

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：96106018

※ 申請日期：96.2.16

※IPC 分類：H03F 3/45

5 一、發明名稱：(中文/英文)

具有內零點的放大電路

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

立錡科技股份有限公司/RICHTEK TECHNOLOGY CORP

10

代表人：(中文/英文) 邵中和/TAI, KENNETH

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹縣竹北市台元街20號5樓

5F, NO. 20, TAI YUEN STREET, CHUPEI CITY, HSINCHU, 310 TAIWAN R.O.C

15 國籍：(中文/英文) 中華民國/TW

三、發明人：(共4人)

姓名：(中文/英文)

1. 蘇宏德/SU, HUNG-DER

2. 劉景萌/LIU, JING-MENG

20 3. 陳安東/CHEN, AN-TUNG

4. 林寶全/LIN, PAO-CHUAN

國籍：(中文/英文)

1. 中華民國/TW

2. 中華民國/TW

25 3. 中華民國/TW

4. 中華民國/TW

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：

5 【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：

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

10

☐ 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】

15 ☐ 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】

20

☐ 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】

本發明係有關一種放大電路，特別是關於一種具有內零點的放大電路。

5

【先前技術】

閉迴路負迴授系統一般係應用在線性積體電路中，例如，切換式調節器使用迴授迴路來監視輸出電壓，藉以調節及穩定該輸出電壓。圖 1 係傳統的切換式調節器 100，
10 其包括控制電路 102 及濾波器 104。在控制電路 102 中，輸出控制邏輯 108 根據輸入電壓 V_{IN} 及比較器 114 的輸出驅動切換電晶體 106，以產生一調節的輸出電壓 V_{SW} 給濾波器 104，藉以產生輸出電壓 V_{OUT} ，輸出電壓 V_{OUT} 經電阻 $R1$ 及 $R2$ 分壓產生電壓 V_R ，誤差放大器 112 根據電壓
15 V_R 及參考電壓 V_{Ref} 產生一誤差信號給比較器 114。根據奈氏準則(Nyquist criterion)，閉迴路系統在單增益(unity gain)時，即增益為 0dB 時，若整個迴路的相位偏移低於 180 度，表示該閉迴路系統是穩定的。一般來說，一個極點(pole)提供-90 度的相位偏移，一個零點(zero)提供+90 度的相位
20 偏移。圖 2 係圖 1 中切換式調節器 100 沒有任何補償下的迴路增益對頻率之關係圖。本領域的技術人員都清楚知道切換式調節器 100 中的誤差放大器 112 具有一個極點及一個零點，而濾波器 104 具有兩個極點，因此，在沒有進行補償的情況下，如圖 2 所示，濾波器 104 的雙極點使得迴

路增益在單增益時的相位偏移等於或大於 180 度，造成切換式調節器 100 不穩定。

圖 3 係圖 1 中切換式調節器 100 進行補償後的迴路增益對頻率之關係圖。為了補償濾波器 104 的雙極點以使切換式調節器 100 穩定，傳統的方法係增加能提供一零點的補償電路至迴授迴路中，例如增加一電容 110 與電阻 R1 並聯，電容 110 將提供一零點，因此，在增加電容 110 後，迴路增益在單增益時的相位偏移將小於 180 度，如圖 3 所示。再者，從圖 1 可知，電容 110 所提供的零點

$$\text{zero} = 1 / (C \times R1) \quad \text{公式 1}$$

其中，C 為電容 110 的電容值。而濾波器 104 所提供的極點

$$\text{pole} = [1 / (C \times R1)] \times (V_{\text{OUT}} / V_R) \quad \text{公式 2}$$

因此，極點 pole 與零點 zero 之間的比率被限制在 (V_{OUT} / V_R) 。

在美國專利第 6,737,841 號中，Wrathall 提出一種零點產生電路，其利用一增益放大器來改善極點與零點之間的比率。

此外，也有人提出一種具有內零點的放大電路來補償濾波器 104 的雙極點。圖 4 係習知具有內零點的放大電路

200，其包括一由壓控電流源 210 及 212 所組成的差動輸入對根據輸入電壓 VN 及 VP 產生電流 I1 及 I2，電流鏡 202 鏡射電流 I1 產生電流 $I3=N \times I1$ ，電流鏡 204 鏡射電流 I2 產生電流 $I4=P \times I2$ ，電流鏡 206 鏡射電流 I3 產生電流 $I5=M \times I3=N \times M \times I1$ ，其中 $N \times M=P$ 。當輸入電壓 $VN=VP$ 時，電流 $I1=I2$ ，因此電流 $I4=I5$ ，故沒有電流流經由電阻 Rcomp 及電容 Ccomp 組成的負載電路。當輸入電壓 $VN \neq VP$ 時，電流 I4 及 I5 之間具有一差值，因而產生電壓 Vout。電阻 Rcomp 及電容 Ccomp 提供一個極點

10

$$\text{pole1} = 1 / (2 \times \pi \times r_o \times C_{\text{comp}}) \quad \text{公式 3}$$

以及一個零點

15

$$\text{zero1} = 1 / (2 \times \pi \times R_{\text{comp}} \times C_{\text{comp}}) \quad \text{公式 4}$$

其中， r_o 為放大電路 200 的輸出阻抗。此外，一零點產生電路 208 連接在壓控電流源 210 及 212 與偏壓電流源 214 之間，以提供一零點。零點產生電路 208 包括零點電阻 Rzero1 連接在壓控電流源 210 及偏壓電流源 214 之間，零點電阻 Rzero2 連接在壓控電流源 212 及偏壓電流源 214 之間，零點電容 Czero 連接在壓控電流源 210 及 212 之間，假如電阻 Rzero1 等於電阻 Rzero2，零點電容 Czero 與零點電阻 Rzero1 及 Rzero2 將提供第二個零點

$$\text{zero2}=1/(2\times\pi\times R_{\text{zero1}}\times 2\times C_{\text{zero}})$$

