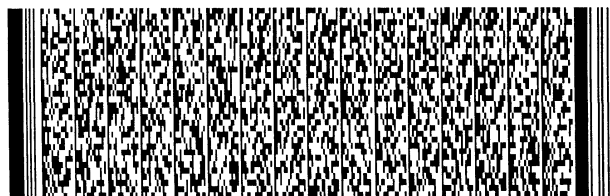


申請日期： 91.12.10	IPC分類
申請案號： 91135631	H03F 3/45

(以上各欄由本局填註) **發明專利說明書** 200301038

一、 發明名稱	中文	差動放大器
	英文	DIFFERENTIAL AMPLIFIER
二、 發明人 (共2人)	姓名 (中文)	1. 今山 輝男 2. 鈴木 恒雄
	姓名 (英文)	1. Teruo IMAYAMA 2. Nobuo SUZUKI
	國籍 (中英文)	1. 日本 2. 日本 JP
	住居所 (中文)	1. 日本神奈川縣橫濱市磯子汐見台3-7-1 2. 日本神奈川縣鎌倉市玉繩2-636
	住居所 (英文)	1. 3-7-1, SHIOMIDAI, ISOGO-KU, YOKOHAMA-SHI, KANAGAWA-KEN JAPAN 2. 2-636, TAMANAWA, KAMAKURA-SHI, KANAGAWA-KEN JAPAN
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	1. 東芝股份有限公司
	名稱或 姓名 (英文)	1. Kabushiki Kaisha Toshiba
	國籍 (中英文)	1. 日本
	住居所 (營業所) (中文)	1. 日本東京都港區芝浦一丁目1番1號 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. 1-1, SHIBAURA 1-CHOME, MINATO-KU, TOKYO JAPAN
	代表人 (中文)	1. 岡村 正
代表人 (英文)	1. Tadashi OKAMURA	



10539.tif ptd

一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
日本 JP	2001/12/13	2001-379708	有

二、主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間

日期：

四、有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

熟習該項技術者易於獲得, 不須寄存。

五、發明說明 (1)

發明所屬之技術領域

本發明係關於在無線終端所使用的一種差動放大器。

先前技術

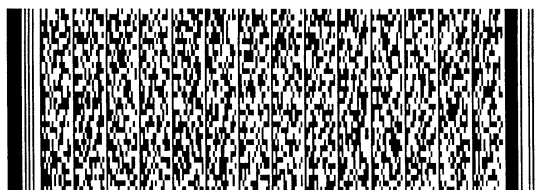
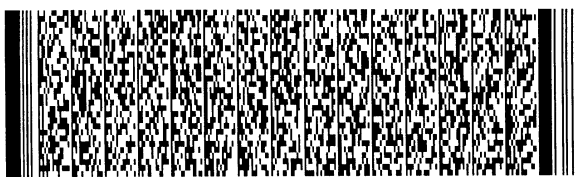
對減低差動放大器之失真(distortion)的方法，係雖有使用負回饋(negative feedback)或有源元件(active element)等，此等方法受限於相位補償電容或輸出特性之關係，不適用於高頻之差動放大器。因而，高頻之差動放大器一般係用如在第10圖所圖示之差動放大器。

在第10圖，由NPN電晶體Q1、Q2與，電流源7、9構成射極跟隨器(emitter-follower)5。然而由差動對(differential pair)之NPN電晶體Q3、Q4與，電阻R1、R2、R3、R4與，電流源13構成差動放大器11。此射極跟隨器5與差動放大器11構成差動放大器。

在電晶體Q1、Q2之基極(base)輸入信號係在電晶體Q1、Q2緩衝後，輸入於電晶體Q3、Q4之基極，由差動對電晶體Q3、Q4之互導(mutual conductance)從電壓轉換為電流放大。

輸入於輸入端子1、3之差動輸入信號係以二音調(tone)信號(頻率相異、準位同一之信號)時，在由差動放大器11使輸出電流發生三次交互調變(IM3; Inter Modulation 3)。

以電路技術減低此等失真的最容易方法，係使在差動放大器11之電晶體Q3與Q4流動的電流變大。



五、發明說明 (2)

但，此種方法，為將失真之指標的三次輸出截斷點 (Output Intercept Point 3；輸出端19、21) 提高 6dB(改善) 時，必要使在差動放大器11所流之電流增大兩倍，從低耗電化之觀點，此種方法不可期待。

發明內容

因此本發明目的係提供一種差動放大器，可以少消耗電流的增加，能大幅抑制失真之發生。

本發明之差動放大器，其特徵在於，包括：

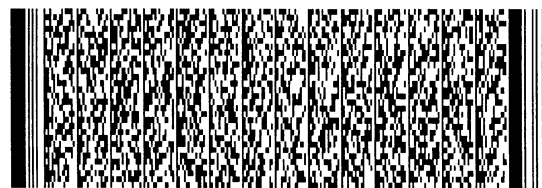
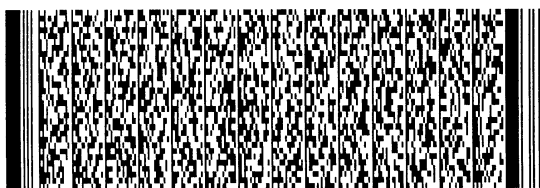
射極跟隨器；

差動放大器，係接連於此射極跟隨器之下段；以及
負載電路，係補正上述差動放大器。

以上，本發明係使具有可消除差動放大器之失真特性的一種特性之失真由射極跟隨器與負載電路加以發生，藉由與差動放大器之失真相加合，以減低差動放大器之失真。又，負載電路所必要之消耗電流係在射極跟隨器的消耗電流之1/4就充分具有效果，在不大幅增加差動放大器之消耗電流下可實現失真特性良好之差動放大器。

並且，在處理高頻之差動放大器或在發送段使用，處理大電流之差動放大器，藉由在差動放大器之前段設兩段射極跟隨器，在初段之射極跟隨器設負載電路，可實現失真特性良好之差動放大器。

更且，在本發明所使用的負載電路係不用有源元件，而全部由無源元件(passive element)構成之關係，在處理高頻之差動放大器可實現具有良好失真特性之差動放



五、發明說明 (3)

大器。

為讓本發明之上述原理和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉一較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

實施方式

[第一實施例]

第1圖係表示本發明之差動放大器的第一實施例之基本電路圖。

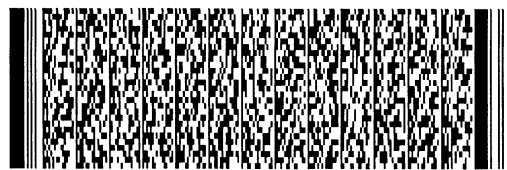
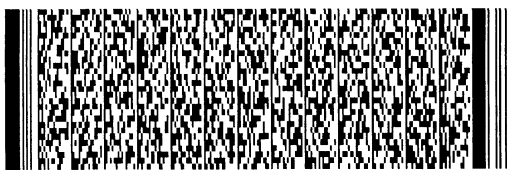
在第1圖。由NPN電晶體Q1、Q2與、電流源7、9以構成第一射極跟隨器5。

在此說明接連關係。電晶體Q1之集電極(collector)係接連於電壓源VCC，其基極係接連於輸入端1，其發射電極(emitter)係接連於電流源7之一端。電流源7之他端係接地。電晶體Q2之集電極係接連於電壓源VCC，其基極係接連於輸入端3，其發射電極係接連於電流源9之一端。電流源9之他端係接地。

在第1圖，由NPN電晶體Q5、Q6與，電阻R3、R4、R5、R6與，電流源17以構成差動放大器15。

在此說明接連關係。電晶體Q5之集電極係接連於電阻R5之一端，其基極係接連於電晶體Q1之發射電極，其發射電極係接連於電阻R3之一端。電阻R5之他端係接連於電壓源VCC。電阻R3之他端係接連於電流源17之一端。電流源17之他端係接地。

又電晶體Q6之集電極係接連於電阻R6之一端，其基極



五、發明說明 (4)

係接連於電晶體Q2之發射電極，其發射電極係接連於電阻R4之一端。電阻R6之他端係接連於電壓源VCC。電阻R4之他端係接連於電流源17之一端。電流源17之他端係接地。

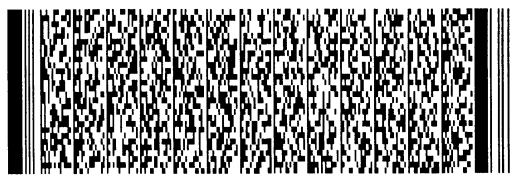
在第1圖，由成為雙極體(diode)結構之NPN電晶體Q3、Q4與，電阻R1、R2與，電流源13，以構成負載電路11。

在此說明接連關係，電晶體Q3之集電極與基極係共同接連於電晶體Q1之發射電極，其發射電極係接連於電阻R1之一端。電阻R1之他端係接連於電流源13之一端。電流源13之他端係接地。電晶體Q4之集電極與基極係共同接連於電晶體Q2之發射電極，其發射電極係接連於電阻R2之一端。電阻R2之他端係接連於電流源13之一端。

現在，假定附有負載電路11之第一射極跟隨器5與差動放大器15之消耗電流係同程度時，差動放大器15之輸入阻抗(impedance)係比附有負載電路11之第一射極跟隨器5之輸出阻抗較高之關係，差動放大器15係不成為附有負載電路11之第一射極跟隨器5的負載。

此種場合，可個別考慮附有負載電路11之第一射極跟隨器5的動作與，差動放大器15的動作。即，如第2圖、第3圖所示可使差動放大器分為兩個電路方塊考慮。第2圖係附有負載電路11之第一射極跟隨器5的電路圖。第3圖係差動放大器15之電路圖。

首先在第2圖，求附有負載電路11之第一射極跟隨器5



五、發明說明 (5)

的增益(gain) G_{ve} 。

第2圖之電路係因附有負載電路11之第一射極跟隨器5之結構為對稱的關係，在計算過程，僅考慮由輸入於輸入端子1與3之差動輸入信號的電壓變化量即可。

輸入於電晶體Q1、Q2之基極之差動輸入信號為 V_{ie} ，從電晶體Q1、Q2之發射電極輸出之差動輸出信號為 V_{oe} ，電流源7、9所流之電流為 I_1 ，在電流源13所流之電流為 $2 \cdot I_2$ 。

電晶體之電流放大率 β 係無限大。由差動輸入信號 V_{ie} ，電流 I_2 變化 ΔI 時，在電晶體Q1、Q2、Q3、Q4之基極-發射電極間發生之電壓 ΔV_{be1} 、 ΔV_{be2} 、 ΔV_{be3} 、 ΔV_{be4} ，在電阻R1(電阻值R1)、R2(電阻值R2)發生之電壓 ΔV_{r1} 、 ΔV_{r2} 係各由下式表示。

$$\Delta V_{be1} = V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) \quad \dots \dots (1)$$

$$\Delta V_{be2} = V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) \quad \dots \dots (2)$$

$$\Delta V_{be3} = V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) \quad \dots \dots (3)$$

