

13 JU



P.- 57.972

RCA 66862

H03F//H01L

MEMORIA DESCRIPTIVA

428240

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de RCA CORPORATION

entidad norteamericana.

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

por: "UNA DISPOSICION DE CIRCUITO DE POLARIZACION PARA
POLARIZAR EN SENTIDO DIRECTO LA UNION BASE-EMISOR
DE UN TRANSISTOR DE SALIDA"

(Clase Internacional H01L, H03g)

1.7.74



El presente invento se refiere a circuitos para polarizar un transistor para que tenga una circulación de corriente de colector relacionada con la corriente de entrada que depende de la relación de ciertas dimensiones físicas de ese transistor respecto a ciertas dimensiones físicas de otros dispositivos semiconductores.

En los circuitos integrados monolíticos, el margen de resistencias disponibles de circuito integrado es limitado, de modo que ha resultado ventajoso en muchos casos polarizar los transistores por medios distintos de los circuitos resistivos.

En la técnica anterior (tal como se describe, por ejemplo, en la Memoria de la patente de los Estados Unidos No. 3.391.311) se ha hecho que una corriente de colector relativamente pequeña circule en un transistor que tiene su circuito base-emisor polarizado por el potencial de barrera de una unión semiconductor polarizada en sentido directo. Puede hacerse que la corriente de colector sea pequeña en comparación con la corriente de polarización que circula en la unión semiconductor dimensionando el área de la unión semiconductor usada para polarizar el transistor de modo que sea varias veces mayor que el área de la unión base-emisor del transistor, pero se ha visto que este método requiere uniones



semiconductoras de área excesivamente grande para reducir la corriente de colector del transistor a una pequeña fracción de la corriente de polarización. Alternativamente, en lugar de usar una unión semiconductoras muy grande para establecer el potencial de polarización base-emisor para el transistor, el transistor puede proveerse de una resistencia de degeneración del emisor. Sin embargo, en tal circuito, la acción de proporcionar la corriente de colector del transistor con la corriente de polarización resulta muy afectada por el valor de estas corrientes lo que, en muchas aplicaciones, puede ser indeseable.

También, en la técnica anterior (como se describe, por ejemplo, en la Memoria de la Patente de los Estados Unidos No. 3.551.836), un transistor amplificador en base común ha tenido su electrodo de base conectado a un potencial de referencia mediante un par de uniones semiconductoras polarizadas en sentido directo y conectadas en serie. Al mismo tiempo, su electrodo de emisor ha sido conectado al potencial de referencia por medio de una unión semiconductoras polarizada para conducir tanto una corriente de entrada como la corriente de emisor del transistor. La corriente de colector del transistor exhibe variaciones de sentido opuesto a las exhibidas por la corriente de entrada.



El presente invento se refiere a un circui
to de polarización para proporcionar un potencial de po-
larización directa a la unión base-emisor de un transis-
tor de salida, cuyo potencial de polarización directa es
5 de tal naturaleza que haga que la corriente de colector
del transistor de salida guarde una relación bien defini-
da con una corriente de entrada. Este circuito de polari-
zación tiene terminales primero y segundo para conexión a
los electrodos de base y de emisor, respectivamente, del
10 transistor de salida, y tiene terminales tercero y cuarto
para conexión con la fuente de la corriente de entrada.
Un primer número, M, de uniones semiconductoras están co
nectadas en un primer trayecto conductor entre los termi-
nales primero y tercero y están polarizadas para conduc-
15 ción en sentido directo de una primera parte de la corrien-
te de entrada. Aparte de las M uniones semiconductoras,
no hay otros elementos que ofrezcan resistencia sustan-
cial en el primer trayecto conductor. Un segundo número,
N, de uniones semiconductoras están conectadas en un segun-
20 do trayecto conductor entre el segundo y el tercer termi-
nales y están polarizadas para conducción en sentido di-
recto de una segunda parte de la corriente de entrada.
Aparte de las N uniones semiconductoras, no hay otros ele
mentos que ofrezcan resistencia sustancial en el segundo
25 trayecto conductor. Los números M y N no son iguales en-

13 JUN 1953

tre sí y diferirán en 1 cuando el transistor de salida sea un transistor de una sola unión. Cuando el transistor de salida sea un transistor compuesto que comprenda una pluralidad P de transistores con uniones base-emisor conectadas en serie, M y N diferirán en P. Se usa un divisor de corriente para dividir la circulación de la corriente de entrada a través del cuarto terminal en las porciones primera y segunda antes mencionadas, y la naturaleza de esta división de corriente es tal que estas porciones primera y segunda se mantengan en una relación fija una respecto a la otra. Este circuito de polarización es de utilidad particular en circunstancias en que se desee hacer que la corriente de colector del transistor de salida sea mucho menor que la corriente de entrada sin tener que recurrir a resistencias de alto valor.

En los dibujos:

La fig. 1 es un diagrama de un circuito de polarización que suministra potenciales proporcionales a la diferencia entre los potenciales de barrera desarrollados a través de uniones semiconductoras;

la fig. 2 es un diagrama de la equivalencia entre una unión semiconductor y un transistor que tiene su electrodo de base conectado a su electrodo de colector, cosa ya conocida en la técnica anterior; pero de utilidad para comprender el presente invento;



la fig. 3 es un diagrama de un circuito de polarización que sirve de base para la explicación de circuitos de acuerdo con otros aspectos del presente invento;

5 las figs. 4, 5 y 6 son diagramas de medidas usadas para desarrollar el atenuador de corriente de la fig. 7 a partir del circuito de polarización de la fig. 3;

10 las figs. 7 y 8 son diagramas de atenuadores de corriente que incorporan el presente invento;

la fig. 9 es un diagrama que muestra circuitos equivalentes conocidos por la técnica anterior, que pueden usarse para sustituir partes del circuito mostrado en las figs. 3, 7 y 8;

15 las figs. 10 y 11 muestran atenuadores de corriente que proporcionan una atenuación similar a la del atenuador de corriente de la fig. 9, pero haciendo hincapié en diferentes aspectos del presente invento; y

20 las figs. 12 y 13 muestran atenuadores de corriente que incorporan el presente invento para proporcionar corrientes relacionadas con beta, siendo beta la ganancia de corriente en sentido directo en montaje en emisor común de un transistor.