公式 5

圖 5 係圖 4 中放大電路 200 的頻率響應，其中波形 216 係
5 增益的變化，波形 218 係相位的變化，參數設定為電阻
 $R_{\text{comp}}=100\text{K}\ \Omega$ ，電阻 $R_{\text{zero1}}=R_{\text{zero2}}=230\text{K}\ \Omega$ ，電容
 $C_{\text{comp}}=1\text{nF}$ ，電容 $C_{\text{zero}}=20\text{pF}$ 。在頻率為 10Hz 左右的位
置，極點 pole1 使增益下降，如波形 216 所示，在頻率為
1KHz 左右的位置，零點 zero1 抵消極點 pole1 使增益維持
10 穩定，接著，在頻率為 10KHz 左右的位置，零點 zero2 使
增益上升。雖然，使用放大電路 200 的切換式調節器不需
要額外的元件來補償濾波器的雙極點，但是放大電路 200
在高頻時將有很高的增益，這將導致高頻雜訊不受控制。

因此，一種具有內零點且可以讓高頻雜訊受到控制的
15 放大電路，乃為所冀。

【發明內容】

本發明的目的之一，在於提出一種具有內零點的放大
電路，其可以提供兩個零點及兩個極點。

20 本發明的目的之一，在於提出一種具有內零點的放大
電路，在高頻時，該放大電路的高頻雜訊可以受到控制。

根據本發明，一種具有內零點的放大電路提供二個極
點及二個零點，在高頻時，該二個極點的其中之一可以防
止增益過高的情況發生，以使高頻雜訊受到控制。

【實施方式】

圖 6 係本發明的第一實施例，放大電路 300 包括由壓控電流源 310 及 312 組成的差動輸入對根據電壓 VN 及 VP 產生電流 I1 及 I2，電流鏡 302 鏡射電流 I1 產生電流 I3=N×I1，電流鏡 304 鏡射電流 I2 產生電流 I4=P×I2，電流鏡 306 鏡射電流 I3 產生電流 I5=M×I3=N×M×I1，其中 N×M=P，由電阻 Rcomp 及電容 Ccomp 組成的負載電路根據電流 I4 及 I5 的差值產生輸出電壓 Vout，電阻 Rcomp 及電容 Ccomp 將提供如公式 3 及公式 4 所示的極點 pole1 及零點 zero1，零點及極點產生電路 308 連接在差動輸入對及偏壓電流源 314 之間，用以提供零點 zero2 及極點 pole2。零點及極點產生電路 308 包括零點電容 Czero 及極點電阻 Rpole 串聯在壓控電流源 310 及 312 之間，零點電阻 Rzero1 連接在壓控電流源 310 及偏壓電流源 314 之間，零點電阻 Rzero2 連接在壓控電流源 312 及偏壓電流源 314 之間，假設電阻 Rzero1 等於電阻 Rzero2，電容 Czero 與電阻 Rzero1 及 Rzero2 將提供如公式 5 所示的零點 zero2，而電容 Czero 及電阻 Rpole 將提供極點

$$\text{pole2} = 1 / (2 \times \pi \times \text{Rpole} \times \text{Czero})$$

公式 6

圖 7 係圖 6 中放大電路 300 的頻率響應，其中波形 316 為增益，波形 318 為相位，參數的設定為電阻

$R_{comp}=33K\Omega$ ，電阻 $R_{zero1}=R_{zero2}=230K\Omega$ ，電阻 $R_{pole}=23K\Omega$ ，電容 $C_{comp}=5nF$ ，電容 $C_{zero}=20pF$ 。在頻率為 1Hz 左右的位置，極點 $pole1$ 使增益下降，如波形 316 所示，在頻率為 1KHz 左右的位置，零點 $zero1$ 抵消極點 $pole1$ 使增益維持穩定，接著，在頻率為 10KHz 左右的位置，零點 $zero2$ 使得增益再次上升，在頻率為 200KHz 左右的位置，極點 $pole2$ 抵消零點 $zero2$ 使增益穩定。如圖 7 的模擬圖所示，在高頻時，極點 $pole2$ 將使增益不再上升，故在高頻時沒有因增益過高導致高頻雜訊無法控制的情況。故高頻雜訊在可以控制的範圍內，此外，放大電路 300 的極點 $pole2$ 與零點 $zero2$ 之間的比率只跟 (R_{zero}/R_{pole}) 有關，而使用放大電路 300 的切換式調節器之設計非常容易。

圖 8 係本發明的第二實施例，放大電路 400 包括由壓控電流源 410 及 412 組成的差動輸入對根據電壓 V_N 及 V_P 產生電流 I_1 及 I_2 ，電流鏡 402 鏡射電流 I_1 產生電流 I_3 ，電流鏡 404 鏡射電流 I_2 產生電流 I_4 ，電流鏡 406 鏡射電流 I_3 產生電流 I_5 ，電阻 R_{comp} 及電容 C_{comp} 組成的負載電路根據電流 I_4 及 I_5 的差值產生輸出電壓 V_{out} ，電阻 R_{comp} 及電容 C_{comp} 將提供如公式 3 及公式 4 所示的極點 $pole1$ 及零點 $zero1$ ，零點及極點產生電路 408 連接在差動輸入對及偏壓電流源 414 之間。在零點及極點產生電路 408 中，零點電阻 R_{zero1} 連接在壓控電流源 410 及偏壓電流源 414 之間，零點電阻 R_{zero2} 連接在壓控電流源 412

及偏壓電流源 414 之間，零點電容 Czero1 及極點電阻 Rpole1 串聯在壓控電流源 410 及接地 GND 之間，零點電容 Czero2 及極點電阻 Rpole2 串聯在壓控電流源 412 及接地 GND 之間，假設電阻 Rzero1=Rzero2，電阻
 5 Rpole1=Rpole2=Rpole，電容 Czero1=Czero2=Czero，零點及極點產生電路 408 將提供一零點

$$\text{zero2} = 1 / (2 \times \pi \times R\text{zero1} \times C\text{zero}) \quad \text{公式 7}$$

