



P. - 55.320

RCA 65.850

478586

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años

a nombre de RCA CORPORATION

entidad norteamericana

con domicilio en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y.  
10020, Estados Unidos de América.

por: "UNA DISPOSICION AMPLIFICADORA"

(Clase Internacional H011)

4.9.73

- 1 -

RECEIVED  
RCA CORPORATION  
WASHINGTON  
D.C.



Este invento se refiere a amplificadores de transistores con emisor puesto a masa que tienen potenciales de polarización base-emisor en reposo, compensados en cuanto a la temperatura, aplicados a los mismos para estabilizar las corrientes de colector contra el embalamiento térmico.

En los amplificadores que incorporan el invento, el circuito de polarización compensado en temperatura incluye un transistor auxiliar con emisor puesto a masa que tiene un elemento resistivo acoplado entre su base y el colector. En el estado de trabajo en reposo, el elemento resistivo lleva solamente la corriente de base para el transistor auxiliar. El transistor auxiliar proporciona preamplificación de las señales de entrada además de proporcionar el potencial de base-emisor en reposo, compensado en temperatura, para el transistor amplificador.

En el dibujo adjunto:

La fig. 1 es un diagrama de circuito de un paso amplificador con transistores de acuerdo con la técnica anterior, y

la fig. 2 es un diagrama de circuito de un amplificador con transistores que incorpora el invento.

La estabilización del punto de funciona-



miento de un paso con transistores con emisores puestos a masa suministrando su potencial base-emisor en reposo desde un diodo semiconductor polarizado en sentido directo es ya práctica común. Este diodo semiconductor, a veces, está formado por un transistor que tiene sus electrodos de colector y de base conectados entre sí para dar un terminal del diodo, estando el otro terminal en su electrodo de emisor.

Con referencia a la fig. 1, se muestra la polarización compensada en temperatura de la técnica anterior, de un paso con transistores con emisores puestos a masa. La batería 1 proporciona un potencial de trabajo  $V_{CC}$  comunicado a través de la combinación en serie de la resistencia 2 y el transistor 3 conectado como diodo. La realimentación de colector a base del transistor 3, proporcionada por la conexión directa 4 entre sus electrodos de colector y de base, funciona para mantener su electrodo de colector a un voltaje de desplazamiento base-emisor,  $V_{BE}$ . El  $V_{BE}$  para el transistor es bastante constante sobre un amplio margen de corrientes de trabajo y depende del material semiconductor empleado para hacer el transistor. Por ejemplo, es típicamente de 0,5 a 0,7 voltios para un transistor de silicio. La caída de potencial a través de la resistencia 2 está bien definida, como  $V_{CC} - V_{BE}$ . Por tanto, la corriente de colector  $I_{C3}$



del transistor 3, según se determina por aplicación de la ley de Ohm, es como sigue:

5

$$I_{C3} = \frac{V_{CC} - V_{BE3}}{R_2} \quad (1)$$

10        donde

$V_{BE3}$  es el voltaje de desplazamiento base-emisor del transistor 3,

$R_2$  es el valor óhmico de la resistencia 2, y

15         $V_{CC}$  es el potencial de la batería.

El transistor 5 recibe el mismo voltaje base-emisor entre sus terminales de base y emisor que el transistor 3. Si el transistor 5 es similar, y comparte el mismo ambiente térmico que el transistor 3, la corriente de colector  $I_{C5}$  del transistor 5 será la misma que la del transistor 3, es decir

20

25



$$I_{C5} = \frac{V_{CC} - V_{BE3}}{R_2} \quad (2)$$

5

Como  $V_{CC}$ ,  $V_{BE3}$  y  $R_2$  son cada una de ellas cantidades bien definidas que varían muy poco con la temperatura y como  $V_{BE3}$ , que es la que más probablemente mostrará variación con la temperatura, es en general aprecia-  
10 blemente menor que  $V_{CC}$ ,  $I_{C5}$  está determinada de modo estable y es sustancialmente invariable con la temperatura. El potencial de colector en reposo del transis-  
15 tor 5 viene determinado por la caída de potencial a través de la resistencia 6 causada por  $I_{C5}$ .

Se observará que, en la aplicación de señales a amplificar en la configuración de circuito de la técnica anterior de la fig. 1, el transistor 3 no  
20 ayuda al proceso de amplificación. La impedancia en el electrodo de colector del transistor 3 puede definirse como:

25



$$\frac{\Delta V_{BE3}}{\Delta I_{C3}} = \frac{1}{g_{m3}} \quad (3)$$

5

donde  $g_{m3}$  es la transconductancia del transistor 3. La impedancia de entrada del transistor 5 con emisor puesto a masa se sabe que es:

10

$$\frac{\beta_5}{g_{m5}} \quad (4)$$

15

donde  $g_{m5}$  es la transconductancia del transistor 5 y es igual a  $g_{m3}$ , puesto que  $I_{C3} = I_{C5}$ , y

$\beta_5$  es la ganancia de corriente en sentido directo del transistor 5 con emisor puesto a masa.