25 En las explicaciones del presente invento que se dan a continuación, se supone que todos los dis



12 10

positivos semiconductores se encuentran sustancialmente a la misma temperatura. Se supone que las uniones semiconductoras polarizadas en sentido directo de los dispositivos están formadas con perfiles sustancialmente idénticos de difusión o de implantación de iones. Estas suposiciones corresponden con mucha aproximación a las condiciones que han de encontrarse dentro de un circuito integrado monolítico, por ejemplo. Son posibles desviaciones desde estas suposiciones, y en tal caso habrán de esperarse por lo menos algunas desviaciones de los resultados que citaremos, desviaciones que, al menos en parte, pueden predecirse de acuerdo con leyes físicas conocidas.

La fig. 1 muestra un circuito simple para obtener potenciales que son la diferencia entre los potenciales de barrera a través de las uniones semiconductoras que tienen densidades de corriente diferentes a su través. Una corriente $2I_0$ aplicada entre los terminales positivo (+) y negativo (-) del circuito se dividirá por igual entre las ramas izquierda y derecha del circuito. Esta condición es necesaria de acuerdo con la ley de Ohm porque 1) aparece el mismo potencial a través de las ramas izquierda y derecha y 2) cada rama presenta la misma impedancia, constituida por una unión semiconductoras con un área unidad l dada en serie con otra unión semiconductoras con un área dada n veces mayor que el área



unidad. Las uniones 11 y 14 se muestran con un 1 al lado de ellas, dando a entender que sus áreas de unión efectivas se denominan área unidad. Las uniones 12 y 13 se muestran con una n al lado de ellas, dando a entender que éstos dispositivos tienen cada uno un área de unión efectiva n veces mayor que la de la unión 11 o la 14.

Aun cuando las uniones semiconductoras 11, 12, 13 y 14 pueden ser uniones PN simples, también pueden ser transistores, cada uno con su electrodo de base acoplado directamente a su electrodo de colector. Esta equivalencia para el caso de un transistor NPN se ha ilustrado en la fig. 2. Tales transistores NPN conectados como diodos se usan habitualmente como diodos rectificadores en circuitos integrados monolíticos. En el transistor conectado como diodo, la unión base-emisor del transistor gobierna la resistencia rectificadora no lineal del dispositivo existente entre sus electrodos de colector y de emisor. El área efectiva de las uniones base-emisor de dos transistores determina sus conductancias relativas de colector a emisor. En las explicaciones que siguen, se supondrá que el símbolo de diodo rectificador representa esta conexión del transistor, lo mismo que para una unión PN simple, aunque el presente invento puede incorporarse en circuitos que emplean otros tipos de uniones semiconductoras.



El potencial de barrera a través del transistor conectado como diodo será igual a su potencial base-emisor (V_{BE}). Para valores de corriente lo bastante pequeños para que la resistencia del emisor del transistor, debida a su unión, predomine sobre las resistencias por contacto óhmico y concentrada del emisor, la acción del transistor conectado como diodo es análoga a la de una simple unión PN. La siguiente relación bien conocida se obtiene entre el potencial de barrera (V_{BE}) del diodo y la densidad de corriente (J_e) a través del diodo:

$$V_{BE} = \frac{kT}{q} \ln \frac{J_e}{J_s} \quad (1)$$

donde:

J_e puede identificarse como densidad de corriente de emisor para un transistor conectado como diodo;

k = la constante de Boltzmann;

T = la temperatura absoluta;

q = la carga de un electrón; y

J_s = un término de densidad de corriente de saturación, que muestra dependencia respecto a la temperatura, pero que es sustancialmente el mismo



para dispositivos semiconductores que tengan el mismo perfil de unión.

Ahora, refiriéndonos de nuevo al circuito de la fig. 1, circula el mismo valor de corriente I_0 a través de las uniones semiconductoras 12 y 14. Esto quiere decir que la densidad de la corriente a través de la unión semiconductor 14 es n veces mayor que a través de la unión semiconductor 12, ya que la primera es $1/n$ veces mayor que el área de unión efectiva de la unión 12. Por tanto, de la ecuación (1):

$$V_{BE12} = \frac{kT}{q} \ln \frac{J_{e12}}{J_s} \quad (2)$$

y

$$V_{BE14} = \frac{kT}{q} \ln \frac{J_{e14}}{J_s} = \frac{kT}{q} \ln \frac{nJ_{e12}}{J_s} \quad (3)$$

donde:

V_{BE12} = el potencial de barrera a través de la unión 12;

J_{e12} = la densidad de la corriente a través de la unión 12;

V_{BE14} = el potencial de barrera a través de la unión 14; y



13 JUL

J_{e14} = la densidad de la corriente a través de la unión 14.

La diferencia entre V_{BE14} y V_{BE12} , ΔV_{BE} , aparece entre los terminales de salidas 15 y 16. Es decir,

5

$$\Delta V_{BE} = V_{BE14} - V_{BE12} \quad (4)$$

Sustituyendo de las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (4) se obtiene la siguiente ecuación (5):

10

$$\Delta V_{BE} = \frac{kT}{q} \ln n. \quad (5)$$

Este potencial ΔV_{BE} tiene propiedades útiles según puede verse observando los resultados obtenidos cambiando la ecuación 5 tanto aditiva como sustractivamente con la ecuación (1). Sumado al potencial base-emisor aplicado por lo demás a un transistor, este potencial ΔV_{BE} aumentará la corriente de colector n veces. Restado del potencial base-emisor aplicado por lo demás a un transistor, este potencial ΔV_{BE} disminuirá la corriente de colector del transistor n veces. Debe tenerse en cuenta esta última propiedad, ya que en ella se basa la derivación de los circuitos atenuadores de corriente que describiremos.