10 以及一極點 pole2，如公式 6 所示。在高頻時，電容 Czero1 及電阻 Rpole1 以及電容 Czero2 及電阻 Rpole2 將形成電流路徑以使電流 I1 及 I2 不被電阻 Rzero1 及 Rzero2 限制住，而極點 Pole2 可以防止放大電路 400 在高頻時的增益過高，進而讓高頻時的雜訊受到控制。

15 圖 9 係本發明的第三實施例，放大電路 500 包括兩級，在第一級中，運算放大器 502 的反相輸入連接電壓 VFB，非反相輸入連接電壓 Vref，電阻 Rcomp 及電容 Ccomp 組成一迴授電路連接在運算放大器 502 的反相輸入及輸出之間，電阻 Rcomp 及電容 Ccomp 提供如公式 3 及公式 4
 20 所示的極點 Pole1 及零點 zero1。在第二級中，壓控電流源 506 根據電壓 V1 產生電流 I1，零點及極點產生電路 508 連接壓控電流源 506，零點及極點產生電路 508 包括極點電阻 Rpole 及零點電容 Czero 串聯在壓控電流源 506 及接地 GND 之間，以及零點電阻 Rzero1 與電阻 Rpole 及電容

Czero 並聯，電流鏡 504 鏡射電流 I1 產生電流 I2 給零點電阻 Rzero2 以產生電壓 Vout，假設電阻 Rzero1 等於電阻 Rzero2，可推得放大電路 500 的第二級提供如公式 6 及公式 7 所示的極點 Pole2 及零點 Zero2。同樣的，極點 Pole2 可以讓高頻時的雜訊受到控制。

圖 10 係圖 9 中放大電路 500 第二級的另一實施例，其中，壓控電流源 602 根據電壓 V1 產生電流 I1，零點及極點產生電路 608 連接壓控電流源 602，零點及極點產生電路 608 包括極點電阻 Rpole 及零點電容 Czero 串聯在壓控電流源 602 及接地 GND 之間，電流鏡 600 鏡射電流 I1 產生電流 I2，壓控電流源 606 根據電壓 V2 產生電流 I3，零點電阻 Rzero2 連接在壓控電流源 606 及接地 GND 之間，電流鏡 604 鏡射電流 I3 產生電流 I4，零點電阻 Rzero1 根據電流 I2 及 I4 產生電壓 Vout。零點及極點產生電路 608 將提供一如公式 6 所示的極點 pole2 以及一零點

$$\text{zero2} = 1 / (2 \times \pi \times R_{\text{zero1}} \times M \times C_{\text{zero}}) \quad \text{公式 8}$$

從公式 8 可知，此實施例的零點電容 Czero 的大小只需要前述實施例的 1/M。同樣的，在高頻時，極點 Pole2 可以讓雜訊受到控制。

【圖式簡單說明】

圖 1 係傳統的切換式調節器；

圖 2 係圖 1 中切換式調節器 100 沒有任何補償下的迴路增益對頻率之關係圖；

圖 3 係圖 1 中切換式調節器 100 進行補償後的迴路增益對頻率之關係圖；

5 圖 4 係習知具有內零點的放大電路；

圖 5 係圖 4 中放大電路 200 的頻率響應；

圖 6 係本發明的第一實施例；

圖 7 係圖 6 中放大電路 300 的頻率響應；

圖 8 係本發明的第二實施例；

10 圖 9 係本發明的第三實施例；以及

圖 10 係圖 9 中放大電路 500 第二級的另一實施例。

【主要元件符號說明】

	100	切換式調節器
15	102	控制電路
	104	濾波器
	106	切換電晶體
	108	輸出控制邏輯
	110	電容
20	112	誤差放大器
	114	比較器
	200	放大電路
	202	電流鏡
	204	電流鏡

	206	電流鏡
	208	零點產生電路
	210	壓控電流源
	212	壓控電流源
5	214	偏壓電流源
	216	增益的波形
	218	相位的波形
	300	放大電路
	302	電流鏡
10	304	電流鏡
	306	電流鏡
	308	零點及極點產生電路
	310	壓控電流源
	312	壓控電流源
15	314	偏壓電流源
	316	增益的波形
	318	相位的波形
	400	放大電路
	402	電流鏡
20	404	電流鏡
	406	電流鏡
	408	零點及極點產生電路
	410	壓控電流源
	412	壓控電流源

	414	偏壓電流源
	500	放大電路
	502	運算放大器
	504	電流鏡
5	506	壓控電流源
	508	零點及極點產生電路
	600	電流鏡
	602	壓控電流源
	604	電流鏡
10	606	壓控電流源
	608	零點及極點產生電路

五、中文發明摘要：

一種具有內零點的放大電路，其除了提供一個極點及二個零點之外，還提供了一個第二個極點，在高頻時，該第二個極點可以防止增益過高的情況發生，進而使高頻雜訊受到控制。

六、英文發明摘要：

十、申請專利範圍：

1. 一種具有內零點的放大電路，包括：

一電流源；

一差動輸入對，根據一第一輸入電壓及一第二輸入電壓

5 產生一第二電流及一第三電流；

一負載電路，藉由該第二及第三電流的差值產生一輸出

電壓，該負載電路提供一第一零點及一第一極點；

以及

一零點及極點產生電路，連接該電流源及差動輸入對之

10 間，用以提供一第二零點及一第二極點。

2. 如請求項 1 之放大電路，其中負載電路包括一電阻與一
電容串聯，該電阻與電容提供該第一零點及第一極點。

3. 如請求項 1 之放大電路，其中該零點及極點產生電路包
括：

15 一第一零點電阻，連接在該電流源及第二電流之間；

一第二零點電阻，連接在該電流源及第三電流之間；

一零點電容，與該第一及第二零點電阻提供該第二零
點；以及

一極點電阻，與該電容串聯在該第二及第三電流之間，

20 該極點電阻與該零點電容提供該第二極點。

4. 如請求項 1 之放大電路，其中該零點及極點產生電路包
括：

一第一零點電阻，連接在該電流源及第二電流之間；

一第二零點電阻，連接在該電流源及第三電流之間；

- 一第一零點電容，與該第一零點電阻並聯；
- 一第一極點電阻，與該第一零點電容串聯；
- 一第二零點電容，與該第二零點電阻並聯，該第一及第二零點電容與該第一及第二零點電阻提供該第二零點；以及
- 一第二極點電阻，與該第二零點電容串聯，該第一及第二極點電阻與該第一及第二零點電容提供該第二極點。