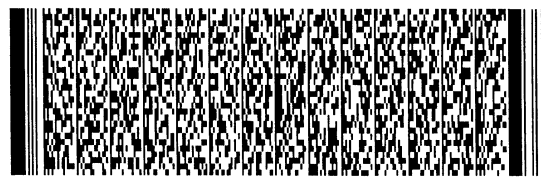
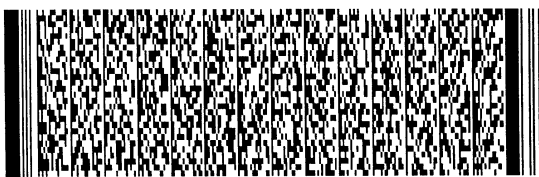
$$\Delta V_{be4} = V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) \quad \dots \dots (4)$$

$$\Delta V_{r1} = (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 \quad \dots \dots (5)$$

$$\Delta V_{r2} = (I_2 - \Delta I) \cdot R_2 \quad \dots \dots (6)$$

在此， V_T 係以 $V_T = K T / q$ 表示，K係波耳茲曼常數(Boltmann constant)、T係絕對溫度，q係電子之電荷量。

差動輸信號 V_{oe} 係用(3)、(4)、(5)、(6)式，以下式表示。



五、發明說明 (6)

$$\begin{aligned}
 V_{oe} &= \Delta V_{be3} + \Delta V_{r1} - (\Delta V_{be4} + \Delta V_{r2}) \\
 &= V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - (I_2 - \Delta I) \cdot R_2 \quad \dots \dots \dots (7)
 \end{aligned}$$

差動輸入信號 V_{ie} 係用上述(1)、(2)、(7)式，以下式表示。

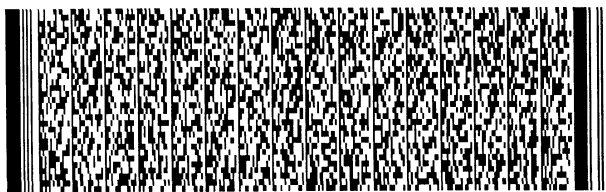
$$\begin{aligned}
 V_{ie} &= \Delta V_{be1} - \Delta V_{be2} + V_{oe} \\
 &= V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - (I_2 - \Delta I) \cdot R_2 \quad \dots \dots \dots (8)
 \end{aligned}$$

因而，由上述((7)、(8)，附有負載電路11之第一射極跟隨器5之增益 G_{ve} 係如以下表示。

$$\begin{aligned}
 G_{ve} &= V_{oe} / V_{ie} \\
 &= [V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - (I_2 - \Delta I) \cdot R_2] / [V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - (I_2 - \Delta I) \cdot R_2] \quad \dots \dots \dots (9)
 \end{aligned}$$

在此，設 $R_1 = R_2 = (a \cdot V_T) / I_2$ ，代入(9)式時，

$$\begin{aligned}
 G_{ve} &= [V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + ((I_2 + \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - ((I_2 - \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2] / [V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + ((I_2 + \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - ((I_2 - \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2] \\
 &= [\ln(I_2 + \Delta I) - \ln(I_2 - \Delta I) + (2 \cdot a \cdot \Delta I) / I_2] / [\ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + \ln(I_2 + \Delta I) - \ln(I_2 - \Delta I) + (2 \cdot a \cdot \Delta I) / I_2] \dots (10)
 \end{aligned}$$



五、發明說明 (7)

$$\begin{aligned}
 & \text{差動輸入信號 } V_{ie} \text{ 係在(8)式代入 } R_1=R_2=a \cdot V_T / I_2, \\
 & V_{ie}=V_T \cdot \ln(I_1+I_2+\Delta I)-V_T \cdot \ln(I_1+I_2-\Delta I)+V_T \cdot \\
 & \ln(I_2+\Delta I)+((I_2+\Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2-V_T \cdot \ln(I_2-\Delta \\
 & I)-((I_2-\Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2 \\
 & =[\ln(I_1+I_2+\Delta I)-\ln(I_1+I_2-\Delta I)+\ln(I_2+\Delta \\
 & I)-\ln(I_2-\Delta I)+(2 \cdot a \cdot \Delta I) / I_2] \cdot V_T \\
 & \dots \dots \dots (11)
 \end{aligned}$$

其次，在第3圖，計算差動放大器15之增益 G_{va} 。

輸入於差動對電晶體Q5、Q6之基極的差動輸入信號為 V_{ia} ，從差動對電晶體Q5、Q6之集電極之輸出為 V_{oa} ，在電流源17所流之電流為 $2 \cdot I_3$ 。電晶體之電流放大率 β 為無限大。

由差動輸入信號 V_{ia} ，在差動對電晶體Q5、Q6所流之電流 I_3 變化 ΔI 時，在電晶體Q5、6Q之基極-發射電極間發生之電壓 ΔV_{be5} 、 ΔV_{be6} 、在電阻R3(電阻值R3)、R4(電阻值R4)、R5(電阻值R5)、R6(電阻值R6)發生之電壓 ΔV_{r3} 、 ΔV_{r4} 、 ΔV_{r5} 、 ΔV_{r6} 係各成為下式。

$$\Delta V_{be5}=V_T \cdot \ln(I_3+\Delta I) \quad \dots \dots \dots (12)$$

$$\Delta V_{be6}=V_T \cdot \ln(I_3-\Delta I) \quad \dots \dots \dots (13)$$

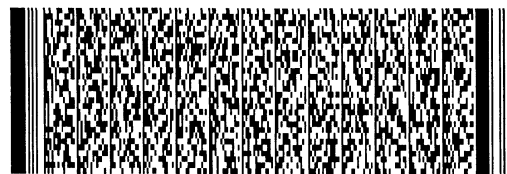
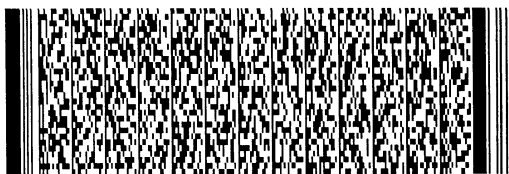
$$\Delta V_{r3}=(I_3+\Delta I) \cdot R_3 \quad \dots \dots \dots (14)$$

$$\Delta V_{r4}=(I_3-\Delta I) \cdot R_4 \quad \dots \dots \dots (15)$$

$$\Delta V_{r5}=(I_3+\Delta I) \cdot R_5 \quad \dots \dots \dots (16)$$

$$\Delta V_{r6}=(I_3-\Delta I) \cdot R_6 \quad \dots \dots \dots (17)$$

差動輸入信號 V_{ia} 係用上述(12)、(13)、(14)、(15)



五、發明說明 (8)

式，以下式表示。

$$\begin{aligned} V_{ia} &= \Delta V_{be5} + \Delta V_{r3} - (\Delta V_{be6} + \Delta V_{r4}) \\ &= V_T \cdot \ln(I_3 + \Delta I) + (I_3 + \Delta I) \cdot R_3 - V_T \cdot \ln(I_3 - \Delta I) - (I_3 - \Delta I) \cdot R_4 \quad \dots \dots \dots (18) \end{aligned}$$

差動輸出信號 V_{oa} 係用上述(16)、(17)，以下式表示。

$$\begin{aligned} V_{oa} &= \Delta V_{r5} - \Delta V_{r6} \\ &= (I_3 + \Delta I) \cdot R_5 - (I_3 - \Delta I) \cdot R_6 \quad \dots \dots (19) \end{aligned}$$

因而，由上述(18)、(19)式，差動放大器15之增益 G_{va} 係以下式表示。

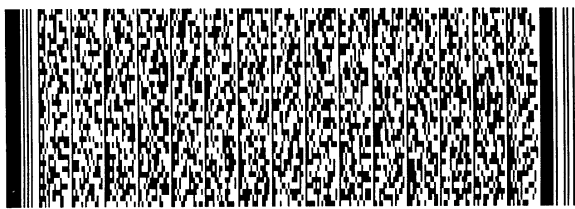
$$\begin{aligned} G_{va} &= V_{oa} / V_{ia} \\ &= [(I_3 + \Delta I) \cdot R_5 - (I_3 - \Delta I) \cdot R_6] / [V_T \cdot \ln(I_3 + \Delta I) + (I_3 + \Delta I) \cdot R_3 - V_T \cdot \ln(I_3 - \Delta I) - (I_3 - \Delta I) \cdot R_4] \\ &\dots \dots \dots (20) \end{aligned}$$

在此，設 $R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = (b \cdot V_T) / I_3$ ，代入上述(20)式時，

$$\begin{aligned} G_{va} &= [((I_3 + \Delta I) \cdot b \cdot V_T) / I_3 - ((I_3 - \Delta I) \cdot b \cdot V_T) / I_3] \\ &/ [V_T \cdot \ln(I_3 + \Delta I) + ((I_3 + \Delta I) \cdot b \cdot V_T) / I_3 - V_T \cdot \ln(I_3 - \Delta I) - ((I_3 - \Delta I) \cdot b \cdot V_T) / I_3] \\ &= [2 \cdot \Delta I \cdot b] / I_3 / [\ln(I_3 + \Delta I) - \ln(I_3 - \Delta I) + (2 \cdot \Delta I \cdot b) / I_3] \quad \dots \dots (21) \end{aligned}$$

差動輸入信號 V_{ia} 係由上述(18)式，設 $R_3 = R_4 = (b \cdot V_T) / I_3$ 時，成為下式。

$$V_{ia} = V_T \cdot \ln(I_3 + \Delta I) + ((I_3 + \Delta I) \cdot b \cdot V_T) / I_3 - V_T \cdot$$



五、發明說明 (9)

$$\begin{aligned} & \ln(I_3 - \Delta I) - ((I_3 - \Delta I) * b * VT) / I_3 \\ & = [\ln(I_3 + \Delta I) - \ln(I_3 - \Delta I) + (2 * b * \Delta I) / I_3] * VT \\ & \dots \dots (22) \end{aligned}$$

在上述(10)、(11)、(21)、(22)式，設 $I_1=4$ 、 $I_2=1$ 、 $I_3=1$ 、 $a=1$ 、 $b=4$ 時，附有負載電路11之第一射極跟隨器5之增益 G_{ve} 、附有負載電路11之第一射極跟隨器5之差動輸入信號 V_{ie} 、差動放大器15之增益 G_{va} ，差動放大器15之差動輸入信號 V_{ia} 係各以下式表示。

$$\begin{aligned} G_{ve} &= [\ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 2 * \Delta I] / [\ln(5 + \Delta I) - \ln(5 - \Delta I) + \ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 2 * \Delta I] \dots \dots \dots \\ & (23) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ie} &= [\ln(5 + \Delta I) - \ln(5 - \Delta I) + \ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 2 * \Delta I] * VT \dots \dots \dots \dots (24) \end{aligned}$$