25

En el circuito 30 de la fig. 3, se desaro-



lla un potencial $2 \Delta V_{BE}$ entre los terminales 15 y 16. Esta modificación del circuito de la fig. 1 se hace aumentando cada una de las uniones 11, 12, 13 y 14 de la fig. 1 con una unión similar en serie con ella. Las uniones 11, 12, 13 y 14 tienen conectadas en serie con ellas las uniones 31, 32, 33 y 34, respectivamente. De la ecuación (5):

5

$$2 \Delta V_{BE} = 2 \frac{kT}{q} \ln n = \frac{kT}{q} \ln n^2 \quad (6)$$

10

Este potencial $2 \Delta V_{BE}$ añadido al potencial base-emisor aplicado por lo demás a un transistor aumentará su corriente de colector n^2 veces o, restado del potencial base-emisor aplicado por lo demás a un transistor, disminuirá en n^2 veces su corriente de colector.

15

Este mismo proceso puede desarrollarse más aumentando la conexión en serie de uniones 11 y 31 con otra unión como ellas, la conexión en serie de las uniones 12 y 32 con otra unión como ellas, la conexión en serie de las uniones 13 y 33 con otra unión como ellas, y la conexión en serie de las uniones 14 y 34 con otra unión como ellas. Esto dará como resultado que se desarrolle un potencial $3 \Delta V_{BE}$ entre los terminales 15 y 16 que, cuando se reste del potencial base-emisor aplicado por lo de-

20

25

13 JUL 1963

más a un transistor, reducirá su corriente de colector en n^3 veces.

Si cada una de las uniones 11, 12, 13 y 14 se reemplaza por 4 uniones similares a ella y conectadas en serie, se desarrolla un potencial $4\Delta V_{BE}$ que puede usarse para reducir la corriente de colector de un transistor en n^4 . La forma de extender este proceso para desarrollar cualquier potencial $m\Delta V_{BE}$ para reducir la corriente de colector de un transistor n^m veces, resultará ahora evidente, a saber: aumentar cada una de las uniones 11, 12, 13 y 14 del circuito original de la fig. 1 con $m-1$ uniones similares a la unión original y conectadas en serie con ella.

Los circuitos de polarización de la especie mostrada en las figs. 1 y 3 son útiles en y por sí mismos. Los potenciales $m\Delta V_{BE} = m(kT/q)\ln n$ que uno de estos circuitos desarrolla entre sus terminales de salida 15 y 16 pueden aplicarse, por ejemplo, entre los electrodos de base de transistores de amplificador diferencial acoplados por emisor para establecer las corrientes de colector relativas en cada uno de los transistores de amplificador diferencial. Una descripción de los efectos sobre transistores de amplificador diferencial acoplados por emisor que tienen potenciales de la naturaleza de $m\Delta V_{BE} = m(kT/q)\ln n$ aplicados entre sus respectivos elec



5 trodos de base puede verse en la solicitud de patente de los Estados Unidos No. 365.833 presentada en 1º de junio de 1973, titulada "FRACTIONAL CURRENT SUPPLY" y cedida, lo mismo que la presente solicitud, a RCA Corporation. Los circuitos mostrados en las figs. 1 y 3 son útiles también como pasos intermedios para comprender el funcionamiento de los circuitos de las otras figuras posteriores de los dibujos.

10 La fig. 4 muestra un circuito 40 en el cual el circuito de la fig. 3 ha sido modificado añadiendo una unión 41 a la rama izquierda del circuito 30 y añadiendo una unión 42 a la rama derecha del circuito 30. Las uniones 41 y 42 tienen superficies de unión iguales, mostradas como áreas unidad, y por cada una de ellas circula
15 una corriente I_0 . (La adición de las uniones 41 y 42 a las ramas de la izquierda y de la derecha del circuito introduce impedancias iguales en cada una de las ramas y, así, no afecta a la división de la corriente $2I_0$ en mitades iguales entre sí). Se desarrollan iguales caídas de
20 potencial de $1V_{BE}$ a través de cada una de las uniones 41 y 42 en respuesta a las corrientes I_0 que circulan respectivamente por ellas.

25 Como antes, entre los terminales 15 y 16 se desarrolla un potencial $2\Delta V_{BE}$. Los terminales 45 y 46 están desplazados en potencial de los terminales 15



y 16, respectivamente, cada uno en un desplazamiento igual V_{BE} . Por consiguiente, los terminales 45 y 46 tienen también un potencial $2\Delta V_{BE}$ entre ellos; y se desarrolla un potencial $V_{BE} - 2\Delta V_{BE}$ entre los terminales 46 y 15.

Como se muestra en la fig. 5, este potencial $V_{BE} - 2\Delta V_{BE}$ puede aplicarse a la unión base-emisor de un transistor con una unión base-emisor de área unidad. Esto, como se verá luego, hace que la corriente de colector del transistor 50 suministrada a través del terminal 55 sea n^2 veces menor que la corriente I_0 que circula en las ramas de la izquierda o de la derecha del circuito 40. Así, esta corriente I_0 es atenuada por este factor; una carga (no mostrada) en el trayecto de emisor-colector del transistor 5 recibirá una corriente de carga igual a I_0/n^2 .

El potencial entre los terminales 46 y 15 aplicado a la unión base-emisor del transistor 50 es $2\Delta V_{BE}$ menor que el potencial V_{BE} que aparece entre los terminales 45 y 15 o entre los terminales 46 y 16. Por consiguiente, la densidad de la corriente de emisor en la unión base-emisor del transistor 50 es $1/n^2$ veces mayor que la que hay en la unión 41 o 42. Como las áreas de unión de las uniones polarizadas en sentido directo de los dispositivos 41, 42 y 50 son análogas, y como los



dispositivos 41 y 42 llevan una corriente con un valor I_0 , la corriente de emisor del transistor 50 debe ser $1/n^2$ menor que I_0 . En otras palabras, como la densidad de corriente del colector a través de la unión base-emisor del transistor 50 es $1/n^2$ veces mayor que a través de las uniones 41 y 42, y como estas uniones tienen todas la misma superficie, la corriente colector-emisor del transistor 50 es I_0/n^2 . La corriente de emisor de un transistor es igual en cuanto a magnitud a la suma de sus corrientes de base y de colector, y en un transistor con ganancia de corriente sustancial en sentido directo en emisor común (h_{fe}) la corriente de base es despreciable en comparación con la corriente de colector. Por tanto, la corriente de colector del transistor 50 puede suponerse sustancialmente igual a su corriente de emisor I_0/n^2 . Las corrientes de base y de emisor del transistor 50 son pequeñas en comparación con las corrientes I_0 que circulan en las ramas izquierda y derecha del circuito 40 y, por consiguiente, no afectan en esencia a la circulación de las corrientes I_0 en las ramas.