5. 一種具有內零點的放大電路，包括：

- 一第一級，根據兩輸入電壓的差值產生一第一輸出電壓，該第一級提供一第一零點及一第一極點；以及
- 一第二級，放大該第一輸出電壓產生一第二輸出電壓，該第二級提供一第二零點及一第二極點。

6. 如請求項 5 之放大電路，其中該第一級包括：

- 一運算放大器，根據該差值產生該第一輸出電壓；以及
- 一迴授電路，連接在該第一輸出電壓及該兩輸入電壓其中之一之間，該迴授電路提供該第一零點及第一極點。

7. 如請求項 6 之放大電路，其中該迴授電路包括一電容與一電阻串聯，該電容與電阻提供該第一零點及第一極點。

8. 如請求項 5 之放大電路，其中該第二級包括：

- 一電流源，根據該第一輸出電壓產生一壓控電流，藉以產生該第二輸出電壓；以及

一零點及極點產生電路，連接該電流源，提供該第二零點及第二極點。

9. 如請求項 8 之放大電路，更包括一電流鏡鏡射該壓控電流產生一鏡射電流給一電阻，以產生該第二輸出電壓。

5 10. 如請求項 8 之放大電路，其中該零點及極點產生電路包括：

一極點電阻，連接該電流源；

一零點電容，與該極點電阻串聯，該零點電容與該極點電阻提供該第二極點；以及

10 一零點電阻，與該極點電阻及零點電容並聯，該零點電阻與該零點電容提供該第二零點。

11. 如請求項 5 之放大電路，其中該第二級包括：

一第一電流源，根據該第一輸出電壓產生一第一電流；

一第二電流源，根據該第一輸出電壓產生一第二電流；

