上相同大小，並且運作於實質上相同電流，則可由該電晶體 315 將自該電晶體 306 之集極處損失的基極電流增入到該電路內。藉此校正，自該電晶體 330 所汲取的電流實質上等於經過該電阻器 307 的電流。這可使得從該電晶體 306 鏡映至該電晶體 345 的電流為實質上等於在該電阻器 307 內的電流。

即如第 3 圖所示，該調節電路 309 可包含 NPN 電晶體 315 及 PNP 電晶體 320。在操作上，此電路可作為一回饋迴路，而該電晶體 315 驅動該電晶體 320 的基極作為一分路調節器，藉以維持該電晶體 330 的電流實質上等於在該電晶體 306 之集極處的電流。因此，經過該等電晶體 325、335、340 及 345 的鏡映電流亦可隨溫度變異而保持為實質上固定。通過在該偏置電路 302 內之鏡映的電流可改變以匹配於在該電晶體 330 內的電流，這是由於在該電阻器 316 內的電流會因跨於該調節迴路上的電壓而改變。該調節器 309 亦可建立在該電晶體 306 之集極處的電壓。按此方式，該參考 300 可供以強固地拒絕偏置波動，並且提供一在延長溫度範圍上為實質上固定的輸出電流。

在本發明的一些實作裡，或會希望裁修一些元件以確保該參考 300 的輸出電流是在可接受容忍程度內。在此情況下，可能希望在製造處理及該測試參考 300 內的某點處，且若有必要，對該電阻器 307 的值進行裁修，以確保輸出正確度或建立一所欲電流值。此外，裁修該電阻器 307

以設定在由該調節電路 309 所建立之回饋迴路內的輸出電流亦可改變在該等電晶體 305 及 306 內的電流。此一按如裁修電阻器 307 之函數的電流變化可有助於保持該等電晶體運作於大約相同的電流密度，因此該輸出電流裁修處理會對該參考 300 的溫度係數產生最小影響。

該參考 300 之一額外優點在於該等電晶體 325、330 及 335 可運作於實質上相同的集極電壓。由於該等電晶體 325 及 330 運作於實質上相同的集極至基極電壓，因此可達到較佳的匹配結果。此外，若利用該電晶體 345 的集極以驅動一電阻器於接地俾獲得一固定輸出電壓，則該等電晶體 330 及 345 的集極至基極電壓亦約為相等。將可瞭解該電晶體 345 雖經描繪為該偏置電路 202 的一部分，然其主要功能係為對於該參考 300 提供輸出電流，並因此可被視為是一輸出電路。

再者，在一些具體實施例裡或會希望引入額外元件，藉以降低或消除某些與製程變異性相關聯的不欲效應，像是電晶體基極寬度變異，這可造成一些即如電流增益(β 值)及/或 V_{BE} 之導電特徵上的變化。一種可達此目的之方式是藉由在該電晶體 305 之集極與該電晶體 306 之基極間引入選擇性的電阻器 310 (圖中按虛線所示)。若獲得該選擇性電阻器 310 的適當值，則可將 β 變異性的影響最小化或予顯著抵消。然而，這或會要求裁修(或精確地製造)該電阻器 310。

前文中對於該等電晶體 305 及 306 之 β 變異性也會對

其 V_{BE} 造成變化。此外，該電晶體 305 的基極電流流經其相關偏置網絡的電阻(即如該等電阻器 303 及 304 的平行電阻)，而對該輸出電流增加一溫度漂移成分。

在 V_{BE} 內的變化會改變該參考產生器電路 308 的溫度漂移。對於許多製造處理而言，一 NPN 電晶體的基極電流具有一負性溫度係數(即如當溫度降低時即提高)。可利用該電晶體 305 的基極電流，以及其相關的溫度係數，以在當 β 隨著製程而改變時，將在該參考產生器 308 之漂移上的變動最小化。溫度係數因 V_{BE} 變動而產生的變化是與自該電晶體 305 之基極電流的漂移變化相反。可藉由增置一串連於該電晶體 305 基極之選擇性電阻器 346 以獲得額外的補償。

而相較於流經該等電阻器 303 及 304 之基極電流在當溫度改變時的影響，該選擇性電阻器 310 對漂移是具有相對的效應。增置此選擇性電阻器 310 可令該參考產生器電路 308 的漂移實質上與該 β 或基極電流無關。然而，將會出現在漂移 V_{BE} 至 V_{BE} 變異上的變化。該電晶體 305 的基極電流會被該電晶體 306 的基極電流所實質上抵消。

現參照第 4 圖，其中顯示一根據本發明原理所建構之另一特定實作 400。該電路 400 在多項特點方面是類似於第 3 圖所述之電路，並且概略含有既已按類似方式所標號俾表註相仿功能性與一般對應性的元件及功能區塊。例如，該電路 400 含有一偏置電路 402 (第 3 圖內的偏置電路 302)、一參考產生器電路 408 (第 3 圖內的參考電路 308)