20

Como  $\beta_5$  es normalmente superior a 35 o 40, la impedancia de entrada del transistor 5 es proporcionalmente mucho más alta que la impedancia de colector del transistor 3 conectado como diodo. La impedancia de colector del transistor 3 está esencialmente a masa para las señales para

25



el extremo del arrollamiento secundario 7 del transformador de entrada 9 que está alejado del electrodo de base del transistor 5.

5 Las señales de entrada son acopladas desde el manantial de señales 13 al primario 11 del transformador de entrada 9. Por el acoplo mutuo M del transformador 9, las señales son acopladas al secundario 7 del transformador 9 y aplicadas al electrodo de base del transistor 5 para ser amplificadas. Las señales amplificadas son entonces acopladas desde el electrodo de colector del transistor 5 por medio del condensador 15 a la carga 17. La ganancia de voltaje G se debe al transistor 5 solamente, y es bien sabido que

15 
$$G = g_{m5} R_L \quad (5)$$

donde  $R_L$  es la impedancia de la carga total del colector del transistor 5.

20 Con referencia a la fig. 2, la configuración que hemos mostrado esquemáticamente incorpora el presente invento. En la fig. 2, los elementos que llevan números iguales corresponden a los mostrados y descritos con respecto a la fig. 1.

25 El manantial de señales 13 está acopla-



do por medio de un elemento capacitivo 19 a la base del transistor auxiliar 3. La realimentación colector-base comprende un elemento resistivo 21. En el estado de reposo, es decir, cuando no es suministrada señal desde el manantial 13, la corriente de base para el transistor auxiliar 3 circula desde la batería 1 y a través de la resistencia 2 y el elemento resistivo 21 a la base del transistor 3. El elemento resistivo 21 lleva toda la corriente de base, y ninguna otra corriente, en este momento. Dicho de otro modo, sólo la corriente de base para el transistor 3 circula a través del elemento resistivo 21 en condiciones de trabajo en reposo, con lo cual la caída de potencial en reposo a través del elemento 21 viene determinada por la corriente de base en reposo.

El voltaje en reposo desarrollado entre el colector y el emisor del transistor 3 es aplicado a través del trayecto base-emisor del transistor amplificador 5 en forma de voltaje de polarización compensado en temperatura. Además, el transistor 3 proporciona preamplificación de las señales de entrada procedentes del manantial de señales 13.

Para analizar la provisión de potencial base-emisor, compensado en temperatura, al transistor 5, será de ayuda la siguiente ecuación conocida que descri-



de la acción del transistor:

5

$$V_{BE} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_C}{I_s} \quad (6)$$

10

donde  $k$  = constante de Boltzmann

$q$  = carga de un electrón

$T$  = temperatura absoluta

$I_s$  = corriente de fuga

15

En la disposición de la fig. 2, el voltaje base-emisor  $V_{BE5}$  del transistor 5 es algo mayor que el voltaje base-emisor  $V_{BE3}$  del transistor 3. Esto es debido a la caída de potencial a través del elemento resistivo 21 causada por la circulación de corriente de base en reposo al transistor 3.

20

De la ecuación (6) anterior se sigue que:

25



$$V_{BE5} - V_{BE3} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{C5}}{I_{S5}} - \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{C3}}{I_{S3}} \quad (7)$$

5

Suponiendo de nuevo que los transistores 3 y 5 son similares y que están en el mismo ambiente térmico. Así,

10

$$I_{S5} = I_{S3} \quad \text{y} \quad (8)$$

15

$$V_{BE5} - V_{BE3} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{C5}}{I_{C3}} \quad (9)$$

20

$I_{C3}$  viene determinada por la ley de Ohm como  $(V_{CC} - V_{BE5})/R_2$  y, como antes, está bien definida a pesar de las variaciones de temperatura si  $V_{CC}$  es apreciablemente mayor que  $V_{BE5}$ . Por consiguiente, la ecuación precedente define  $I_{C5}$  en función de  $V_{BE5} - V_{BE3}$ .