15 一零點及極點產生電路，連接該第一電流源；以及

一零點電阻，根據該第一及第二電流產生該第二輸出電壓。

12. 如請求項 11 之放大電路，更包括：

一第一電流鏡，鏡射該第一電流產生一第三電流給該零點電阻；以及

20

一第二電流鏡，鏡射該第二電流產生一第四電流給該零點電阻。

13. 如請求項 11 之放大電路，其中該零點及極點產生電路包括：

一零點電容，連接該第一電流源，該零點電容與該零點
電阻提供該第二零點；以及
一極點電阻，與該零點電容串聯，該極點電阻與該零點
電容提供該第二極點。

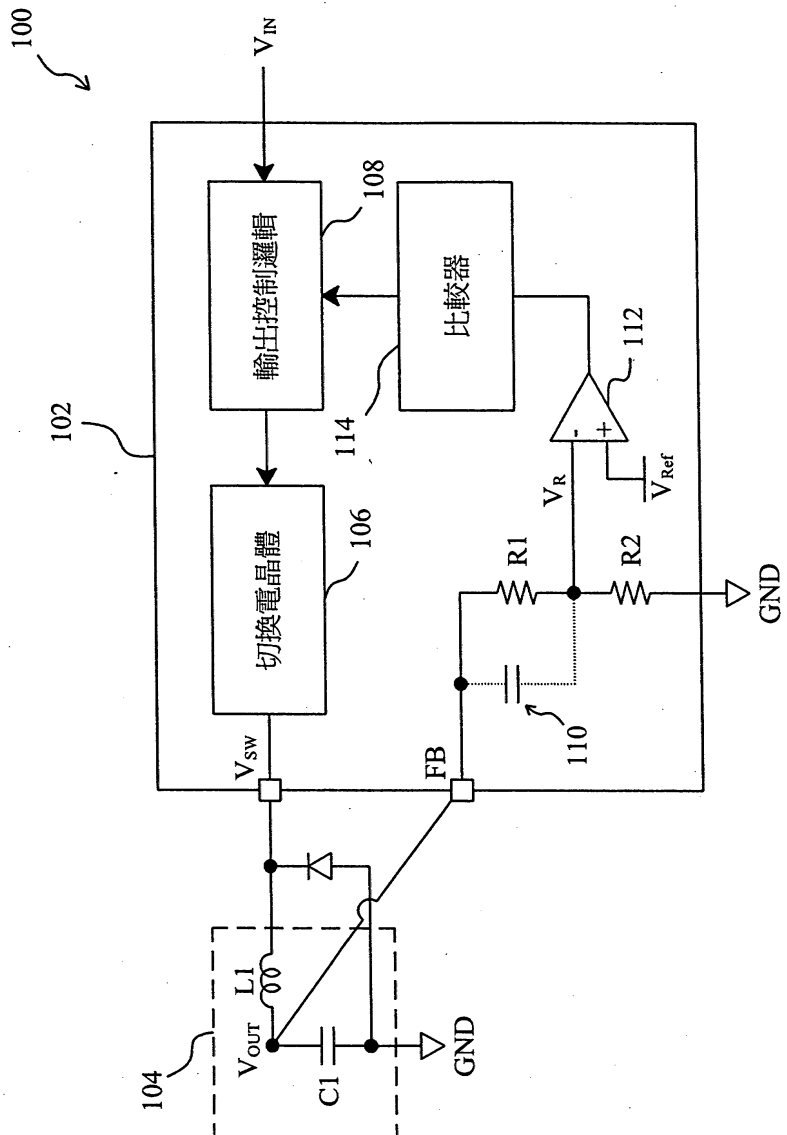


圖1

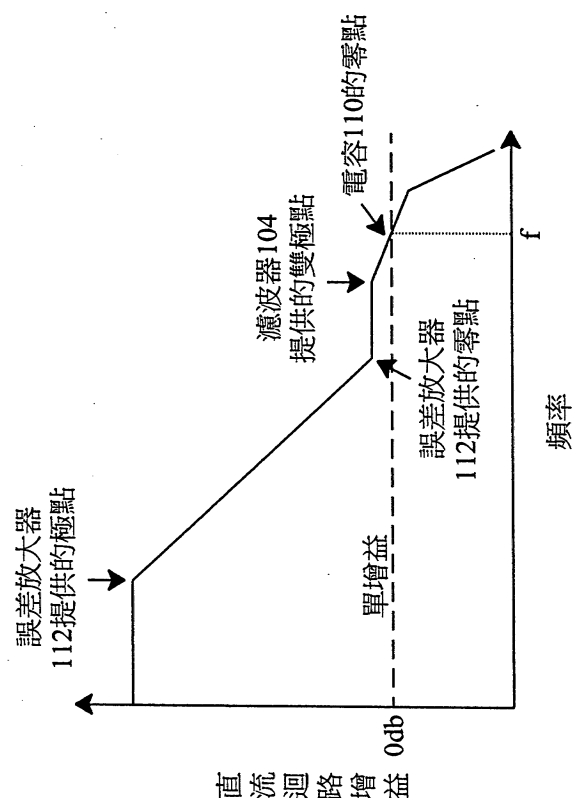