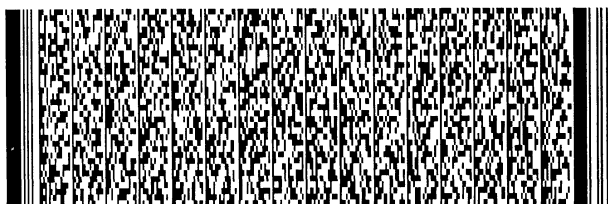
$$\begin{aligned} G_{va} &= [8 * \Delta I] / [\ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 8 * \Delta I] \dots \dots \dots \\ & (25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ia} &= [\ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 8 * \Delta I] * VT \\ & \dots \dots \dots (26) \end{aligned}$$

在此，使輸入信號為零時之增益以1將上述(23)、(25)式正規化。即，差動輸入信號為零時，使附有負載電路11之第一射極跟隨器5之增益與，差動放大器15之增益的出發點為相同。

在差動輸入信號為零時，為求附有負載電路11之第一射極跟隨器5之增益 G_{ve0} ，調整上述(23)式之 G_{ve} 。

$$G_{ve} = [\ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 2 * \Delta I] / [\ln 5 + \ln(1 + \Delta I)$$



五、發明說明 (10)

$$\ln(5) - \ln(5 - \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + \ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 2 * \Delta I]$$

使 ΔI 為無限小。也就是，在差動輸入信號為零時，附有負載電路11之第一射極跟隨器5的增益 G_{ve0} 係成為如下。

$$\begin{aligned} G_{ve0} &= [\Delta I + \Delta I + 2 * \Delta I] / [\Delta I / 5 + \Delta I / 5 + \Delta I + \Delta I + 2 * \Delta I] \\ &= [4 * \Delta I] / [(2 * \Delta I) / 5 + 4 * \Delta I] \\ &= 20 / 22 \end{aligned}$$

同樣，在(25)式，藉由使 ΔI 為無限小，在差動輸入信號為零時，差動放大器15之增益 G_{va0} 係成為以下之式。

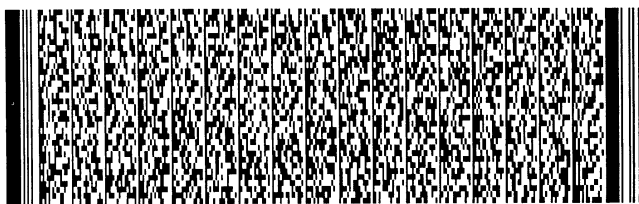
$$\begin{aligned} G_{va0} &= [8 * \Delta I] / [\Delta I + \Delta I + 8 * \Delta I] \\ &= 4 / 5 \end{aligned}$$

從而，在差動輸入信號為零時之增益以1正規化的附有負載電路11之第一射極跟隨器5的增益 G_{ven} 、差動放大器15之增益 G_{van} ，係由 $G_{ven} = G_{ve} / G_{ve0}$ 、 $G_{van} = G_{va} / G_{va0}$ ，以下式表示。

$$G_{ven} = [22 / 20] * [\ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 2 * \Delta I] / [\ln(5 + \Delta I) - \ln(5 - \Delta I) + \ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 2 * \Delta I] \dots (27)$$

$$G_{van} = [(5 / 4) * (8 * \Delta I)] / [\ln(1 + \Delta I) - \ln(1 - \Delta I) + 8 * \Delta I] \dots \dots \dots (28)$$

在上述(24)、(26)、(27)、(28)式，在使 ΔI 變化時之曲線圖表示於第4圖。橫軸係差動輸入信號 V_{ie} 、 V_{ia} ，



五、發明說明 (11)

由(24)、(26)式計算。縱軸係增益(以真數表示)。

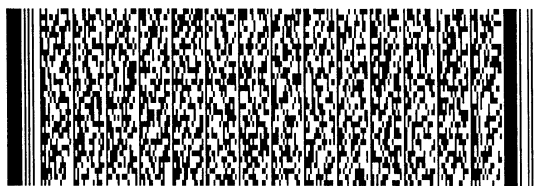
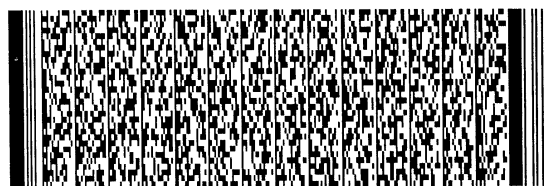
從第4圖可知，附有負載電路11之第一射極跟隨器5之增益與差動放大器15之增益係表示互逆之特性。差動放大器全體之增益係成為使附有負載電路11之第一射極跟隨器5之增益與差動放大器15之增益相乘算之特性。因此，差動放大器全體之增益係在廣大之輸入範圍，成為一定。此意係差動放大器全體之失真變為良好。

附言之，在 $R3 \cdot I3 = R4 \cdot I3$ 之值小值，係有不必要 $R1$ 、 $R2$ 之場合。

在第5圖表示，在第1圖所示差動放大器之三次交互調變特性(IM3)的模擬(simulation)結果。模擬條件係 $I1 = 80 \mu A$ 、 $I3 = 160 \mu A$ 、 $I2 = 20 \mu A$ 、 $R1 = R2 = 1.5K \Omega$ 、 $R3 = R4 = 1k \Omega$ 、 $R5 = R6 = 1k \Omega$ 。在上述之計算式雖使 $a = 1$ 、 $b = 4$ ，實際上，為使 a 、 b 配合於失真之最減低的值， a 、 b 之值係若干與計算式相異。

在第5圖，A曲線係在第一射極跟隨器5未附負載電路11之場合的差動放大器15之三次交互調變(IM3)的曲線，B曲線係在第一射極跟隨器5附有負載電路11之場合的差動放大器15之三次交互調變(IM3)的曲線。藉由在第一射極跟隨器5附加負載電路11，可大幅改善差動放大器15之三次交互調變(IM3)。

與第5圖之模擬條件同樣，第一射極跟隨器5之電流與差動放大器15之電流為相同，使差動放大器之三次輸出截斷點(OI3；輸出端19、21)改善6dB的場合，對本發



五、發明說明 (12)

明，在負載電路11僅以第一射極跟隨器5的1/4之電流流通即可，在差動放大器全體所流之電流係僅從
 $(2 * I_1 + I_3 + 2 * I_2) / (2 * I_1 + I_3) = 1.125$ 增加+12.5%就可。

但，第10圖之先前技術的電路技術，因為必要使在差動放大器15所流之電流成為兩倍之關係，在差動放大器全體所流之電流係從
 $(2 * I_1 + 2 * I_3) / (2 * I_1 + I_3) = 1.5$ 增加+50%。

如此，與先前技術比較以消耗電流之若干增加分量對失真具有大的改善效果。

尚且替代NPN電晶體Q1至Q6，也可使用PNP電晶體。此種場合，電源關係，成為相逆。

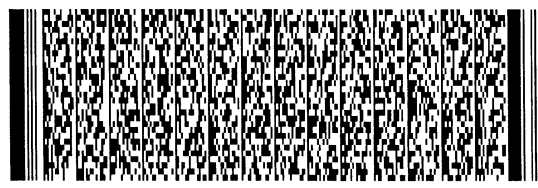
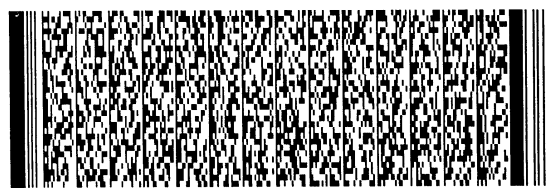
[第二實施例]

第一實施例係假定差動放大器15不成為第一射極跟隨器5之負載的場合。但，對處理高頻之差動放大器或在發送輸出段所用之差動放大器等，在差動放大器15所耗電流較多之差動放大器的場合，差動放大器15之輸入阻抗低降。因此，差動放大器15成為第一射極跟隨器5之負載，而在第一實施例所示假定不成立。

電晶體之電流放大率為 β ，差動對之各電晶體Q5、Q6之發射電極電阻為 r_e ，接連於差動對的各電晶體Q5、Q6之發射電極的電阻為 R_E 。

然而，差動放大器15之輸入阻抗的絕對值 $|Z_{in}|$ 係概略以 $|Z_{in}| = 2 * \beta * (r_e + R_E)$ 表示。在此， β 係，

概略 $\beta = [(\beta_0 * f t) / f] / [\beta_0 + f t / f]$ 。



五、發明說明 (13)

β_0 係低頻之電流放大率，通常 $\beta_0=100$ 程度。 f_t 係過渡 (transistion) 頻率。 f 係差動放大器15之差動輸入信號的頻率。

差動對之各電晶體Q5、Q6的發射電極電流為I，以電阻RE所發生之電壓下降為 $c*V_T$ 時。由 $r_e=V_T/I$ ，
 $RE=(c*V_T)/I$ ，

$$|Z_{in}|=2*\beta*[V_T/I+(c*V_T)/I]。$$

由此式可知 $|Z_{in}|$ 係比例於 β ，與I成為反比例。

又，由 $\beta=[\beta_0*f_t]/f/[\beta_0+f_t/f]$ ，可知 β 係以高頻而低降。

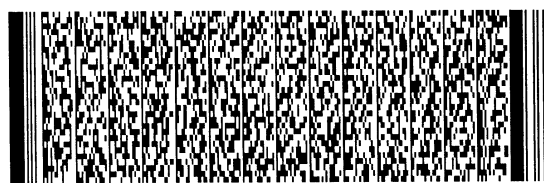
例如，頻率f為 f_t 之1/10時， $\beta=10$ 程度。

由以上，可知差動放大器15之輸入阻抗的絕對值 $|Z_{in}|$ 係由高頻之 β 低降或，差動放大器15之電流增加而變小。即，對第一射極跟隨器5，差動放大器15成為負載。因而，必要另謀對策。

因此，第6圖係本發明之第二實施例，係表示差動放大器15之輸入阻抗的絕對值在低之場合的差動放大器之原理圖。

差動放大器15成為第一射極跟隨器5之負載的場合，係如第6圖所示，在第一射極跟隨器5之前段也另追加一個第二射極跟隨器31。

第二射極跟隨器31係由NPN電晶體Q7、Q8與，電流源33、35所構成。電晶體Q7之集電極係接連於電壓源VCC，其基極係接連於輸入端1a，其發射電極係接連於電流源



五、發明說明 (14)