以及一放大器電路 409 (第 3 圖內的放大器 309)。

即如圖示，該參考 400 可按與該參考 300 實質上相同的方式運作，而例外是放大器電路 409 及二極體 408。操作上，該二極體 408 及該電阻器 419 可在當將一偏置電流施加於其陽極時設定該電晶體 406 上的集極電壓。該放大器 415 可驅動該偏置電路 402，藉以控制該等電晶體 425、430 及 445 的集極電流。

即如圖示，該電路 400 含有一放大器電路 409，同時並不運作於如第 3 圖中所示的分路拓樸。藉此排置，該參考產生器電路 408 的輸出會與該電晶體 430 的集極電流相比較(在該放大器 415 之非反置輸入處)。該放大器 415 比較該參考產生器電路 408 的輸出與由該偏置電路 402 所提供的電流。而在一回饋迴路中可利用該等電晶體 406 與 430 之集極電流間的差值，來調節由該偏置電路 402 所產生的電流。此排置可讓該參考電路 400 能夠在供應電壓改變而維持一固定輸出電流。

現參照第 5 圖，其中說明一根據本發明原理所建構之另一特定實作 500。該電路 500 在多項特點方面是類似於第 3 及 4 圖所述之電路，並且概略含有既已按類似方式所標號俾表註相仿功能性與一般對應性的元件及功能區塊。例如，該電路 500 含有一參考產生器電路 508 (第 3 圖內的參考電路 308)以及一放大器電路 509 (第 3 圖內的放大器 309)。

即如第 5 圖內所示，該參考產生器電路 508 可含有 NPN

電晶體 505 和 506，以及電阻器 503、504、507、510、516 及 546。類似於該電路 300 的參考產生器 308，該等電晶體 505 及 506 可運作以使得該等在該電晶體 506 之射極處產生一實質上固定電壓，此者又會跨於該電阻器 507 上產生一實質上固定電流。該放大器電路 509 匹配於該電晶體 506 的集極電流，此電流可用以驅動 PNP 電晶體 535 及 545，而提供該實質上固定輸出電流 I_{OUT} (後文中詳細討論)。

更詳細地說，該等電晶體 505 及 506 可經建構以使得在其個別電流密度上有一顯著差異(即如該電晶體 506 比起該電晶體 505 是運作於一較低電流密度)，這可提供一與絕對溫度成正比或者是展現一正性溫度係數的成分。

操作上，經提供至該電晶體 505 之集極的電流令其射極-基極電壓被跨於該電阻器 504 之上而印記。通經該電阻器 504 的電流流經該電阻器 503，此者可跨於該電阻器 503 上產生一與該電阻器 503 對該電阻器 504 之比例成正比的電壓，以及該電晶體 505 的 V_{BE} 。即如圖示，若有需要可增置一選擇性電阻器 546，此者可產生一額外電壓降，然在偏置電流波動的情況下可提供經改良的拒除結果(並且若有需要可將其增置於該等電路 308 及 408 內)。

從而，跨於該電阻器 507 上的所獲電壓為該電晶體 505 之 V_{BE} 電壓部分，加上因該電晶體 505 對該電晶體 506 之面積比例而產生之射極-基極電壓差值的組合。在該電晶體 506 之集極內的電流等於在該射極內的電流減去其基極電流。若有需要亦可增置一選擇性電阻器 516，藉以在該偏

置電流改變的情況下提供更穩定的集極電壓。

藉此組態，若利用已知技術選定該電阻器 503 的值，則跨於該電阻器 507 上的電壓將在一延長溫度範圍上維持固定。即如前述，該等電晶體 505 及 506 在溫度改變時並不運作於一固定電流密度比。該電晶體 505 運作於一與該電晶體 525 減去經過電阻器 503 及 504 之電流實質上相同的電流。這項電流減低（此與 V_{BE} 成正比）會隨溫度而改變，並因此提供對於第二階錯誤的補償結果。若有需要，可藉由調整流經該等電阻器 503 及 504 之電流對流經該電晶體 505 之電流的比例來更改所提供的補償量。

由於跨於該電阻器 507 上的電壓為實質上固定，因此經過該電阻器 507 的電流亦為實質上固定。然而，在該電晶體 506 之集極處的電流是較在其射極處的電流為低一其基極電流值。因此，由該電晶體 506 自該電晶體 535 所汲取的電流並不完整地反映出在該電阻器 507 內的電流，且因此將錯誤因數引入到該參考電路 500 內。

不過，可藉由將在該放大器電路 509 內之電晶體 511 的基極耦接至該電晶體 506 的集極以校正此一錯誤因數。若該等電晶體 506 及 511 係經建構以使得具有實質上相同的大小，並且運作於實質上相同的電流，則可由該電晶體 511 將自該電晶體 506 之集極損失的基極電流增入到該電路內。藉此校正作業，自該電晶體 535 所汲取的電流係實質上等於經過該電阻器 507 的電流。從而，從該電晶體 506 鏡映至該電晶體 545 之電流會實質上等於在該電阻器