圖2

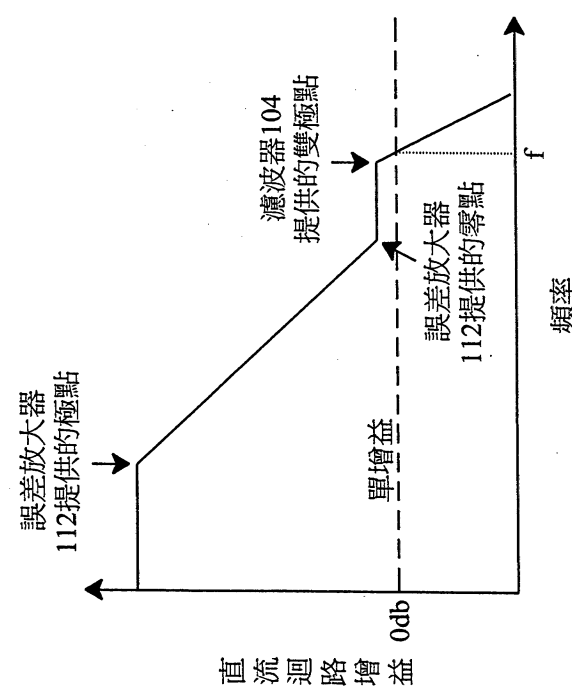


圖3

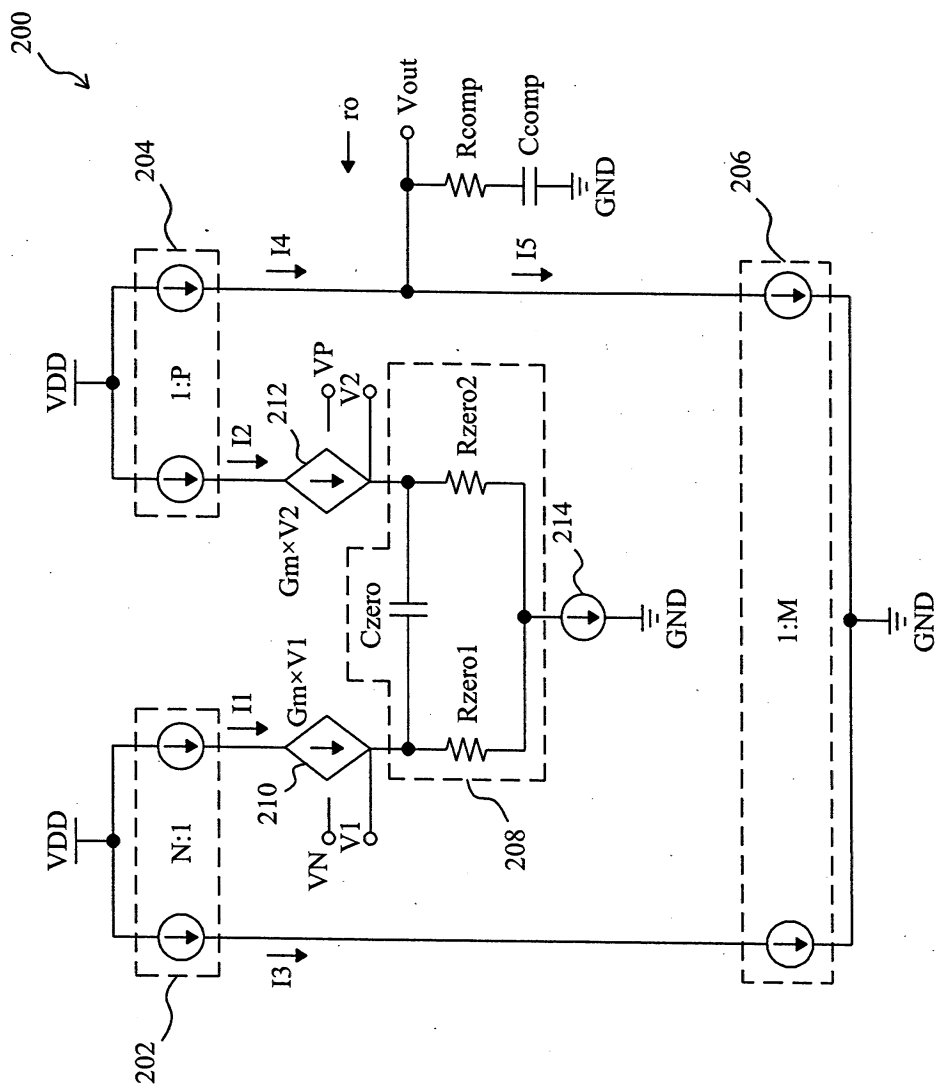


圖4

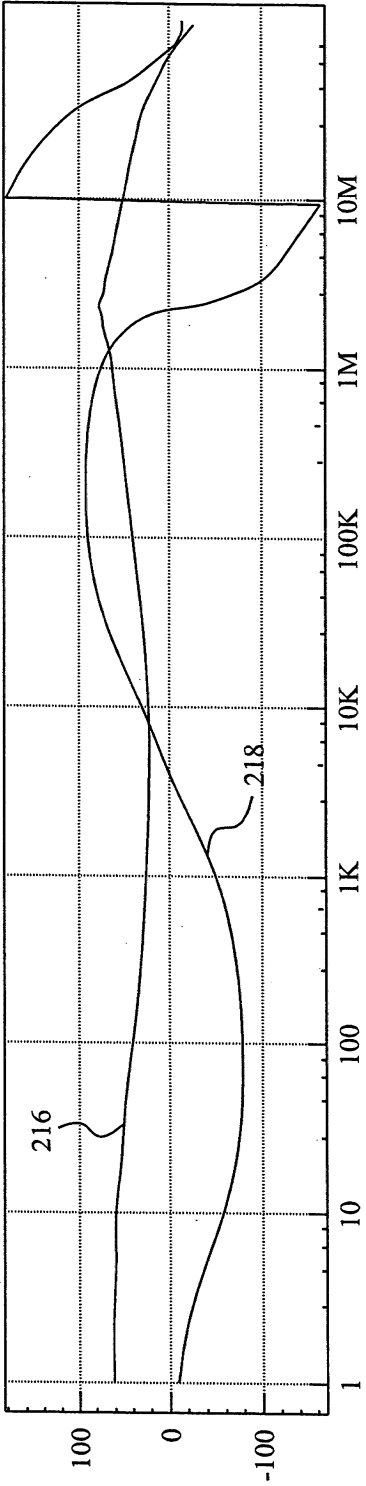


圖5

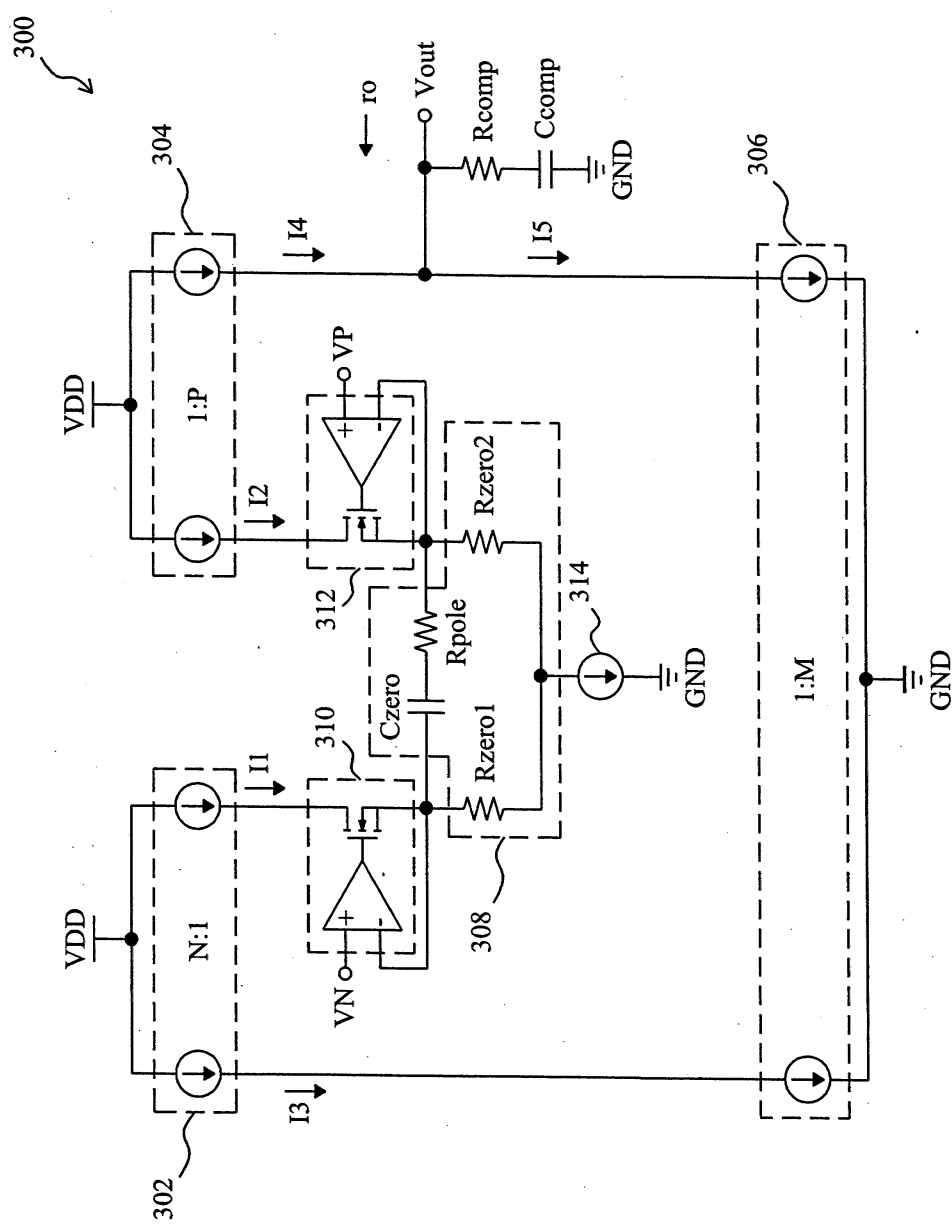


圖6

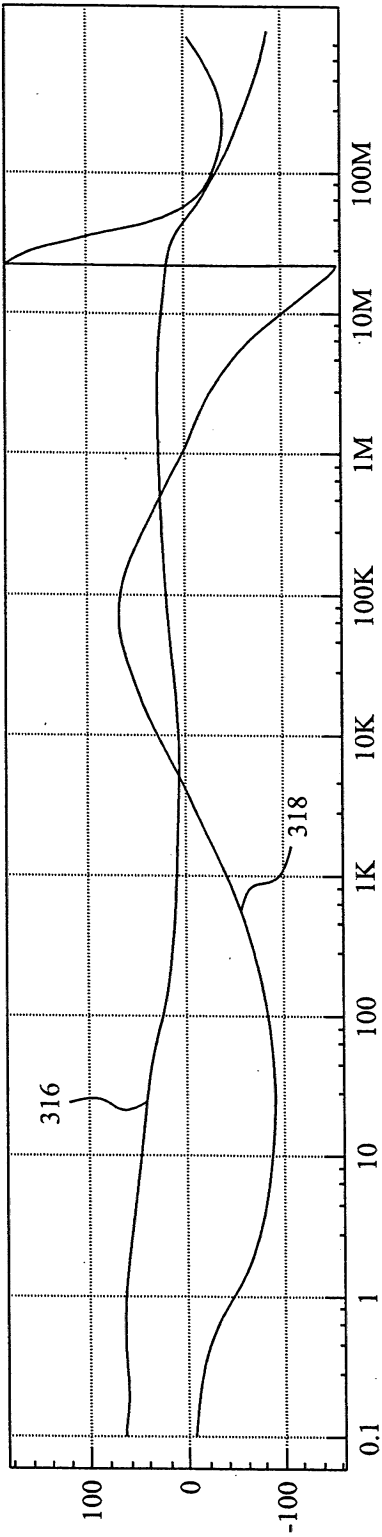


圖7

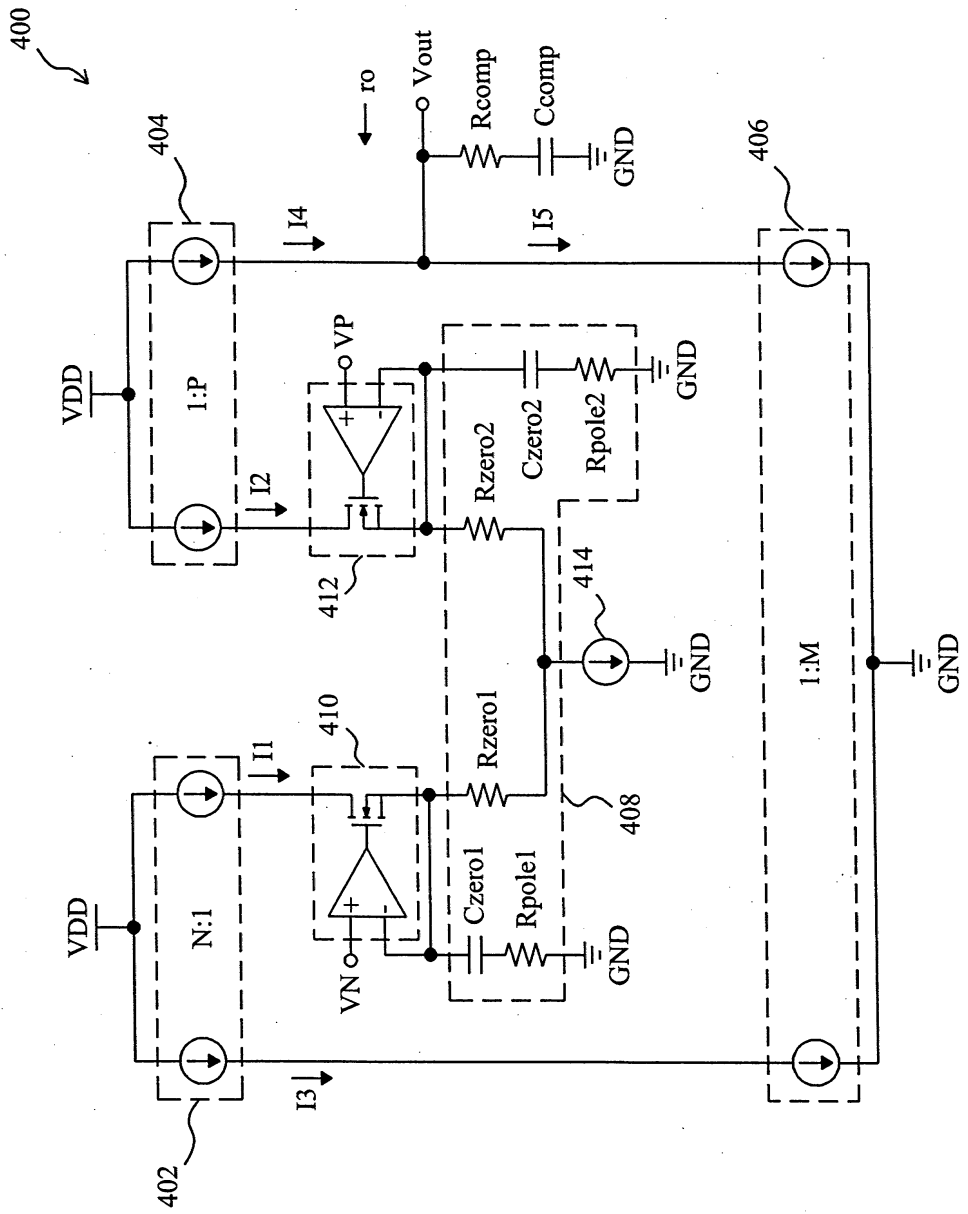


圖 8

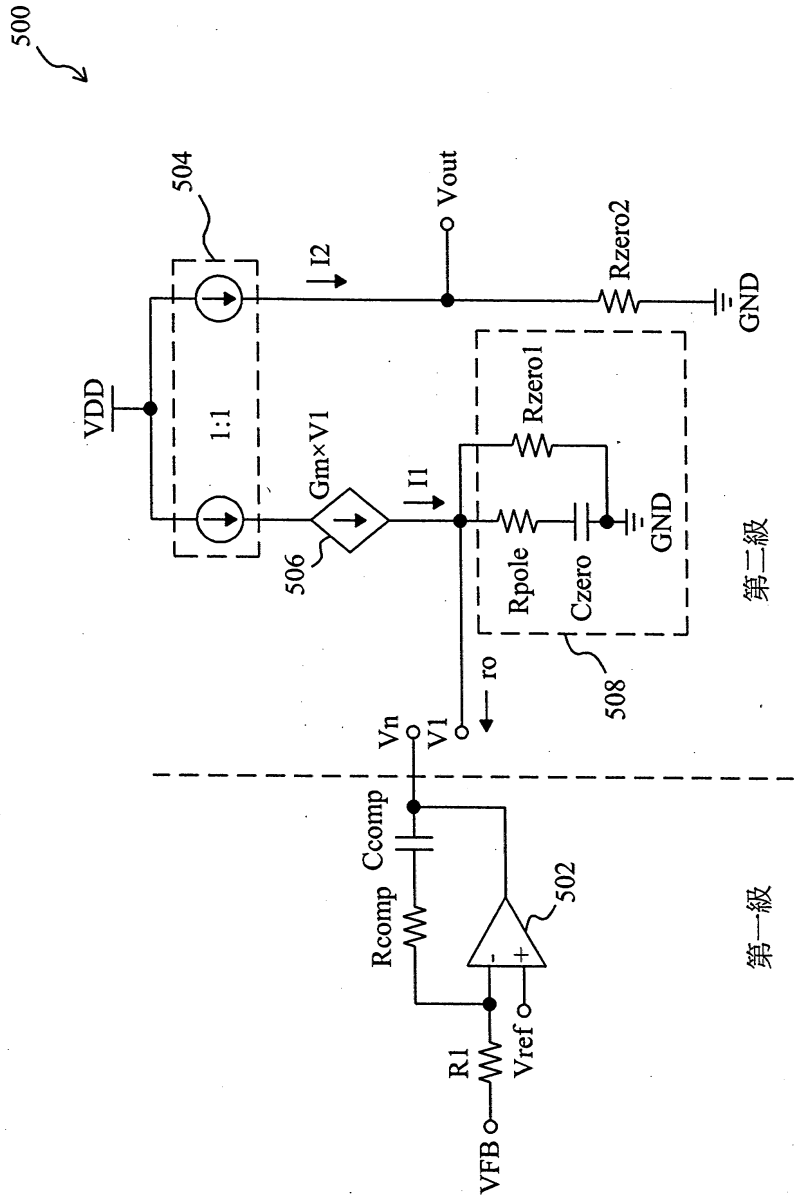