33 之一端。電流源33之他端係接地。

電晶體Q8之集電極係接連於電壓源VCC，其基極係接連於輸入端3a，其發射電極係接連於電流源35之一端。電流源35之他端係接地。

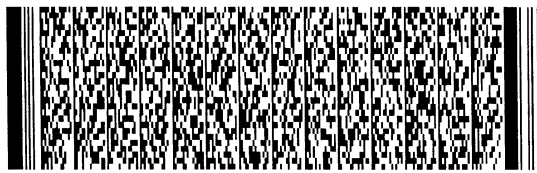
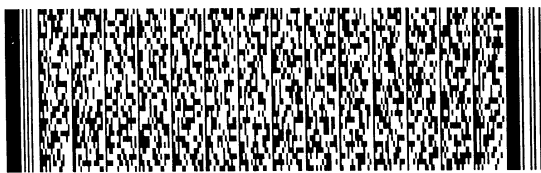
更且，負載電路11係與第一實施例相異，接連於第二射極跟隨器31。

電晶體Q3之集電極與基極係共同接連於電晶體Q7之發射電極，其發射電極係接連於電阻R1之一端。電阻R1之他端係接連於電流源13之一端。電流源13之他端係接地。電晶體Q4之集電極與基極係共同接連於電晶體Q8之發射電極，其發射電極係接連於電阻R2之一端。電阻R2之他端係接連於電流源13之一端。

此時，在差動放大器15之前段的第一射極跟隨器5之輸入阻抗(從第6圖之A點、B點所視之輸入阻抗)的絕對值 $|Z_{in}|$ 係概略以 $|Z_{in}| = 2 * \beta * \beta * (r_e + R_E)$ 表示之關係，雖以高頻而 β 變小時，不成為初段之第二射極跟隨器31的負載，在第一實施例所說明之假定成立。

與第6圖相異，使負載電路11接連於第一射極跟隨器5之場合的缺點，參照第7圖加以說明。

第7圖係在附有負載電路11之第一射極跟隨器5接連電阻 $2 * R_L$ 的電路圖。電阻 $2 * R_L$ 係表示前述的差動放大器15之輸入阻抗的絕對值 $|Z_{in}|$ 。在第7圖，求在電阻 R_L 變化之場合的附有負載電路11之第一射極跟隨器5的增益 G_{vel} 。



五、發明說明 (15)

在電晶體Q1、Q2之基極輸入之差動輸入信號為 V_{i1} ，從電晶體Q1、Q2之發射電極輸出之差動輸出信號為 V_{o1} ，在電流源7、9所流之電流為 I_1 ，在電流源13所流之電流為 $2 \cdot I_2$ 。

由差動輸入信號 V_{i1} ，在電晶體Q1、Q2所流之電流變化 ΔI ，在電晶體Q3、Q4所流之電流變化 ΔI_2 時。此時，在電晶體Q1、Q2、Q3、Q4之基極-發射電極間所發生電壓 ΔV_{be1} 、 ΔV_{be2} 、 ΔV_{be3} 、 ΔV_{be4} ，在電阻R1(電阻值R1)、R2(電阻值R2)、RL(電阻值RL)所發生電壓 ΔV_{r1} 、 ΔV_{r2} 係各以下式表示。

$$\Delta V_{be1} = V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) \quad \dots \dots (29)$$

$$\Delta V_{be2} = V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) \quad \dots \dots (30)$$

$$\Delta V_{be3} = V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I_2) \quad \dots \dots (31)$$

$$\Delta V_{be4} = V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I_2) \quad \dots \dots (32)$$

$$\Delta V_{r1} = (I_2 + \Delta I_2) \cdot R_1 \quad \dots \dots (33)$$

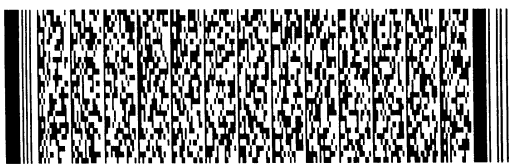
$$\Delta V_{r2} = (I_2 - \Delta I_2) \cdot R_2 \quad \dots \dots (34)$$

$$\Delta V_{r1} = (\Delta I - \Delta I_2) \cdot 2 \cdot R_L \quad \dots \dots (35)$$

差動輸出信號 V_{o1} 係用上述(31)、(32)、(33)、(34)式，以下式表示。

$$\begin{aligned} V_{o1} &= \Delta V_{be3} + \Delta V_{r1} - (\Delta V_{be4} + \Delta V_{r2}) \\ &= V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I_2) + (I_2 + \Delta I_2) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I_2) \\ &\quad - (I_2 - \Delta I_2) \cdot R_2 \quad \dots \dots \dots (36) \end{aligned}$$

因 $\Delta V_{r1} = V_{o1}$ 之關係， ΔI 係用(35)、(36)式，以下式表示。



五、發明說明 (16)

$$(I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 - \Delta I) \cdot R_2 + V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) = 2 \cdot R_L \cdot \Delta I$$

$$\Delta I = \frac{V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - (I_2 - \Delta I) \cdot R_2}{2 \cdot R_L} \quad \dots \dots (37)$$

差動輸入信號 V_{i1} 係用上述(29)、(30)、(36)式，以下式表示。

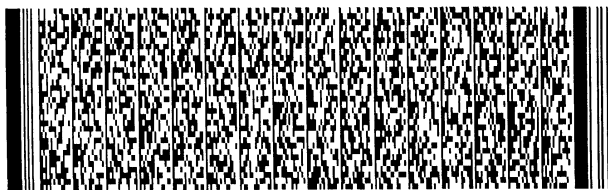
$$\begin{aligned} V_{i1} &= \Delta V_{be1} - \Delta V_{be2} + V_{o1} \\ &= V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) \\ &\quad + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - (I_2 - \Delta I) \cdot R_2 \quad \dots (38) \end{aligned}$$

從而，由上述(36)、(38)式，附有負載電路11的第一射極跟隨器5之增益 G_{v1} 係如以下表示。

$$\begin{aligned} G_{v1} &= V_{o1} / V_{i1} \\ &= \frac{V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - ((I_2 - \Delta I) \cdot R_2)}{V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + (I_2 + \Delta I) \cdot R_1 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - (I_2 - \Delta I) \cdot R_2} \quad \dots (39) \end{aligned}$$

在此，設 $R_1 = R_2 = (a \cdot V_T) / I_2$ ，代入(39)式時，

$$\begin{aligned} G_{v1} &= \frac{V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + ((I_2 + \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - ((I_2 - \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2}{V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I) + ((I_2 + \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I) - ((I_2 - \Delta I) \cdot a \cdot V_T) / I_2} \\ &= \frac{\ln(I_2 + \Delta I) - \ln(I_2 - \Delta I) + (2 \cdot a \cdot \Delta I) / I_2}{\ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + \ln(I_2 + \Delta I) - \ln(I_2 - \Delta I)} \end{aligned}$$



五、發明說明 (17)

$$I_2) - \ln(I_2 - \Delta I_2) + (2 * a * \Delta I_2) / I_2] \dots (40)$$

ΔI 係設 $R_1 = R_2 = R = (a * V_T) / I_2$ 、 $R_L = b * R = (b * a * V_T) / I_2$ ，代入(37)式時，

$$\begin{aligned} \Delta I &= \Delta I_2 + [V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I_2) + ((I_2 + \Delta I_2) * a * V_T) / I_2 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I_2) - ((I_2 - \Delta I_2) * a * V_T) / I_2] / \\ &[(2 * b * a * V_T) / I_2] \\ &= \Delta I_2 + I_2 * [\ln(I_2 + \Delta I_2) - \ln(I_2 - \Delta I_2) + (2 * a * \Delta I_2) / I_2] / [2 * a * b] \dots \dots (41) \end{aligned}$$

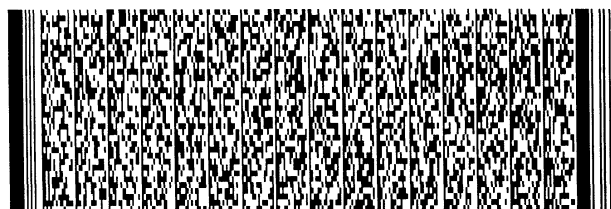
差動輸入信號 V_{i1} 係由(38)式， $R_1 = R_2 = a * V_T / I_2$ 時，以下式表示。

$$\begin{aligned} V_{i1} &= V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - V_T \cdot \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + V_T \cdot \ln(I_2 + \Delta I_2) + ((I_2 + \Delta I_2) * a * V_T) / I_2 - V_T \cdot \ln(I_2 - \Delta I_2) - ((I_2 - \Delta I_2) * a * V_T) / I_2 \\ &= [\ln(I_1 + I_2 + \Delta I) - \ln(I_1 + I_2 - \Delta I) + \ln(I_2 + \Delta I_2) - \ln(I_2 - \Delta I_2) + (2 * a * \Delta I_2) / I_2] * V_T \dots \dots (42) \end{aligned}$$

在(40)、(41)、(42)式，設 $I_1 = 4$ 、 $I_3 = 1$ 、 $I_2 = 1$ 、 $a = 1$ 時，附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器5的增益 G_{v1} ，附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器5的差動輸入信號 V_{i1} 、 ΔI 係，以下式表示。

$$\begin{aligned} G_{v1} &= [\ln(1 + \Delta I_2) - \ln(1 - \Delta I_2) + 2 * \Delta I_2] / [\ln(5 + \Delta I) - \ln(5 - \Delta I) + \ln(1 + \Delta I_2) - \ln(1 - \Delta I_2) + 2 * \Delta I_2] \\ &\dots \dots (43) \end{aligned}$$

$$V_{i1} = [\ln(5 + \Delta I) - \ln(5 - \Delta I) + \ln(1 + \Delta I_2) - \ln(1 - \Delta$$



五、發明說明 (18)

$$I2)+2*\Delta I2]*VT \dots \dots \dots (44)$$

$$\Delta I = \Delta I2 + [\ln(1 + \Delta I2) - \ln(1 - \Delta I2) + 2*\Delta I2] / [2*b] \dots (45)$$

在此，將(43)式在輸入信號為零時之增益以1正規化。即，在差動輸入信號為零時，附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器5的增益與差動放大器15的增益之出發點係設成相同。

在(45)式，使 $\Delta I2$ 為無限小時， ΔI 係可由以下之式表示。

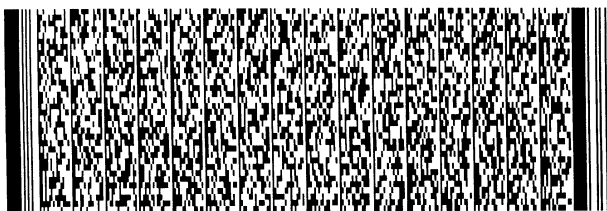
$$\Delta I = \Delta I2 + [\Delta I2 + \Delta I2 + 2*\Delta I2] / [2*b] = (4 / 2b + 1) * \Delta I2$$