507 內的電流。

即如第 5 圖所示，該電路 500 含有一放大器電路 509，而具有電晶體 511 - 514、516 - 517，電阻器 531 - 534 以及電容器 536。操作上，該等電晶體 511 及 512 (大小上可為相同或類似) 收到來自一偏置電壓 V_B 以及該電晶體 506 之集極的輸入。該等電晶體 511 及 512 可構成一差分放大器 (被經連接於該等電晶體 513 及 514 的二極體所偏置)，此者可設定在該電晶體 506 之集極上的電壓，而此電壓則實質上等於在該電晶體 512 之基極處所施加的偏置電壓 (根據在該電晶體 512 之集極處的單一末端輸出)。

連接有二極體的 NPN 電晶體 516 驅動該該等電晶體 525、535 及 545 的共同基極 (相對於該電晶體 517 的射極)，使得該電晶體 535 的集極電流實質上匹配於該電晶體 506 的集極電流。若該等電晶體 506 及 511 運行於大約相同的操作電流，則該電晶體 511 的基極電流可補償在該電晶體 506 內之基極電流的損失。此電路可調節經過該等 PNP 電晶體 535 及 545 的電流，藉以提供一實質上固定的電流 I_{OUT} ，即使電力供應和溫度變化亦然。在一些具體實施例裡，為獲該能隙電路 500 的最佳調節結果及正確度，在該電晶體 545 之集極處的電壓應與在該電晶體 535 上之集極電壓大約相同。

此外，即如第 5 圖所示，該電壓參考 500 可包含由該等 NPN 電晶體 518、519 及 521，並連同電流來源 522，所構成的偏置電路。操作上，經連接有二極體之電晶體 521

會在當自該電流來源 522 提供電流時開啟為「ON」，並且將電壓提供至該等電晶體 518 及 519 的基極，將該等開啟為「ON」。這些電晶體可作為對該放大器電路 509 的偏置電路，並且設定該參考 500 的操作範圍。

將瞭解不同於該電路 300，該電路是自一電壓來源，然非一電流來源，而運作。如第 3 圖所示之電路係一分路調節器，而由一電流 301 所驅動。該電路 500 則是利用電壓來源 V_{IN} ，並且具有調節電路，而此者能夠有效地拒絕供應變異性。

雖既已揭示本發明之較佳具體實施例而各式電路係連接於其他電路，然熟諳本項技藝之人士將能瞭解該等連接並非必要地應為直接，而是可在所示連接電路間互連以額外電路，然不致悖離如圖所示之本發明精神。熟諳本項技藝之人士亦將能夠瞭解確可藉由除經特定描述之具體實施例以外的方式實作本發明。所述具體實施例係為說明，而非限制，之目的所呈現，同時本發明僅受限於後載申請專利範圍。

【圖式簡單說明】

當考量到前載詳細說明，併同於隨附圖式，本發明之前述及其他目的與優點可為顯見，其中全篇裡類似參考編號是指相仿部分，並且其中：

第 1 圖係一先前技藝能隙參考電路的略圖；

第 2 圖係一根據本發明原理所建構之參考電路具體實

施例的一般化區塊圖；

第 3 圖係一根據本發明原理所建構之另一參考電路具體實施例的略圖；

第 4 圖係一根據本發明原理所建構之另一參考電路具體實施例的圖式；以及

第 5 圖係一根據本發明原理所建構之另一參考電路具體實施例的進一步詳細圖式。

【主要元件符號說明】

- 100 先前技藝能隙電路
- 110 電阻器
- 125 電晶體
- 130 電阻器
- 135 電流來源
- 140 電阻器
- 145 電容器
- 150 電晶體
- 155 電流來源
- 160 電晶體
- 170 電晶體
- 180 電晶體
- 190 電晶體
- 200 能隙參考電路
- 202 偏置電路

- 208 參考產生器電路
- 209 調節電路
- 300 能隙參考電路
- 301 電流來源
- 302 偏置電路
- 303 電阻器
- 304 電阻器
- 305 電晶體
- 306 電晶體
- 307 電阻器
- 308 參考產生器電路
- 309 調節電路
- 310 電阻器
- 315 電晶體
- 320 電晶體
- 325 電晶體
- 330 電晶體
- 335 電晶體
- 340 電晶體
- 345 電晶體
- 346 電阻器
- 400 能隙參考電路
- 402 偏置電路
- 403 電阻器

- 404 電阻器
- 405 電晶體
- 406 電晶體
- 407 電阻器
- 408 參考產生器電路
- 409 放大器電路
- 410 電阻器
- 415 放大器
- 418 電阻器
- 419 電阻器
- 425 電晶體
- 430 電晶體
- 445 電晶體
- 446 電阻器
- 500 能隙參考電路
- 503 電阻器
- 504 電阻器
- 505 電晶體
- 506 電晶體
- 507 電阻器
- 508 參考產生器電路
- 509 放大器電路
- 510 電阻器
- 511 電晶體