La fig. 6 muestra una reagrupación del circuito de la fig. 5. Las uniones de las ramas izquierda y derecha del circuito de polarización han sido reagrupadas en sus respectivas conexiones en serie de modo que las uniones de área unidad aparecen en las extremidades



de cada una de las ramas. Como circula una corriente I_0 en cada una de las ramas izquierda y derecha del circuito de polarización, aparecerán iguales caídas de potencial a través de cada una de las uniones 11 y 42 y a través de cada una de las uniones 41 y 34. Por consiguiente, los terminales 61 y 62 pueden cortocircuitarse por medio de una conexión 63 sin afectar a las circulaciones de corriente en el circuito de polarización de la fig. 6. Análogamente, los terminales 64 y 65 pueden cortocircuitarse por una interconexión 66 sin afectar a las circulaciones de corriente en el circuito de polarización.

Las uniones 11 y 42 en paralelo, cada una con área de unión unidad, pueden sustituirse por una conexión directa y así pueden serlo también las uniones en paralelo 41 y 34, cada una con área de unión unidad. Esto no afectará a las circulaciones de corriente en los restantes elementos 12, 13, 14, 31, 32, 33 y 50. La corriente $2I_0$ aplicada a los terminales positivo (+) y negativo (-) del circuito viene determinada por medios exteriores no mostrados. La división de esta corriente $2I_0$ entre los restantes elementos 12, 13, 14, 31, 32, 33 y 50 viene determinada por las acciones recíprocas entre ellos y es independiente de la división de la corriente $2I_0$ en otras partes del circuito conectadas en serie con



ellos.

La fig. 7 muestra el circuito 70 atenuador de corriente que resulta cuando se hacen estas sustituciones. Este circuito requiere que una corriente de colector I_c circule a través del terminal 55 para el transistor 50 en respuesta a la corriente $2I_0$ aplicada entre los terminales positivo (+) y negativo (-) del circuito. Cuando se escoge n bastante grande, la corriente I_c puede hacerse sustancialmente menor que la corriente $2I_0$. Por ejemplo, si se elige n para que sea igual a 10, la corriente I_c , que es n^2 veces menor que la corriente I_0 , sería doscientas veces menor que la corriente $2I_0$.

Por analogía con el circuito atenuador de corriente 70 de la fig. 7, pueden desarrollarse circuitos atenuadores en los cuales I_c es una fracción aun menor de la corriente $2I_0$. Por ejemplo, la fig. 8 muestra un circuito 80 en el cual se hace que la corriente I_c sea n^3 veces menor que la corriente de rama I_0 . Con referencia al circuito 80, se puede expresar de la manera siguiente la regla general de diseño para este tipo de circuito: Cuando el número de uniones en cada una de las conexiones en serie 81 y 82 es igual a $m-1$ (habiéndose representado $m-1$ específicamente igual a 2) y el número de uniones en cada una de las conexiones en serie 83 y 84 es igual a m (habiéndose representado m específicamente como igual a 3),



la corriente de colector I_c del transistor 50 será
igual a I/n^M .

Hablando en términos generales, es mejor
diseñar con n grande y con n igual a un pequeño múltiplo
5 entero, por ejemplo, 3 o 4, de la unidad. Tal diseño
puede reducir el área total de unión que se requiere en
términos de área de unión unidad, especialmente si se
emplea el circuito equivalente 90 mostrado en la fig. 9.
para sustituir a la conexión en serie de uniones de área
10 n . El transistor 95, que tiene un área de unión base-
emisor de $n-1$ unidades y que recibe polarización base-emisor desde un divisor de potencial que comprende m uniones de área unidad conectadas en serie, es un circuito equivalente conocido para m uniones de área n conectadas
15 en serie. El circuito 90 requiere un área total de unión de $m+n-1$ unidades, en comparación con las mn unidades de la conexión simple en serie de uniones de área n . La reducción en el área de unión total de los circuitos atenuadores de corriente es deseable por cuanto permite un
20 agrupamiento más denso de los elementos en un circuito integrado, lo que da como resultado una mejor adaptación de las condiciones térmicas de los dispositivos. Haciendo que n sea múltiplo entero de la unidad, se pueden
25 usar n dispositivos de área unidad en paralelo para dar un dispositivo de área n y se simplifica la adaptación

13 JUL 1954



de la conductancia del dispositivo de área n con el de un dispositivo de área unidad.

5 Considerando de nuevo el atenuador de corriente 80 de la fig. 8 si circulan corrientes iguales I_0 en las ramas de la izquierda y de la derecha del circuito, el potencial desplazado base-emisor para polarizar el transistor 50 para que tenga la corriente de colector I_0 deseada, según puede demostrarse, puede venir dado por cualquiera de las siguientes
10 medidas:

1) la diferencia de los potenciales de barrera proporcionados por diodos en las conexiones en serie 81 y 84, respectivamente, referidos al potencial en el terminal positivo (+), o

15 2) la diferencia de los potenciales de barrera proporcionados por los diodos de las conexiones en serie 82 y 83, respectivamente, referidos al potencial en el terminal negativo (-).

20 El uso tanto de las conexiones en serie 81 y 84 de diodos como de las conexiones en serie 82 y 83 de diodos se hace para dividir la corriente $2I_0$, aplicada al terminal positivo (+) y al terminal negativo (-) del atenuador de corriente 70, en las corrientes iguales I_0 en las ramas izquierda y derecha del circuito.