差動輸入信號為零時，為求附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器5的增益 G_{ve10} ，整理上述 G_{ve1} 。

$$G_{ve1} = [\ln(1 + \Delta I2) - \ln(1 - \Delta I2) + 2*\Delta I2] / [\ln 5 + \ln(1 + \Delta I / 5) - \ln 5 - \ln(1 - \Delta I / 5) + \ln(1 + \Delta I2) - \ln(1 - \Delta I2) + 2*\Delta I2]$$

$\Delta I2$ 為無限小時，就是，差動輸入信號為零時，求附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的第一射極跟隨器5之增益 G_{ve10} 。此時。由 $\Delta I = (4 / 2b + 1) * \Delta I2$ ，

$$G_{ve10} = [\Delta I2 + \Delta I2 + 2*\Delta I2] / [\Delta I / 5 + \Delta I / 5 + \Delta I2 + \Delta I2 + 2*\Delta I2] \\ = [\Delta I2 + \Delta I2 + 2*\Delta I2] / [((4 / 2b + 1) * \Delta I2) / 5 + ((4 / 2b + 1) * \Delta I2) / 5 + \Delta I2 + \Delta I2 + 2*\Delta I2]$$



五、發明說明 (19)

$$= 20 / (4 / b + 22)$$

從而，使差動輸入信號為零時之增益以1正規化，附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器5的增益 G_{ve1n} 係由 $G_{ve1n} = G_{ve1} / G_{ve10}$ ，以下式表示。

$$G_{ve1n} = [(4 / b + 22) / 20] * [\ln(1 + \Delta I_2) - \ln(1 - \Delta I_2) + 2 * \Delta I_2] / [\ln(5 + \Delta I) - \ln(5 - \Delta I) + \ln(1 + \Delta I_2) - \ln(1 - \Delta I_2) + 2 * \Delta I_2] \quad \dots \dots (46)$$

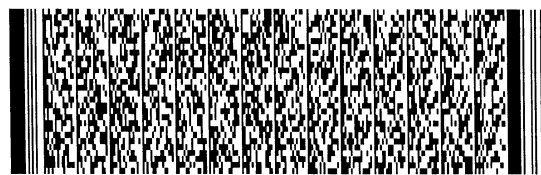
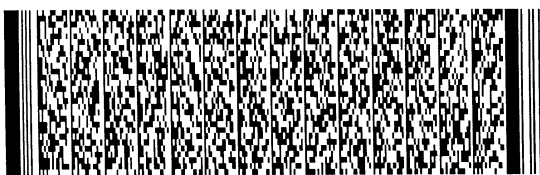
在(44)、(45)、(46)式使 $b=2$ 、 3 ，使 ΔI_2 變化，橫軸為差動輸入信號 V_{ie1} 、縱軸為增益(以真數表示)。然而在第4圖，使(44)、(45)、(46)式之特性繪成一起的圖表示於第8圖。

從第8圖可知，電阻 R_L 比電阻 R 不充分大時，附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器5的增益係與差動放大器15的增益非為逆特性。

此係意味著無法以負載電路11補正差動放大器15之失真特性。其結果，差動放大器全體之失真的改善效果不大。

因此，差動放大器15之輸入阻抗低，為第一射極跟隨器5之負載的場合，係不可在差動放大器15之前段的第一射極跟隨器5設負載電路11。

於是，如第6圖所示在負載輕之初段的第二射極跟隨器31之輸出端，藉由接連負載電路11以補正差動放大器全體之失真。



五、發明說明 (20)

又，使差動放大器多段接連之場合，係預先在差動放大器之輸入輸出插入射極跟隨器的關係，不必要新追加射極跟隨器。

替代電晶體Q1~Q8，也可用PNP電晶體。此種場合，電源關係是成為相逆。

在第9圖表示多段接連之場合的差動放大器之電路圖。與第6圖之相異點係追加電容器C1、C2、電阻R7、R8、R9、電流源41之點。

電容器C1係配置於電晶體Q7之發射電極與電晶體Q1之基極間。電容器C2係配置於電晶體Q8之發射電極與電晶體Q2之基極間。

電阻R7之一端係接連於電壓源VCC，其他端係接連於電流源41之一端。電流源41之他端係接地。電阻R8係配置於電阻R7之他端與電晶體Q1之基極間。電阻R9係配置於電阻R7之他端與電晶體Q2之基極間。

然而，電阻R7、R8、電流源41係進行使基極電流在電晶體Q1流通的作用。電阻R7、R8、R9、電流源41係進行使基極電流在電晶體Q2流通的作用。

第9圖之差動放大器之失真改善效果，係在電阻R8、R9之電阻值較大，不成為初段之第二射極跟隨器31的負載之場合，可得與第一實施例同等的失真改善效果。

尚且替代電晶體Q1~Q8，也可使用PNP電晶體。此種場合，電源關係，係相逆。

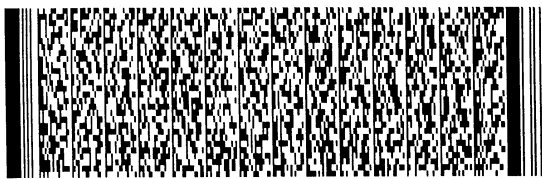
使差動放大器以多段縱連接連之場合，如在第6圖之



五、發明說明 (21)

第一與第二射極跟隨器5、31成為二段串聯時，使從前段之差動放大器來的直流偏移(offset)放大，或後段之差動放大器不發生動作，包含第一與第二射極跟隨器5、31與差動放大器15必要 V_{be} 三個分之電壓。因此，電源電壓低時，有差動放大器不動作之虞。

此種場合，如第9圖所示，一般係藉由在第一段、第二段之射極跟隨器5、31之間插入電容器C1、C2，以使不受從前段之差動放大器來的直流偏移的影響同時，在電源電壓低之場合也可使用。



圖式簡單說明

第1圖係本發明之差動放大器的第一實施例之基本電路。

第2圖係附有第1圖中之負載電路11的第一射極跟隨器5之電路圖。

第3圖係第1圖中之差動放大器15之電路圖。

第4圖係附有第2圖之負載電路11的第一射極跟隨器5之增益與，第3圖之差動放大器15的增益之表示圖。

第5圖係在第1圖之第一射極跟隨器5未附負載電路11的場合之差動放大器15的三次交互調變(IM3)特性與，第一射極跟隨器5附有負載電路11的場合之差動放大器15的三次交互調變(IM3)特性之表示圖。

第6圖係表示本發明之第二實施例的差動放大器15之輸入阻抗的絕對值低之場合的差動放大器之原理圖。

第7圖係表示加上差動放大器15之等價電阻，替代第6圖，附有負載電路11之第一射極跟隨器5的電路圖。

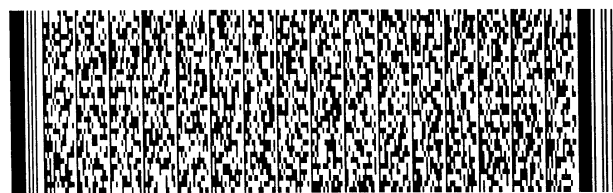
第8圖係附上負載電路11與差動放大器15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器5的增益之表示圖。

第9圖係多段接連的場合之差動放大器的電路圖。

第10圖係處理高頻之先前的差動放大器之電路圖。

圖式之標示說明：

- 5 第一射極跟隨器
- 11 負載電路
- 15 差動放大器
- 31 第二射極跟隨器



四、中文發明摘要 (發明名稱：差動放大器)

提供一種差動放大器可處理高頻同時能大幅抑制失真之發生。在第一射極跟隨器5之次段接連差動放大器15，更使負載電路11接連於第一射極跟隨器5之輸出端。

伍、(一)、本案代表圖為：第____1____圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

5 第一射極跟隨器(Q1、Q2、7、9)

11 負載電路(Q3、Q4、R1、R2、13)

15 差動放大器(Q5、Q6、R3、R4、R5、R6、

17)

陸、英文發明摘要 (發明名稱：DIFFERENTIAL AMPLIFIER)

A differential amplifier is provided. The differential amplifier enables to treat high frequency and at the same time largely avoids distortion. A differential amplifier 15 is connected to the next stage of a first emitter-follower 5. Further, a load circuit 11 is connected to the output terminal of the first emitter-follower 5.



六、申請專利範圍

1. 一種差動放大器，其特徵在於，包括：

一射極跟隨器；

一差動放大器，係接連於該射極跟隨器之次段，以及
一負載電路，係補正該差動放大器之失真。

2. 如申請專利範圍第1項所述之差動放大器，其特徵在於，該負載電路係由一二極體所構成。

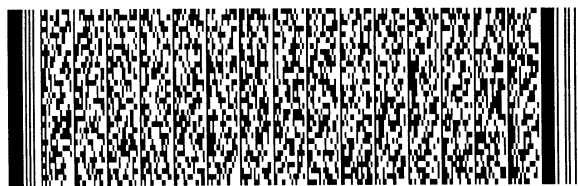
3. 如申請專利範圍第1項所述之差動放大器，其特徵在於，該負載電路係由一二極體與一電阻所構成。

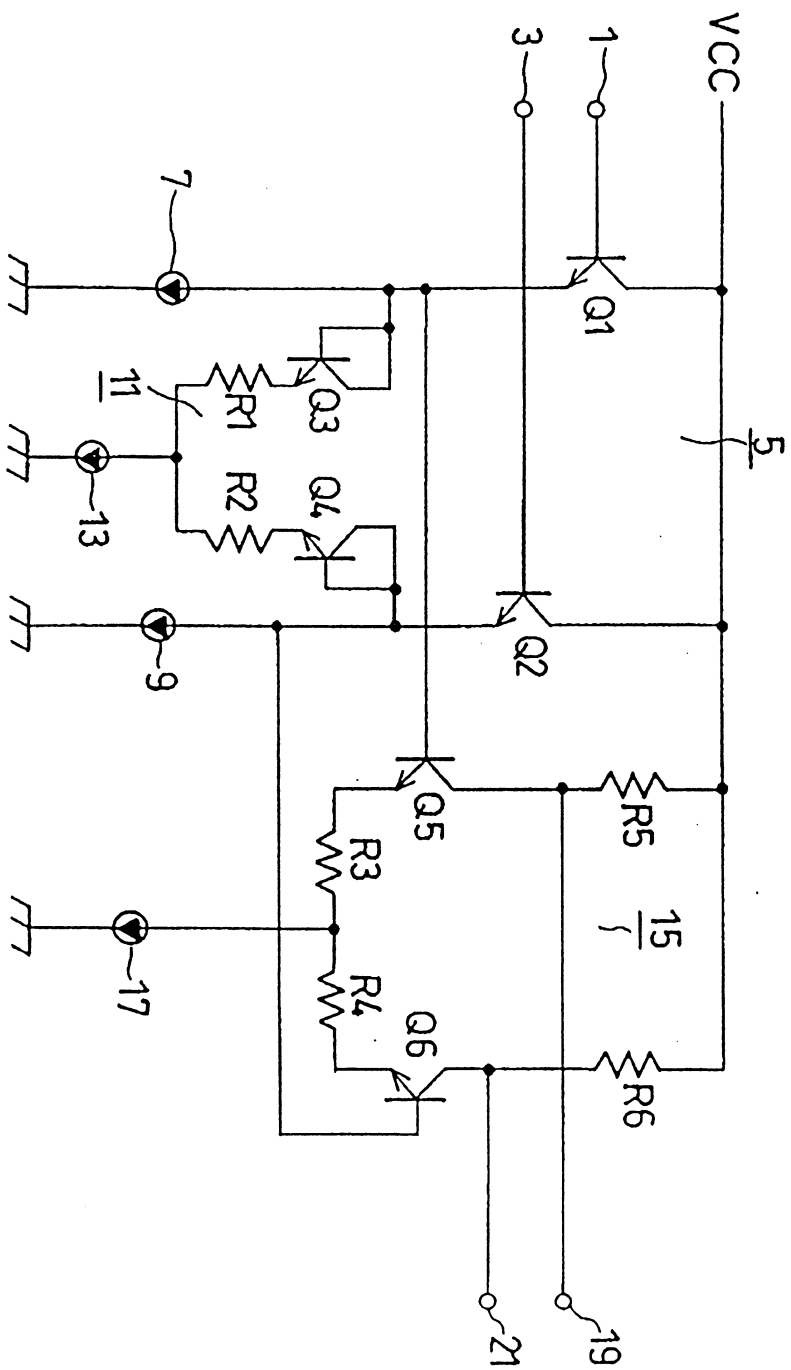
4. 如申請專利範圍第2項或第3項所述之差動放大器，其特徵在於，該二極體係由基極與集電極短路之一電晶體所構成。