- 512 電 晶 體
- 513 電 晶 體
- 514 電 晶 體
- 515 電 阻 器
- 516 電 阻
- 517 電 晶 體
- 518 電 晶 體
- 519 電 晶 體
- 521 電 晶 體
- 522 電 流 來 源
- 525 電 晶 體
- 531 電 阻 器
- 532 電 阻 器
- 533 電 阻 器
- 534 電 阻 器
- 535 電 晶 體
- 536 電 容 器
- 545 電 晶 體
- 546 電 阻 器

五、中文發明摘要：

茲提供改良參考電路之效能的電路及方法。一參考產生器電路在一延長溫度上維持一實質上固定輸出電流，藉以用來作為一參考。可將由不良額定 (specified) 電力來源或製程變異性所造成的輸出電流波動最小化或消除。

六、英文發明摘要：

Circuits and methods that improve the performance of reference circuits are provided. A reference generator circuit maintains a substantially constant output current over an extended temperature for use as a reference. Output current fluctuations caused by a poorly specified power source or process variations are minimized or eliminated.

十、申請專利範圍：

1. 一種能隙參考電路，此者經組態設定以提供一實質上固定輸出電流，其中該能隙參考電路包含：

一參考產生器電路，此者包含：

一第一電晶體，此者運行於一第一預定電流；

一第二電晶體，此者運行於一第二預定電流，其中該第一電流係實質上由該第二電流減去一第三預定電流所定義；以及

一輸出電路，此者係經耦接於該參考產生器電路，而提供與該第二預定電流成正比的實質上固定輸出電流。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，其中該第二預定電流在當溫度變化時維持實質上固定。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，其中該第三預定電流係至少部分地由一偏置阻抗所定義。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，進一步包含一第三電晶體，此者經耦接於該參考產生器電路，使得由該第三電晶體所汲取之電流可對該參考產生器電路提供一校正因數。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，其中該

第三電晶體之一基極係經耦接於該第二電晶體之一集極，使得由該第三電晶體所汲取的電流提供一校正因數，該因數可補償一由該第二電晶體所引入的基極電流損失。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，進一步包含一第一基極阻抗，此者經耦接於該第一電晶體之一基極，該第一基極阻抗降低關聯於該第一電晶體實體實作之製程變異性的溫度係數之影響，使得該參考產生器電路的輸出電流在當溫度變化時維持實質上固定。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，進一步包含一第二基極阻抗，此者經耦接於該第二電晶體之一基極，該第二基極阻抗降低關聯於該第二電晶體實體實作之製程變異性之影響，使得該參考產生器電路的輸出電流之一溫度係數為實質上無關於因製程變異性而產生之電流增益的變化。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，進一步包含一射極阻抗，此者經耦接於該第二電晶體之一射極，使得該輸出電路的輸出電流為與該射極阻抗的電流成正比。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之能隙參考電路，其中該

輸出電路的輸出電流隨著該射極阻抗改變而變化。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之能隙參考電路，其中可藉由裁修 (trimming) 該射極阻抗以建立該輸出電路的輸出電流或令該輸出電路的輸出電流更為精確。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之能隙參考電路，進一步包含一調節器電路，此者經耦接於該輸出電路及該參考產生器電路。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之能隙參考電路，其中該調節器電路係按如一分路調節器 (shunt regulator) 所組態設定。

13. 如申請專利範圍第 11 項所述之能隙參考電路，其中該調節器電路係按如一差分放大器所組態設定。

14. 如申請專利範圍第 11 項所述之能隙參考電路，其中該調節器電路控制該輸出電路的輸出電流為與該參考產生器電路之輸出電流成正比。

15. 如申請專利範圍第 11 項所述之能隙參考電路，其中該調節器電路包含一放大器及一回饋迴路，該放大器比較該

參考產生器電路之輸出電流與一偏置電流，並且根據該比較產生一差值信號，而該差值信號控制該輸出電路的輸出電流，使得該輸出電路的輸出電流為實質上等於該第二預定電流。

16. 如申請專利範圍第 11 項所述之能隙參考電路，其中該調節器電路包含一放大器及一回饋迴路，該放大器比較該參考產生器電路之輸出電流與一偏置電壓，並且根據該比較產生一差值信號，而該差值信號控制經耦接於該參考產生器電路之一偏置電路的輸出電流，使得該偏置電路的輸出電流為實質上正比於該第二預定電流。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之能隙參考電路，其中該輸出電路的輸出電流及該偏置電路的輸出電流為實質上相等。