25 La fig. 10 muestra un atenuador de co-



5 rriente 100. Supongamos que sus transistores 101 y
102 están mutuamente emparejados. El potencial base-
emisor del transistor 101, desarrollado en respuesta
a que su conexión de reacción de colector a base limita
10 su corriente de colector a alguna fracción de $2I_0$,
es aplicado a la unión base emisor del transistor si-
milar 102 para hacer que la corriente de colector en
el mismo sea sustancialmente igual a la corriente de
colector en el transistor 101. En calidad de corrientes
de colector deben circular a cada uno de los transisto-
res 101 y 102 fracciones sustancialmente iguales de la
corriente $2I_0$, de modo que cada corriente de colector
debe tener un valor sustancialmente igual a I_0 . La re-
lación entre la corriente I_c y la corriente $2I_0$, supo-
15 niendo que estén emparejados los transistores 101 y 102,
es la misma en el atenuador de corriente 100 que en el
atenuador de corriente 70 (fig. 7).

De modo más general, se puede suponer que
el área efectiva de la unión base-emisor del transistor
20 102 es $(p-1)$ veces mayor que la del transistor 101. En
tal caso, el potencial base-emisor V_{BE50} del transistor
50 puede expresarse como la diferencia de las caídas
de potencial a través de las conexiones de diodo 81 y
84.

25

$$V_{BE} = \frac{mkT}{q} \ln \frac{2I_0/P}{nI_s} - \frac{(m-1)kT}{q} \ln \frac{(p-1)2I_0/P}{I_s} \quad (7)$$



Sustituyendo la siguiente ecuación (8) en la ecuación (7) se obtiene la ecuación (9) que expresa la relación de I_c a $2I_0$.

5

$$V_{BE50} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_c}{I_s} \quad (8)$$

$$I_c = \frac{2I_0}{p (p-1) \frac{(m-1)_n^m}{n^m}} \quad (9)$$

10 La corriente de emisor del transistor 50 es sustancialmente igual a su corriente de colector I_c , pero es tan pequeña en comparación con la corriente $2I_0/p$ que circula en la rama de la derecha del circuito como para poder no tenerla en cuenta en la comparación. La corriente de base, todavía menor, del transistor 50 será despreciable en comparación con la corriente $2I_0(p-1)/p$ que circula en la rama de la izquierda de los circuitos. Por consiguiente, queda justificado el hecho de no tener en cuenta las corrientes de base y de emisor del transistor 50 al determinar su potencial base-emisor, como acabamos de hacer. Para $p = 2$, condición según la cual las áreas efectivas de las uniones base-emisor de los transistores 101 y 102 son iguales, la relación de la ecuación (9) se reduce a:

15

20

25

$$I_c = \frac{2I_0}{n^m}$$



que es el resultado antes expuesto para los amplificadores de corriente 70, 80. Los valores mayores de p permitirán obtener menores valores de I_c para una magnitud dada del área total del dispositivo.

5 La fig. 11 muestra un atenuador de corriente 110 similar al amplificador de corriente 100, salvo que la unión base-emisor de un transistor 111 PNP está polarizada para corriente de colector pequeña, y no el transistor NPN 50. Un transistor PNP conectado como diodo, 112, proporciona uno de los diodos de la conexión 84. Si su unión base-emisor tiene un área efectiva n veces mayor que la del transistor 111, la magnitud de la corriente de colector del transistor 111 con respecto a $2I_c$ en la configuración de la fig. 11 es la misma que la del transistor 50 en la configuración de la fig. 10. En algunas aplicaciones puede resultar más práctico hacer que los transistores 111 y 112 tengan una geometría emparejada. En tal caso, puede demostrarse que $-I_c$ no será tan pequeña, por un factor n , como en el caso anteriormente discutido.

20 Otros tipos de amplificadores de corriente pueden reemplazar al amplificador de corriente proporcionado por los transistores 101 y 102 en cualquiera de los atenuadores de corriente 100 o 110. Los electrodos de base de los transistores 101 y 102 no necesitan estar polarizados desde el electrodo de colector del transistor

25



101. En cambio, los circuitos base-emisor de los transistores 101 y 102 pueden polarizarse por medios auxiliares. Los electrodos de emisor de los transistores 101 y 102 pueden proveerse de resistencias de degeneración de emisor.

Asimismo, los transistores 101 y 102 pueden omitirse y sus trayectos colector a emisor pueden sustituirse en cualquiera de las configuraciones de las figs. 10 y 11 por elementos resistivos. Por ejemplo, puede emplearse una configuración similar a la mostrada en la fig. 8 pero en la cual se usen dos resistencias de igual valor, sustituyendo una a la conexión en serie 82 de diodos y estando la otra conectada en serie con un diodo, cuya conexión en serie reemplaza a la conexión en serie 83 de diodos. Similarmente, una configuración similar a la de la fig. 8 puede modificarse usando dos resistencias de igual valor, una para reemplazar a la conexión en serie 81 de diodos y la otra conectada en serie con un diodo para sustituir a la conexión en serie 84 de diodos.

Las figs. 12 y 13 muestran circuitos atenuadores de corriente 120 y 130, respectivamente, en cada uno de los cuales la corriente de salida I_c es menor que la corriente de entrada $2I_0$, pero sin ser una fracción fija de la misma. En cambio, I_c , en esencia, es I_0 dividida por la ganancia de corriente en sentido directo en emisor



común de ciertos transistores usados en el circuito atenuador de corriente.

Con referencia a la fig. 12, es aplicada una corriente de entrada $2I_0$ al terminal positivo (+) y al negativo (-) del circuito atenuador de corriente 120. Suponiendo que los transistores 123, 124 y 125 estén emparejados con los transistores 126, 127 y 128, respectivamente, la corriente $2I_0$ se divide por igual entre las ramas izquierda y derecha del circuito de polarización para el transistor 121, la corriente de colector I_c del cual circula por el terminal de salida 122 en respuesta a la corriente de entrada $2I_0$. La rama de la izquierda del circuito de polarización comprende la conexión en serie de: 1) los transistores 123 y 124 conectados en configuración de diodo de Darlington y 2) el transistor 125 conectado como diodo. Análogamente, la rama de la derecha del circuito de polarización comprende la conexión en serie de: 1) los transistores 126 y 127 conectados en configuración de diodo de Darlington y 2) el transistor 128 conectado como diodo. Mientras las corrientes de base y de emisor de los transistores 121 sean sustancialmente menores que las corrientes en las ramas de su circuito de polarización - lo que ocurre, en efecto - las ramas de la izquierda y de la derecha del circuito de polarización presentarán impedancias sustancialmente iguales a la circulación