5. 如申請專利範圍第1項至第3項中之任何一項所述之差動放大器，其特徵在於，該負載電路係接連於該射極跟隨器之一輸出端。

6. 如申請專利範圍第1項至第3項中之任何一項所述之差動放大器，其特徵在於，該射極跟隨器係設兩段，在第一段的該射極跟隨器之輸出端接連該負載電路。

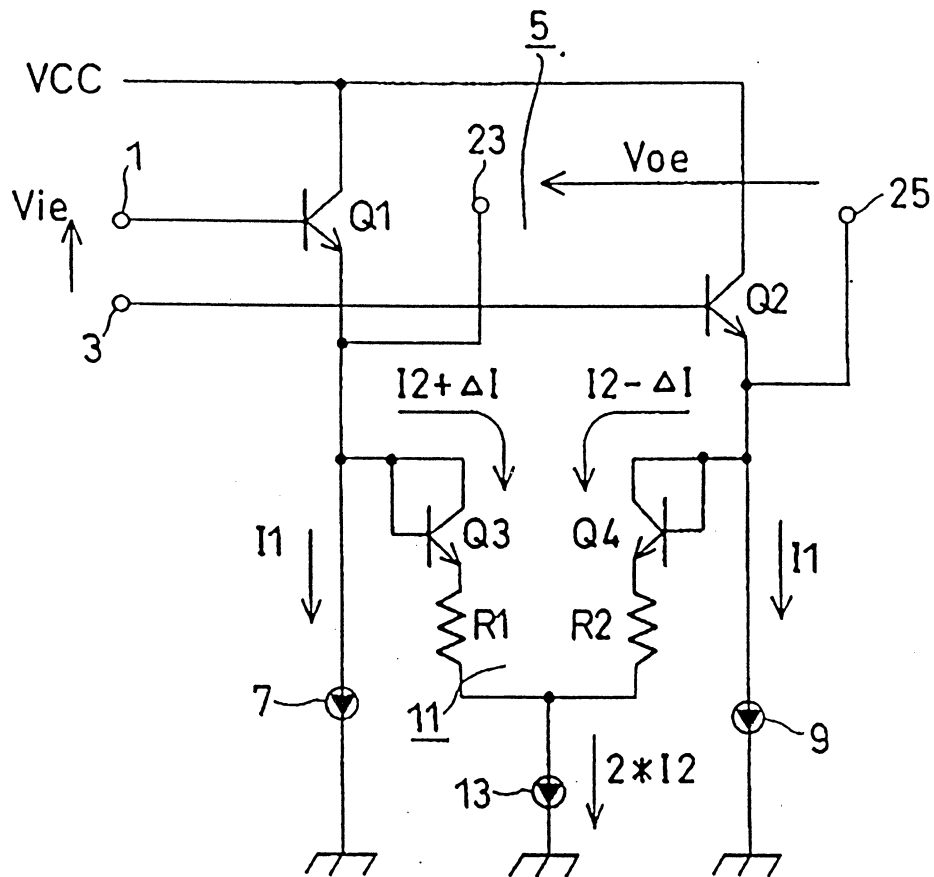
7. 如申請專利範圍第6項所述之差動放大器，其特徵在於，在第一段的該射極跟隨器與第二段的該射極跟隨器之間插入一電容器。





- 5 : 第一射極跟隨器(Q1, Q2, 7, 9)
- 11 : 負載電路(Q3, Q4, R1, R2, 13)
- 15 : 差動放大器(Q5, Q6, R3, R4, R5, R6, 17)

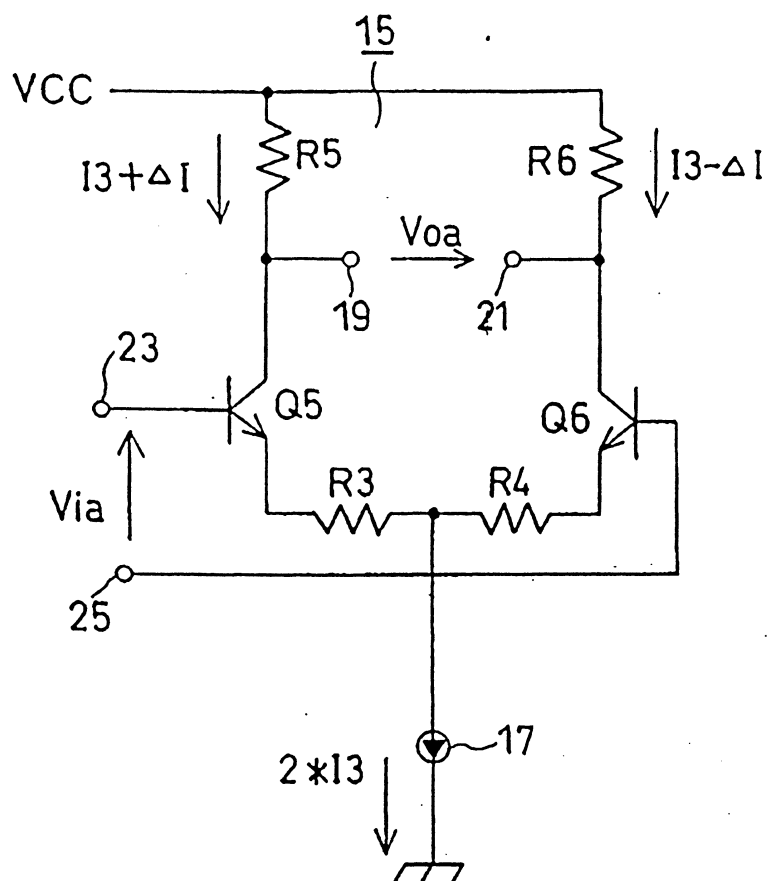
第 1 圖



5 : 第一射極跟隨器(Q1, Q2, 7, 9)

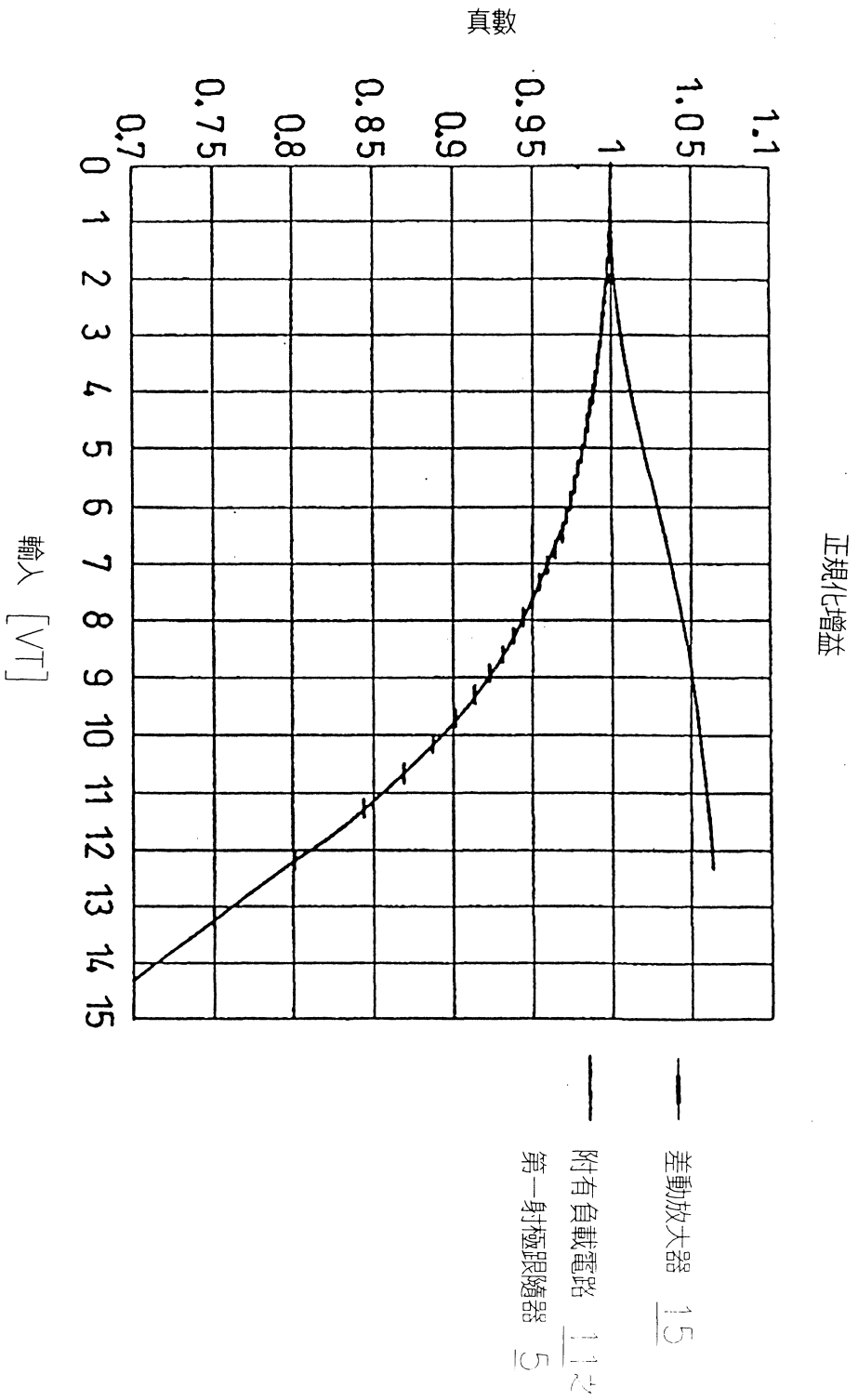
11 : 負載電路(Q3, Q4, R1, R2, 13)