18. 一種能隙參考電路，此者經組態設定以提供一實質上固定輸出電流，該能隙參考電路包含：

一參考產生器電路，此者可在溫度變化時產生一實質上固定輸出電流；

一輸出電路，此者可根據該參考產生器的輸出電流提供該實質上固定輸出電流；以及

一調節器電路，此者係經耦接於該參考產生器電路和

該輸出電路，該調節器電路構成一回饋迴路，此迴路可控制該輸出電路的輸出電流為實質上固定，並且與該參考產生器電路的輸出電流成正比。

19. 如申請專利範圍第 18 項所述之能隙參考電路，其中該調節器電路係經耦接於該參考產生器，使得由該調節器電路所汲取的電流可對該參考產生器電路提供一校正因數。

20. 如申請專利範圍第 18 項所述之能隙參考電路，其中該參考產生器電路進一步包含：

一第一電晶體，此者運作於一第一預定電流；以及

一第二電晶體，此者運行於一第二預定電流，該第一電流係實質上由該第二電流減去一第三預定電流所定義。

21. 如申請專利範圍第 20 項所述之能隙參考電路，進一步包含一第一基極阻抗，此者經耦接於該第一電晶體之一基極，該第一基極阻抗降低關聯於該第一電晶體實體實作之基極寬度變異之影響，使得該參考產生器電路的輸出電流的一溫度係數在隨製程變異而維持實質上固定。

22. 如申請專利範圍第 20 項所述之能隙參考電路，進一步包含一射極阻抗，此者經耦接於該第二電晶體之一射極，使得該輸出電路的輸出電流與該射極阻抗的電流成正比。

23. 如申請專利範圍第 22 項所述之能隙參考電路，其中可藉由裁修該射極阻抗以建立該輸出電路的輸出電流或令該輸出電路的輸出電流更為精確。

24. 一種提供一實質上固定輸出電流的方法，該方法包含：

在一參考產生器電路內藉一第一電晶體產生一第一預定電流；

在一參考產生器電路內之藉一第二電晶體產生一第二預定電流，其中該第一預定電流係實質上由該第二電流減去一第三預定電流所定義；以及

基於該第二預定電流，藉一輸出電路以提供該實質上固定輸出電流。

25. 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，其中該第二預定電流在當溫度變化時維持實質上固定。

26. 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，進一步包含將一第三電晶體耦接於該參考產生器電路，使得由該第三電晶體所汲取之電流可對該參考產生器電路提供一校正因數。

27. 如申請專利範圍第 26 項所述之方法，進一步包含將該第三電晶體之一基極耦接於該第二電晶體之一集極，使得

由該第三電晶體所汲取的電流提供一校正因數，該因數可實質上補償該第二電晶體內的基極電流錯誤。

28. 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，進一步包含將一第一基極阻抗耦接於該第一電晶體之一基極，該第一基極阻抗降低關聯於該第一電晶體實體實作之基極寬度變異之影響，使得該參考產生器電路的溫度係數在當溫度變化時維持實質上固定。

29. 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，進一步包含將一射極阻抗耦接於該第二電晶體之一射極，使得該輸出電路的輸出電流為與該射極阻抗的電流成正比。

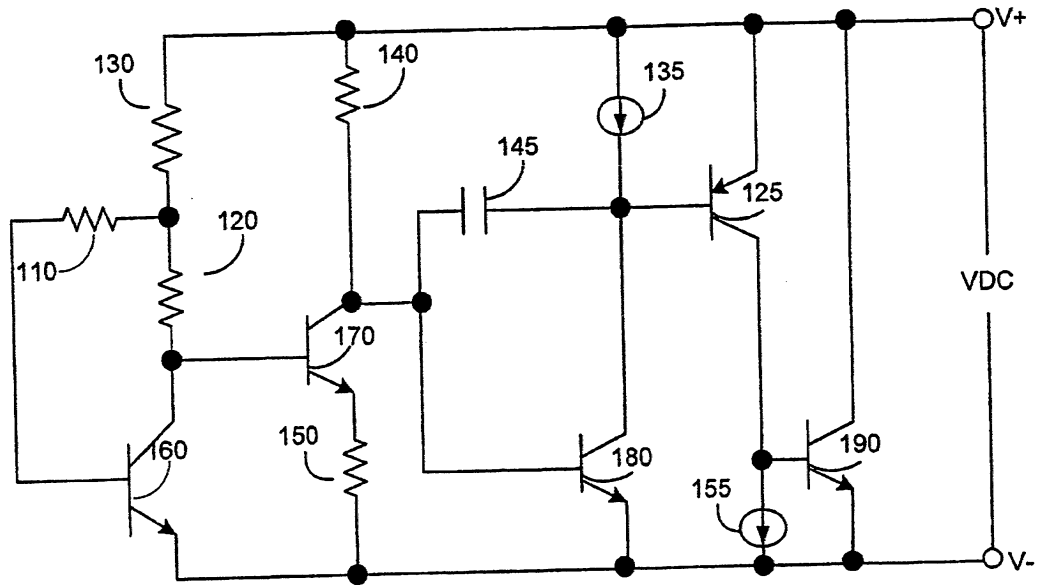
30. 如申請專利範圍第 29 項所述之方法，其更包含裁修該射極阻抗以建立該輸出電路的輸出電流或令該輸出電路的輸出電流更為精確。