5 sistor 121 es sustancialmente igual a su corriente de emisor y, así, a la corriente de base del transistor 127. Este valor de la corriente es I_0 , que es el valor de la corriente de emisor del transistor 127, dividida por la ganancia de corriente en sentido directo en emisor común (h_{fe127}) del transistor 127 más la unidad. En resumen:

10
$$I_c \stackrel{\circ}{=} \frac{I_0}{h_{fe127} + 1} \quad (13)$$

donde el signo $\stackrel{\circ}{=}$ con un círculo sobre él quiere decir "sustancialmente igual a". Usualmente, h_{fe} es 40 o más para transistores NPN de construcción usual, y así:

15
$$I_c \stackrel{\circ}{=} \frac{I_0}{h_{fe127}} \quad (14)$$

20 El valor de I_c puede desarrollarse también considerando de manera análoga la relación entre los potenciales base-emisor de los transistores 121, 123, 124 y 128. Esto da como resultado la siguiente relación:

25
$$I_c \stackrel{\circ}{=} \frac{I_0}{h_{fe124} + 1} \stackrel{\circ}{=} \frac{I_0}{h_{fe124}} \quad (15)$$



Como h_{fe124} y h_{fe127} son iguales, si están emparejados los transistores 125 y 127 se obtiene de cualquier modo el mismo resultado.

5 La fig. 13 muestra un circuito similar al
de la fig. 12, pero en el cual los transistores NPN conec-
tados como diodo, 123 y 126, han sido reemplazados por
transistores 133 y 136, respectivamente, conectados co-
mo diodo, y en el cual el circuito de polarización esta-
blece el potencial base-emisor de un transistor PNP 131,
10 y no el de un transistor NPN 121. La corriente de colec-
tor I_c del transistor 131, que circula a través del termi-
nal 132, viene dada, como en el circuito de la fig. 12,
por las ecuaciones (11), (12), (13) y (14). Así, es pro-
porcionada desde el electrodo de colector de un transis-
15 tor PNP una corriente que en esencia es inversamente pro-
porcional a la h_{fe} de un transistor NPN.

Se puede hacer uso de las enseñanzas del
presente invento para diseñar circuitos que combinen los
conceptos de los atenuadores de corriente del tipo mos-
20 trado en la fig. 8 con el tipo mostrado en la fig. 12 o
en la 13 de modo que se proporcionen corrientes que sean
iguales a I_0 dividida por múltiplos de la h_{fe} de transis-
tores o por múltiplos de la h_{fe} elevada a una potencia.

Al interpretar las reivindicaciones, la
25 expresión "un número de uniones semiconductoras conecta-



das en serie" ha de considerarse descriptiva, no sólo de una conexión de elementos componentes, sino de reguladores de voltaje que se sepa tienen características de funcionamiento sustancialmente similares. Por ejemplo, habrá de suponerse que esta expresión describe el circuito regulador de voltaje 90 mostrado en la fig. 9 y se emplea por falta de una expresión alternativa sencilla y directa, universalmente aceptada, para describir esta especie de circuito regulador de voltaje. Al usar tales reguladores, el "número de uniones semiconductoras conectadas en serie" no necesita ser entero, y sólo necesita ser positivo. Tal libertad de diseño puede resultar deseable, por ejemplo, en casos en que las variaciones del potencial con la temperatura, que aparecen entre los terminales positivo y negativo del circuito de polarización, hayan de usarse con fines de compensación de la temperatura.

La expresión "unión semiconductor" en las reivindicaciones, sin aclaración suplementaria, se refiere a una simple unión PN, o a la unión base-emisor de un transistor conectado como diodo o de otra forma.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, con fecha 20 de Julio de 1973, bajo el número 381.176, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre



Propiedad Industrial.

5

REIVINDICACIONES

10 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:

15 1ª.- Una disposición de circuito de pola-
rización para polarizar en sentido directo la unión ba-
se-emisor de un transistor de salida, teniendo dicho cir-
cuito de polarización terminales primero y segundo para
conexión al electrodo de base y al electrodo de emisor,
respectivamente, de dicho transistor de salida; termina-
les tercero y cuarto para conexión a una fuente de corrien-
20 te de entrada; un primer número, M, de uniones semicon-
ductoras conectadas en un primer trayecto conductor entre
dichos terminales primero y tercero, no habiendo en dicho
primer trayecto conductor otros elementos que ofrezcan
resistencia sustancial, y polarizadas para conducción di-
25 recta de una primera parte de dicha corriente de entrada;



5 y con un segundo número, N, de uniones semiconductoras
 conectadas en un segundo trayecto conductor entre dichos
 terminales segundo y tercero, no habiendo en dicho segun
 do trayecto conductor otros elementos que ofrezcan resis
 10 tencia sustancial, y polarizadas para conducción directa
 de una segunda parte de dicha corriente de entrada, carac
 terizada por un divisor de corriente para dividir la cir
 culación de la corriente de entrada, a través de dicho
 cuarto terminal, en dichas porciones primera y segunda,
 en relación fija una con respecto a la otra.

15 2ª.- Una disposición de circuito de pola
 rización según la reivindicación 1ª, caracterizada porque
 dicho divisor de corriente tiene primeramente N uniones
 semiconductoras conectadas en un tercer trayecto conduc
 tor entre dichos terminales primero y cuarto y polarizadas
 para conducción directa, no habiendo otros elementos que
 ofrezcan resistencia sustancial en dicho tercer trayecto
 conductor, y porque tiene en segundo lugar M uniones se
 20 miconductoras conectadas en un cuarto trayecto conductor
 entre dichos terminales segundo y cuarto y polarizadas pa
 ra conducción directa, no habiendo otros elementos que
 ofrezcan resistencia sustancial en dicho cuarto trayecto
 conductor.

25 3ª.- Una disposición de circuito de polari
 zación según la reivindicación 2ª, caracterizada porque

Res



18 JUL 1954

5 las uniones semiconductoras en dichos trayectos conductores segundo y tercero tienen conductancias iguales entre sí y porque las uniones semiconductoras en dichos trayectos conductores primero y cuarto tienen conductancias iguales entre sí y menores que las conductancias de las uniones semiconductoras de dichos trayectos conductores segundo y tercero.