25

El valor requerido del elemento resis-



5 tivo 21,  $R_{21}$ , para mantener una relación seleccionada de corrientes de colector  $I_{C5}/I_{C3}$ , viene determinado por la ley de Ohm. Suponiendo que la corriente de base en reposo del transistor 3 sea igual a  $I_{C3}/\beta_3$ , donde  $\beta_3$  es la ganancia de corriente en sentido directo en el emisor puesto a masa del transistor 3:

10 
$$R_{21} = \frac{V_{BE5} - V_{BE3}}{I_{C3}/\beta_3} = \frac{\beta_3}{I_{C3}} \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{C5}}{I_{C3}} \quad (10)$$

15  $\beta_3$  aumenta con la temperatura. Con  $R_{21}$  fija,  $I_{C3}$  fija y temperatura creciente,  $I_{C5}$  debe reducirse. Este cambio tiene un sentido opuesto al del embalamiento térmico, que es la condición en la cual la corriente de colector aumenta a velocidad creciente al cambiar la temperatura. La adición del elemento resistivo 21 proporciona sobrecompensación contra el embalamiento térmico, cuya sobrecompensación es aceptable o deseable en muchos circuitos, en comparación con una compensación sustancialmente exacta proporcionada cuando el transistor 3  
20 tiene su electrodo de base directamente conectado a su  
25



electrodo de colector.

La fig. 3 muestra una parte del circuito mostrado y descrito con respecto a la fig. 2, y se corresponde con él. En la realización de la fig. 3,  
5 un elemento resistivo 31 está dispuesto entre el electrodo de colector del transistor 3 y el electrodo de base del transistor 5. Introduciendo resistencia en el acoplo del electrodo de colector del transistor 3 con el electrodo de base del transistor 5, la sobrecompensación arriba estudiada con respecto a la fig. 2 puede  
10 reducirse, anularse o superarse. También, si  $I_{C5}/I_{C3}$  es grande, los efectos de la corriente de base del transistor 5 sobre la circulación de corriente a través de la resistencia 2 se hacen más pronunciados en comparación con la corriente de colector  $I_3$ , lo que reduce,  
15 anula o supera la sobrecompensación.

La contribución del transistor amplificador preliminar 3 a la amplificación global del circuito puede calcularse, haciéndose notar que la contribución a la ganancia del transistor 5 es la misma  
20 en las configuraciones mostradas en las figs. 1 y 2.

La ganancia de voltaje de señal en circuito abierto del transistor 3 es;

25



$$G_3 = g_{m3} \left( R_2 \parallel \frac{\beta_5}{g_{m5}} \right) \quad (11)$$

5

donde la expresión entre paréntesis es la combinación en paralelo de  $R_2$  y  $\frac{\beta_5}{g_{m5}}$ . La ganancia de voltaje de

10

señal en circuito cerrado del transistor amplificador preliminar 3 puede calcularse de modo muy aproximado procediendo desde la ecuación de realimentación negativa general:

15

$$K = \frac{G}{1+GH} \quad (12)$$

20

donde K es la ganancia de voltaje en circuito cerrado,

G es la ganancia de voltaje en circuito abierto,  
H es la ganancia de voltaje en el circuito de realimentación,

25



$$K = g_{m3} \left( R_2 \parallel \frac{\beta_5}{g_{m5}} \right) \quad (13)$$

5

---

$$1 \pm \left[ g_{m3} \left( R_2 \parallel \frac{\beta_5}{g_{m5}} \right) \right] \left[ \frac{R_s + \frac{\beta_3}{g_{m3}}}{R_{21} \pm R_s + \frac{\beta_3}{g_{m3}}} \right]$$

10

15 Esta ecuación puede evaluarse para una diversidad de condiciones.

Supóngase que  $R_s$ , la impedancia del manantial de señales 13, es pequeña en comparación con  $R_{21}$  y que la impedancia de entrada del transistor 3 es  $\beta_3/g_{m3}$  y supóngase además que  $R_2$  es pequeña en comparación con  $R_{21}$  y con la impedancia de entrada del transistor 5, que es  $\beta_5/g_{m5}$ ; entonces:

20

25



$$K = g_{m3} R_2 \quad (14)$$

5 Es decir, que se realiza la plena ganancia de voltaje con emisor puesto a masa del transistor 3.

10 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 15 de Septiembre de 1972, bajo el Nº 289.355 se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15 REIVINDICACIONES

20 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

25 1ª.- Una disposición amplificadora que



comprende transistores primero y segundo de tipo de conductividad similar, que tienen sus emisores conectados por medios de impedancia despreciable a un punto de potencial de referencia (masa), primeros medios resistivos conectados entre el colector del primer transistor y un terminal de alimentación de trabajo, medios conductores de la corriente continua que acoplan el colector del primer transistor con la base del segundo transistor, medios de salida acoplados al colector del segundo transistor, y medios de entrada acoplados a la base del primer transistor, caracterizada porque unos segundos medios resistivos están conectados entre el colector y la base del primer transistor como único elemento portador en reposo directamente conectado a esa base, y porque dichos medios de entrada están conectados para suministrar señales de entrada entre la base y el emisor del primer transistor.