31. 如申請專利範圍第 29 項所述之方法，進一步包含比較該參考產生器電路之輸出電流與一偏置電流，並且根據該比較產生一差值信號，而該差值信號控制該輸出電路的輸出電流，使得該輸出電路的輸出電流為實質上等於該第二預定電流。

32. 如申請專利範圍第 29 項所述之方法，進一步包含比較該參考產生器電路之輸出電流與一偏置電流，並且根據該比較產生一差值信號，而該差值信號控制一經耦接於該參考產生器電路之偏置電路的輸出電流，使得該偏置電路的輸出電流為實質上正比於該第二預定電流。

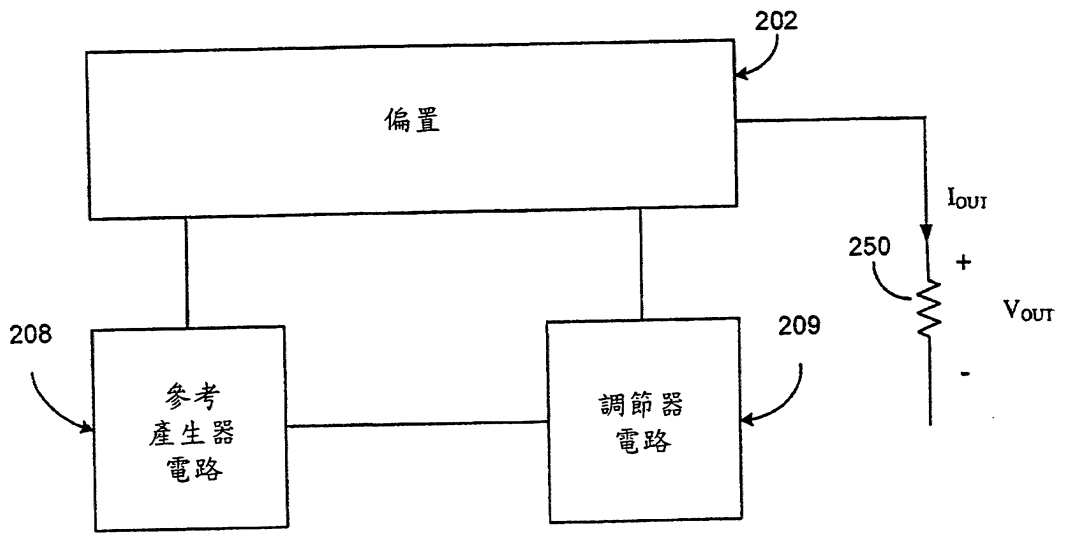
33. 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，進一步包含將一第二基極阻抗耦接於該第二電晶體之一基極，該第二基極阻抗降低關聯於該第二電晶體實體實作之製程變異性之影響，使得該參考產生器電路的輸出電流之一溫度係數為實質上無關於因製程變異性而產生之電流增益的變化。

34. 如申請專利範圍第 24 項所述之方法，進一步將一調節器電路耦接於該參考產生器，該調節器電路將該輸出電路的輸出電流控制為與該參考產生器電路的輸出電流成正比，並且建立該參考產生器電路一的輸出電壓。