10 4ª.- Una disposición de circuito de polarización según la reivindicación 2ª, caracterizada porque cada unión semiconductoras de dichos trayectos conductores primero y cuarto es la unión base-emisor de un transistor que tiene sus electrodos de base y de colector conectados entre sí, y cada unión semiconductoras de dichos trayectos conductores segundo y cuarto es una de las uniones base-emisor de una pluralidad de transistores en conexión en cascada de Darlington.

15 5ª.- Una disposición de circuito de polarización según la reivindicación 1ª, caracterizada porque dicho divisor de corriente comprende un amplificador de corriente que tiene un terminal de entrada, un terminal de salida y un terminal común y exhibe una ganancia fija de corriente entre sus terminales de entrada y de salida citados, estando dichos terminales de entrada y de salida respectivamente conectados a terminales separados de dichos terminales primero y segundo, estando dicho ter-

kg

13



minal común conectado a dicho cuarto terminal.

6ª.- Una disposición de circuito de polarización para polarizar en sentido directo la unión base-emisor de un transistor de salida.

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

La presente Memoria consta de treinta y tres hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

13 JUL 1974

Madrid,

P.A.

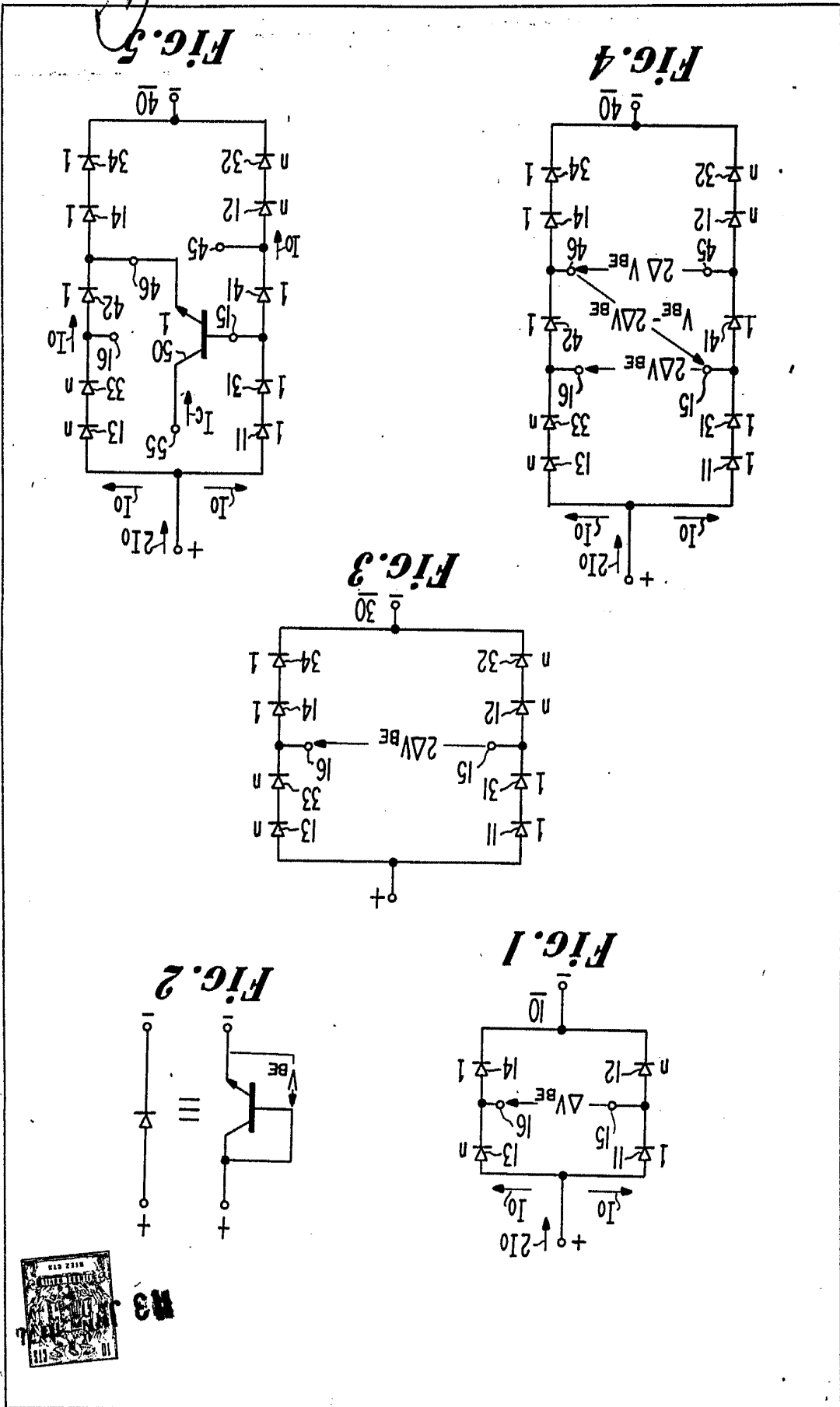
Alberto de Eizaburu
Por Poderes *Arta*

3.7.74

JGM/.