2ª.- Una disposición amplificadora según la reivindicación 1ª, caracterizada además por unos terceros medios resistivos conectados entre el colector del segundo transistor y un terminal de alimentación de trabajo, en la que cada uno de dichos primeros y segundos medios resistivos tiene un valor resistivo mayor al menos en la mitad de un orden de magnitud que el de dichos terceros medios resistivos.



3ª.- Una disposición amplificadora según la reivindicación 1ª, caracterizada además porque dichos medios conductores de la corriente continua que acoplan el colector del primer transistor con la base del segundo transistor, consisten en un elemento resistivo que tiene un valor tal como para anular, al menos en parte, la compensación de temperatura proporcionada por el primer transistor y los segundos medios resistivos.

5

4ª.- Una disposición amplificadora.

10

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de diecisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

15

Madrid,

P. A.

- 6 OCT 1973

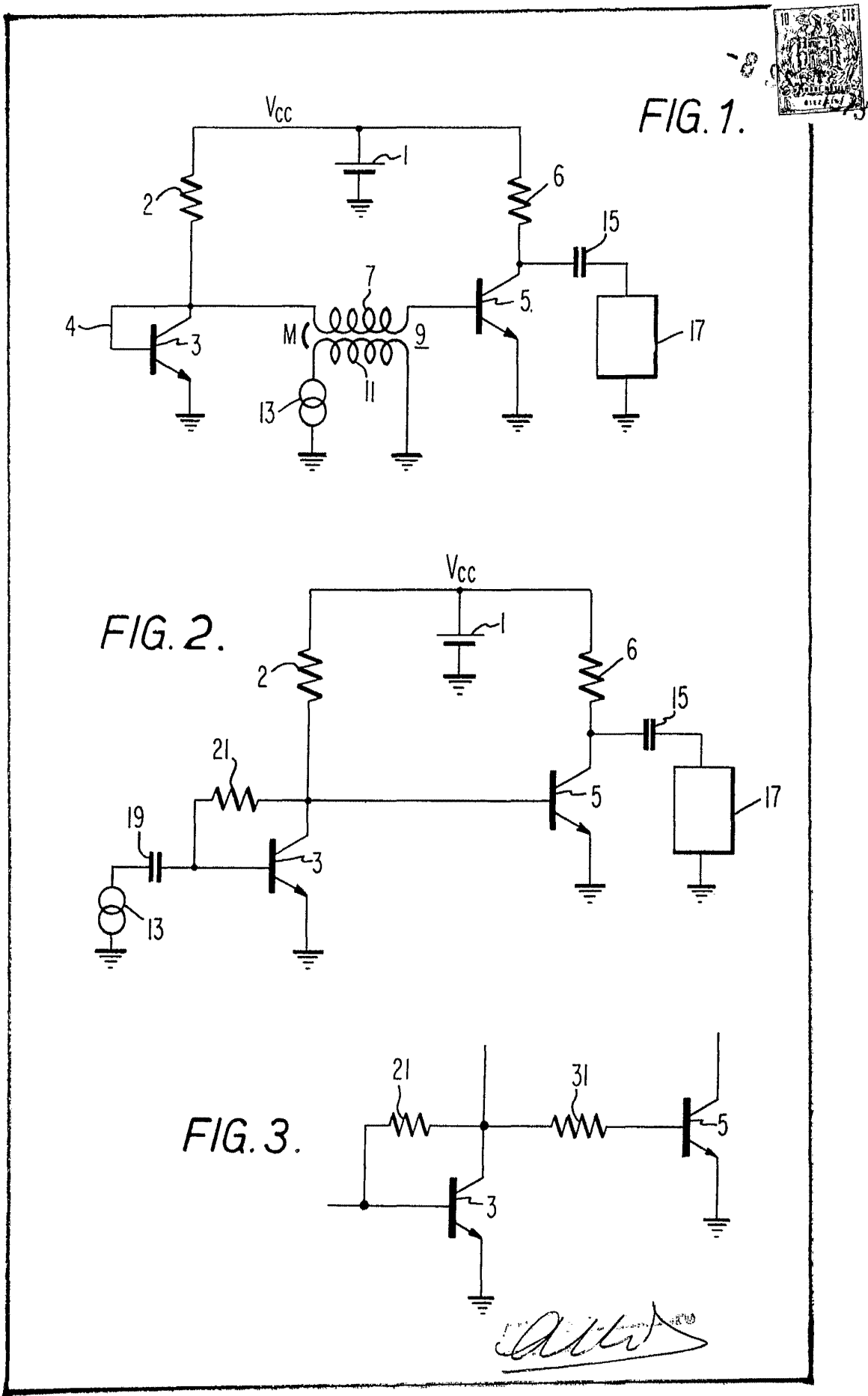
20

25

4.9.73

- 17 -

EAS.-



*Att*