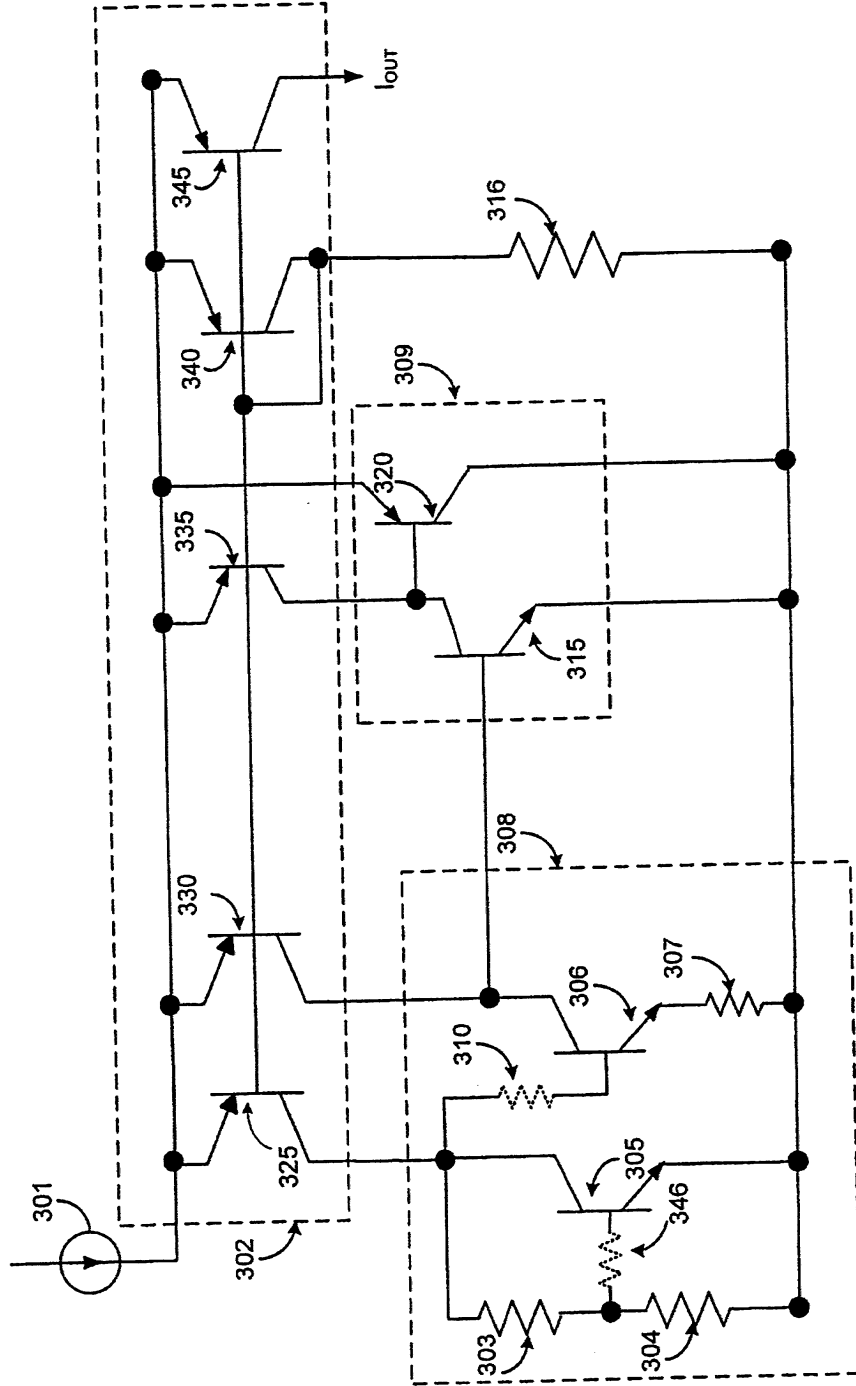
第 1 圖

先前技藝

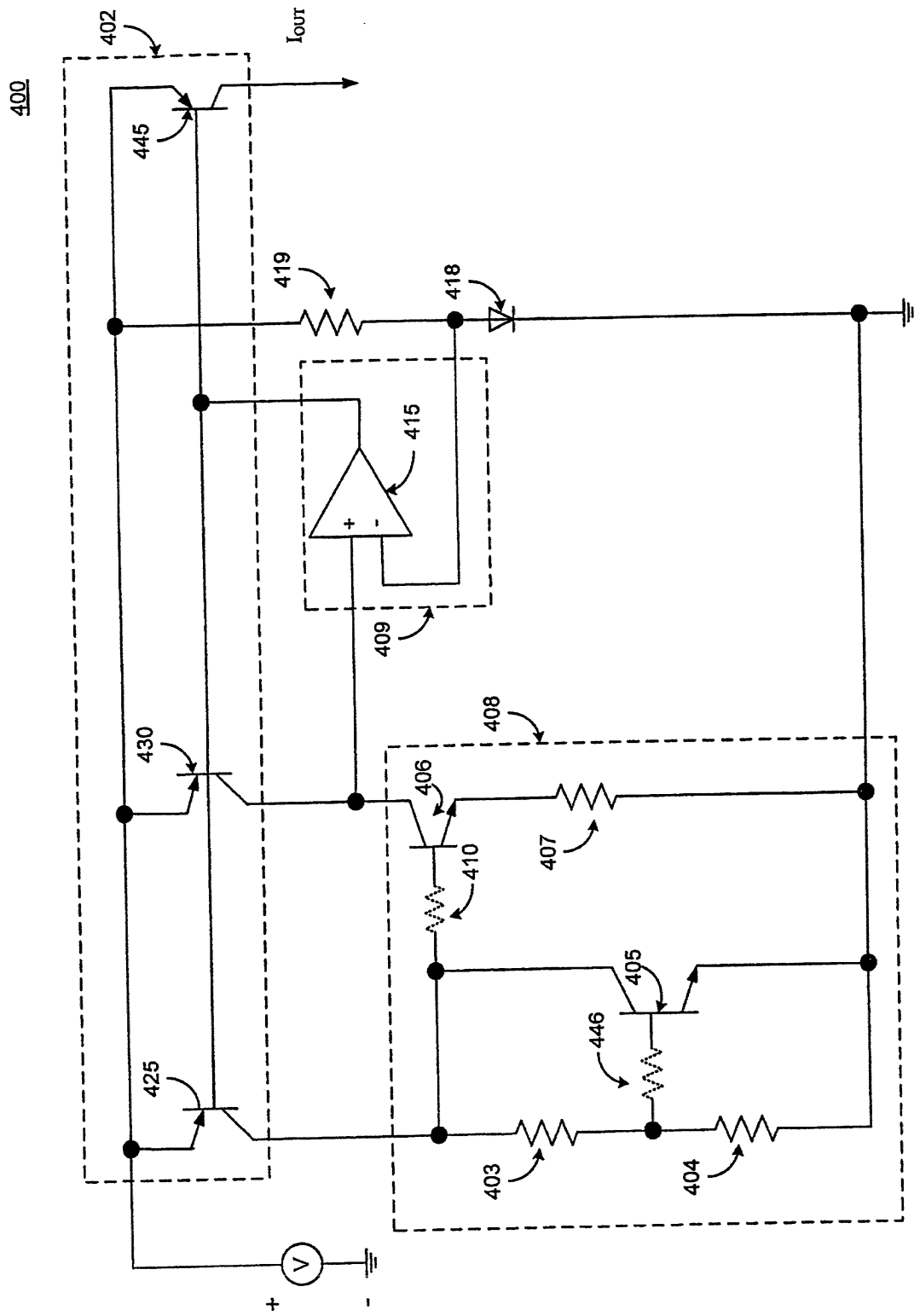


第 2 圖

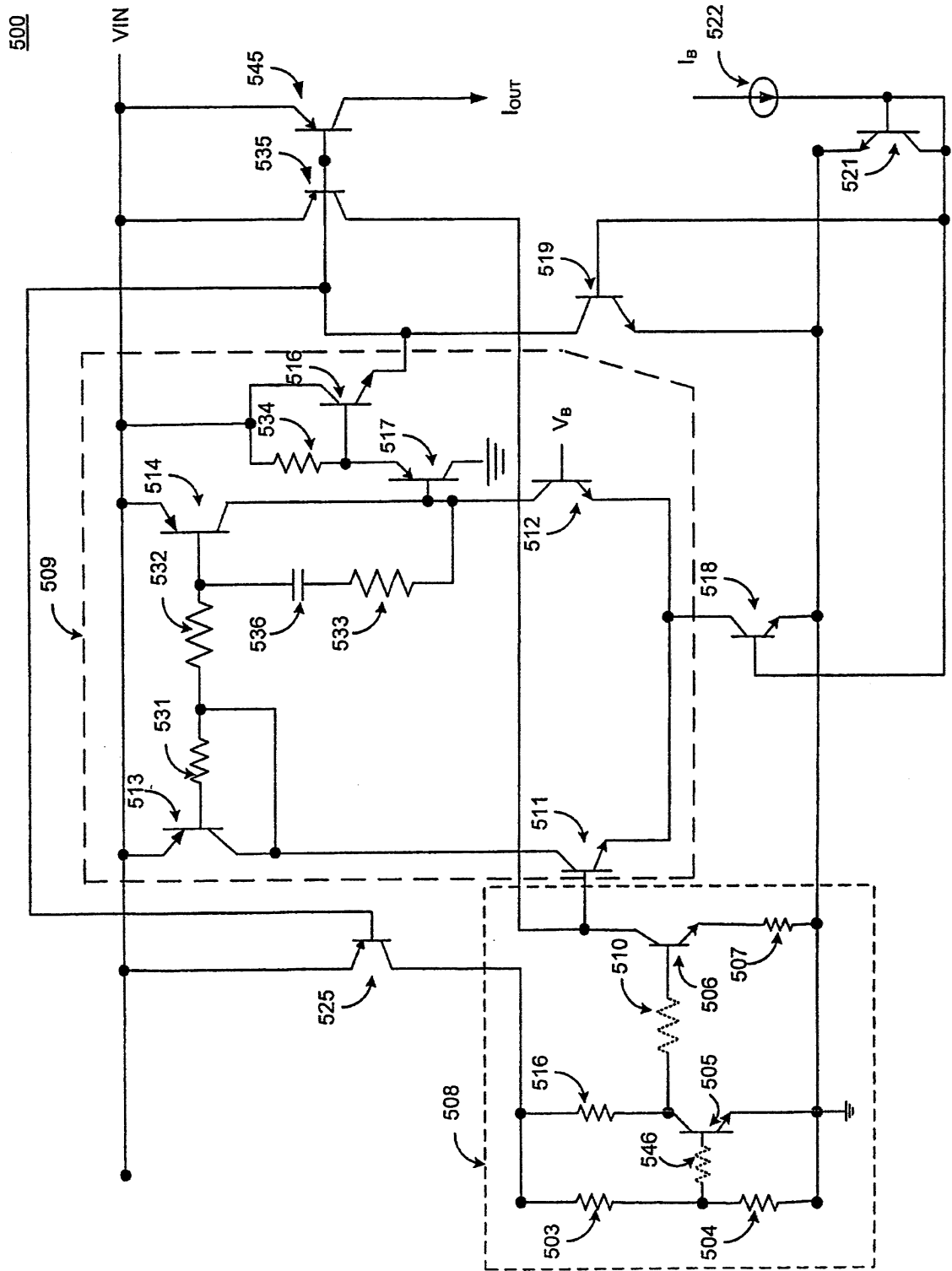
300



第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：無

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