pez

ROBERTS ELECTRONICS
 1001 10th St. N.E.
 ALBUQUERQUE, N.M. 87102



MS

159922

FIG. 9

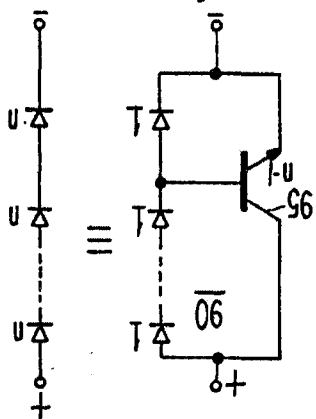


FIG. 7

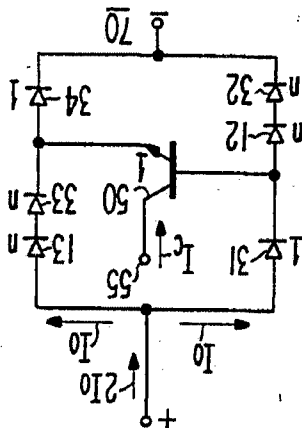


FIG. 8

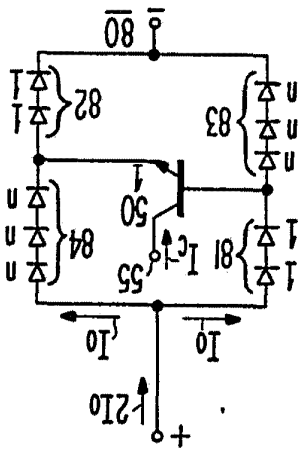
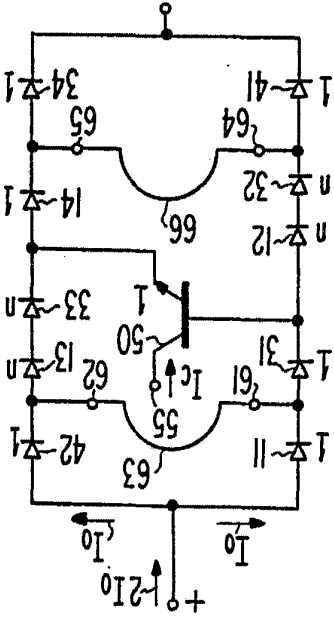


FIG. 6



257922

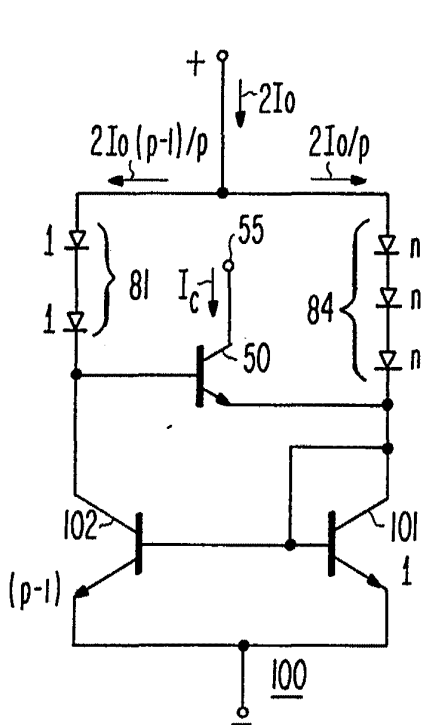


Fig. 10

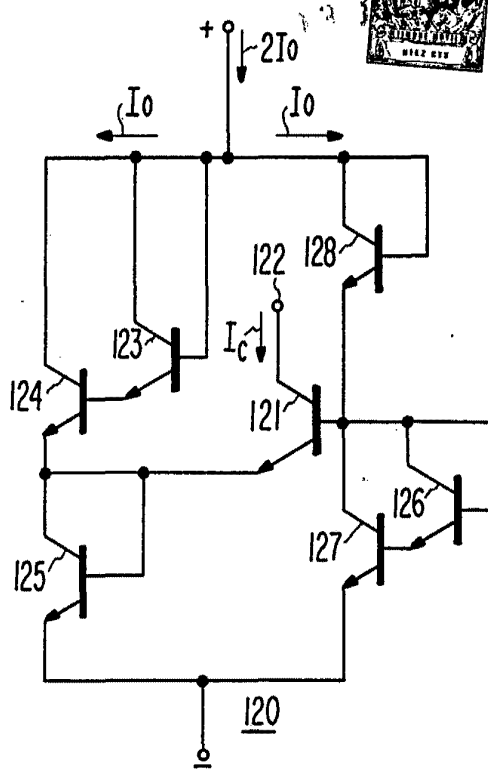


Fig. 12

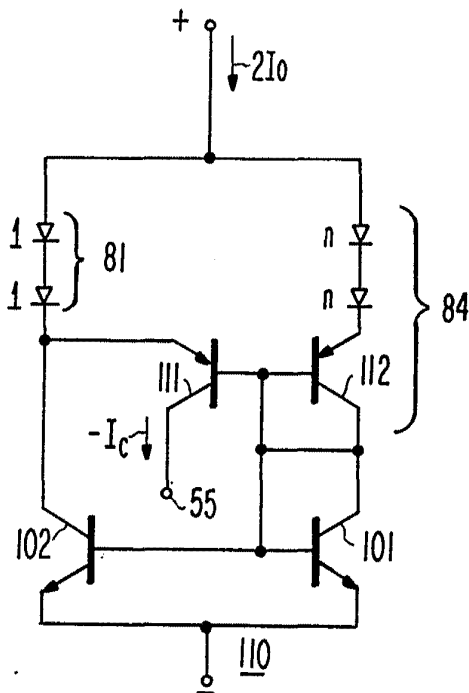


Fig. 11

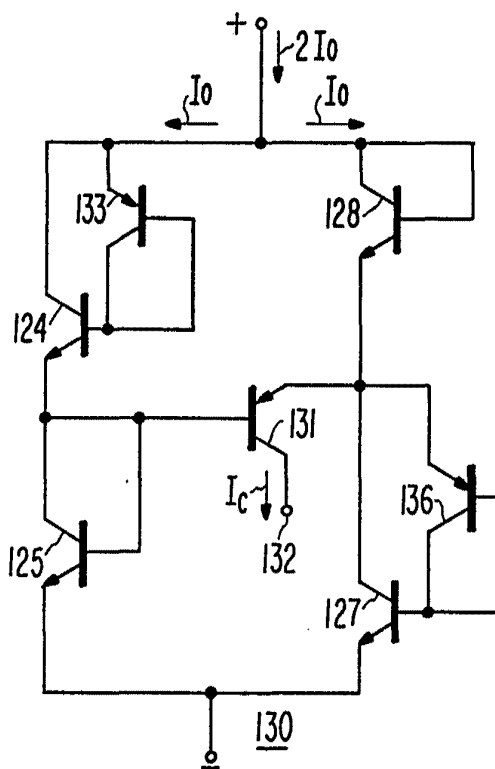


Fig. 13