第 2 圖



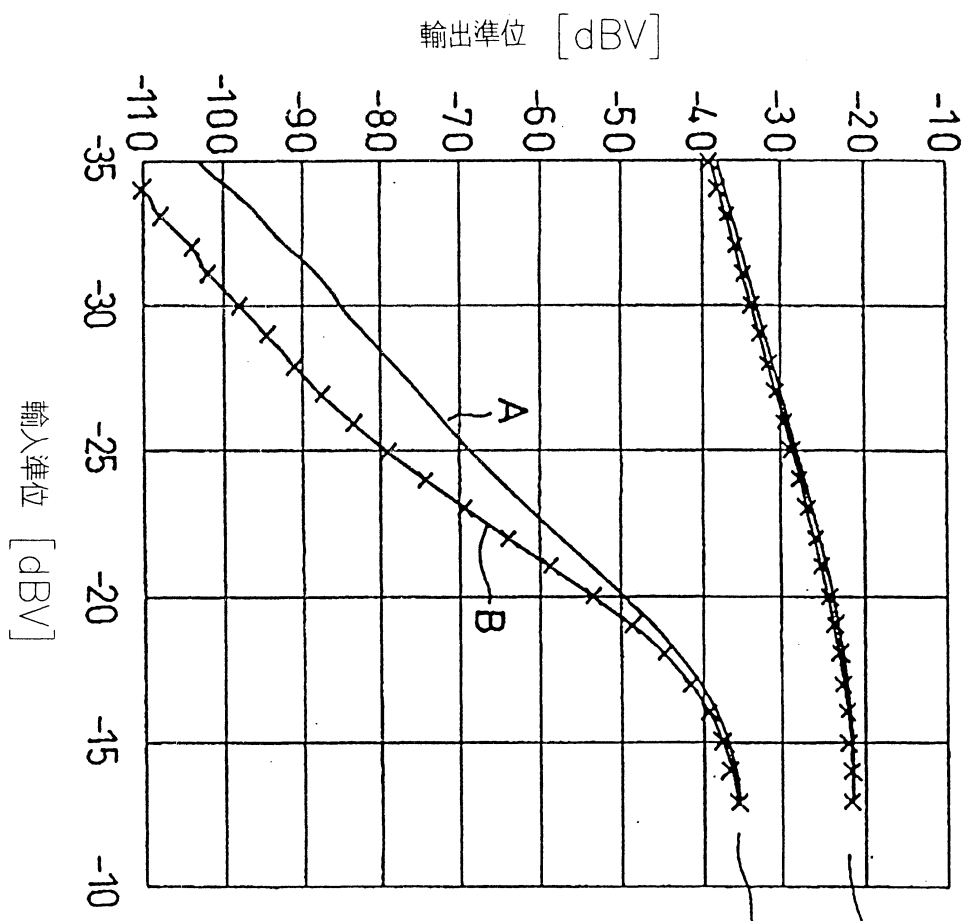
15 : 差動放大器(Q5,Q6,R3,R4,R5,R6,17)

第 3 圖



第 4 圖

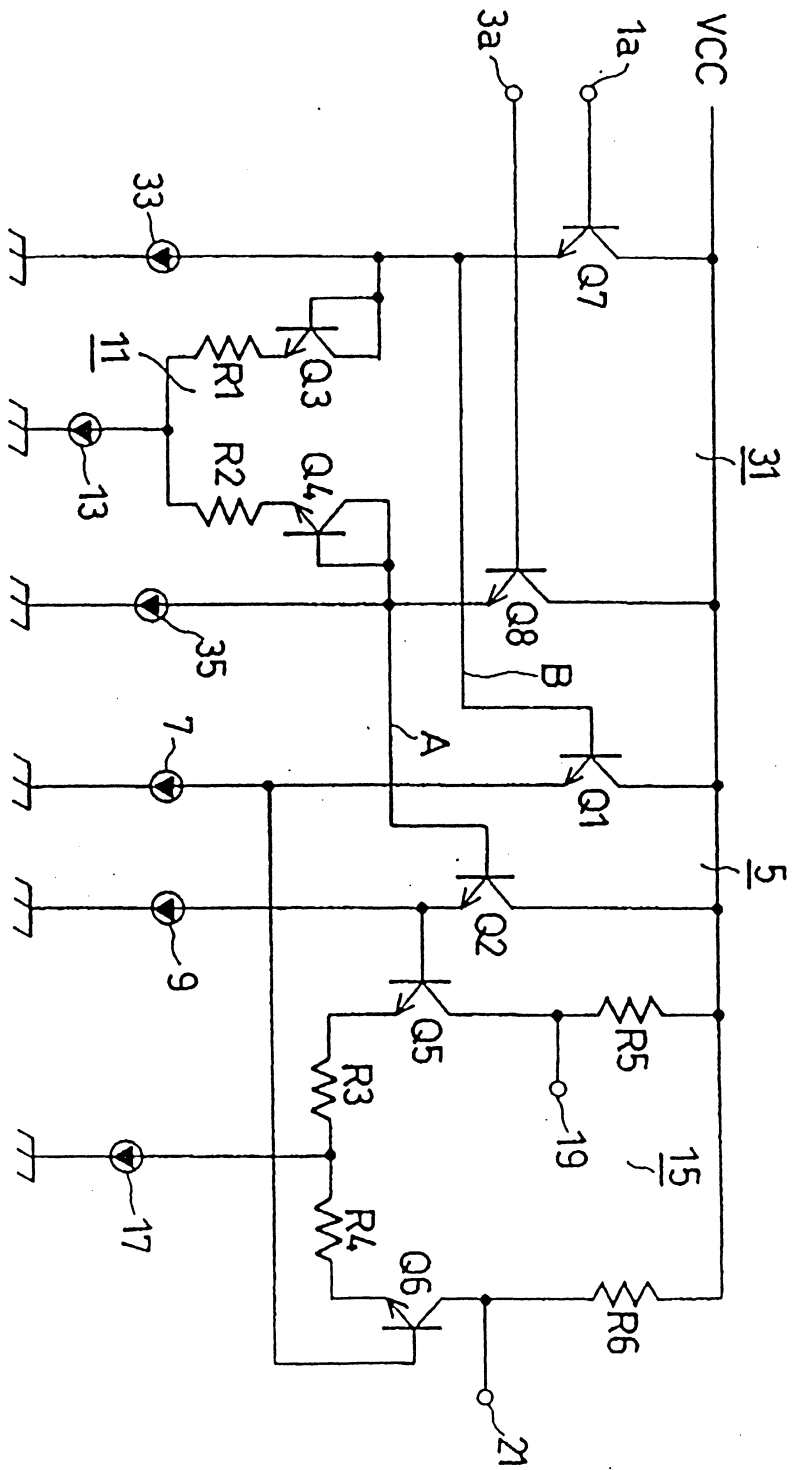
三次交互調變 (IM3) 特性



A: 在第一射極跟隨器 5 未附負載電路 11
 之場合的差動放大器 15 之 IM3

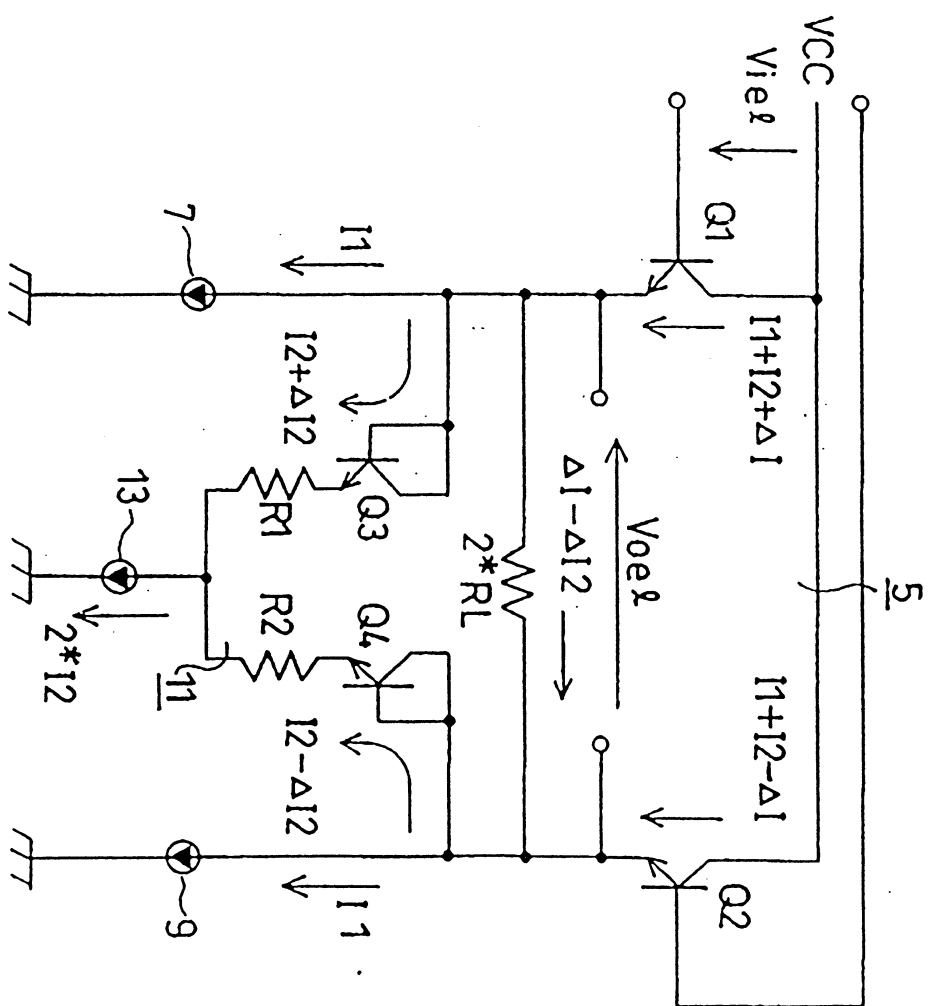
B: 在第一射極跟隨器 5 附負載電路 11
 之場合的差動放大器 15 之 IM3