圖9

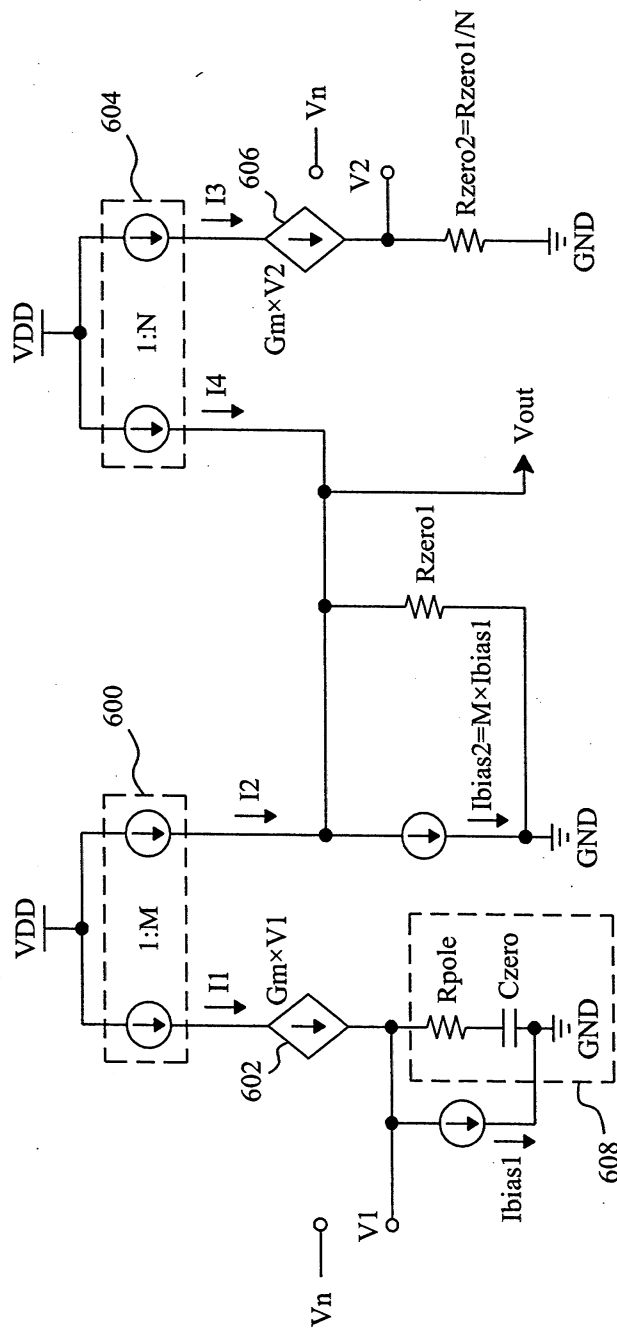


圖10

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(6)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

	300	放大電路
5	302	電流鏡
	304	電流鏡
	306	電流鏡
	308	零點及極點產生電路
	310	壓控電流源
10	312	壓控電流源
	314	偏壓電流源

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：