第 5 圖

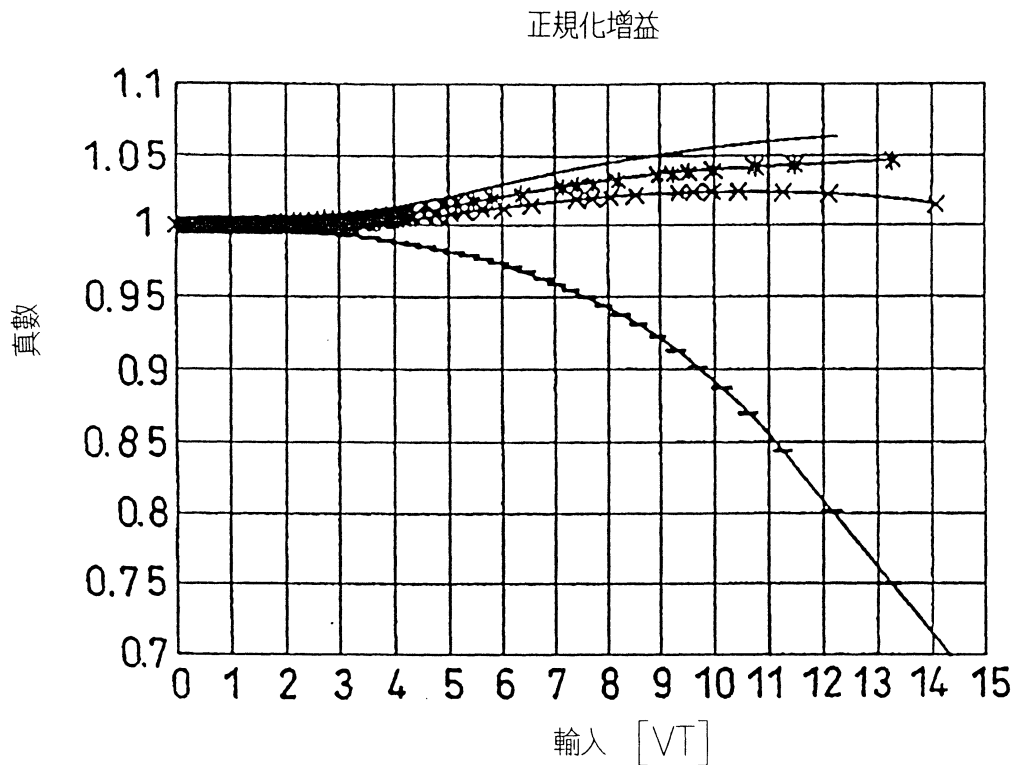


- 5 : 第一射極跟隨器(Q1, Q2, 7, 9)
- 11 : 負載電路(Q3, Q4, R1, R2, 13)
- 15 : 差動放大器(Q5, Q6, R3, R4, R5, R6, 17)
- 31 : 第二射極跟隨器(Q7, Q8, 33, 35)

第 6 圖

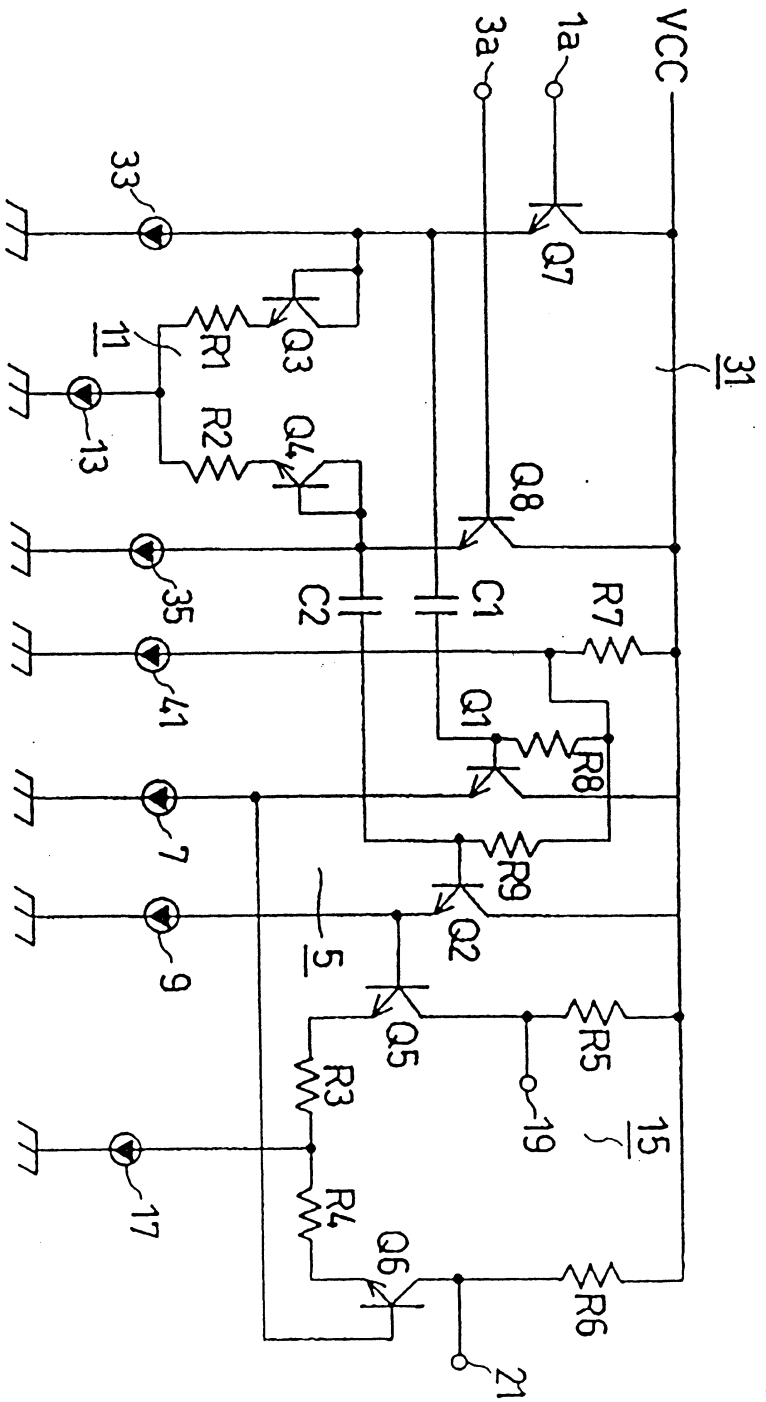


第 7 圖



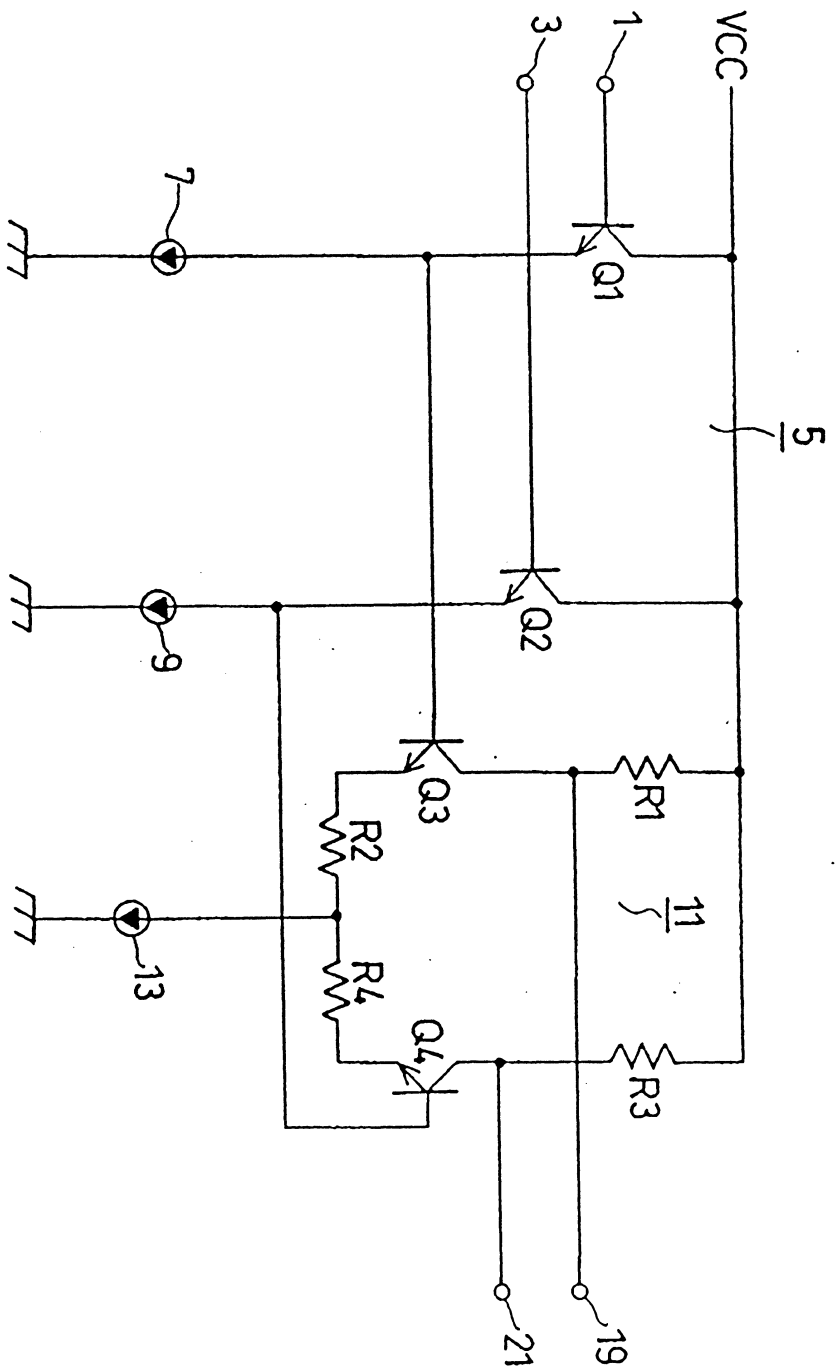
- : 差動放大器 15之增益
- : 附上負載電路 11與差動放大器 15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器 5的增益($R_L = \infty$)
- *— : 附上負載電路 11與差動放大器 15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器 5的增益($R_L = 3R$)
- x— : 附上負載電路 11與差動放大器 15之輸入阻抗的絕對值之第一射極跟隨器 5的增益($R_L = 2R$)

第 8 圖



- 5 : 第一射極跟隨器(Q1, Q2, 7, 9)
- 11 : 負載電路(Q3, Q4, R1, R2, 13)
- 15 : 差動放大器(Q5, Q6, R3, R4, R5, R6, 17)
- 31 : 第二射極跟隨器(Q7, Q8, 33, 35)

第 9 圖



5 : 第一射極跟隨器(Q1, Q2, 7, 9)

11 : 負載電路(Q3, Q4, R1, R2, R3, R4, 13)

第10圖