

424802



FC 11-12-75

	P.-57.101
Int. Cl. H03F	HC/RCA 64054

MEMORIA DESCRIPTIVA

424802

para solicitar PATENTE DE INVENCION en ESPAÑA

por VEINTE años

424802

A nombre de RCA CORPORATION

entidad norteamericana

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

por: "UN DISPOSITIVO AMPLIFICADOR DE CORRIENTE"

(Clase Internacional H03f)

424802

80



5 El presente invento está dirigido a amplificadores de corriente de tres terminales de transistores múltiples capaces de proporcionar ganancia de corriente que es sustancialmente independiente de las ganancias de corriente individuales de sus transistores componentes, y especialmente adecuados para realización en forma de circuito integrado monolítico.

10 Un "amplificador de corriente" hasta donde concierne a esta solicitud es un circuito activo que tiene una corriente de salida que responde a una corriente de entrada y relacionada proporcionalmente con la misma, al menos en una porción del campo de variación de la corriente de entrada y no necesita presentar ganancia de corriente. Las corrientes de entrada y salida pueden ser
15 corrientes de reposo o pueden presentar variaciones. Están incluidos dentro de la categoría de "amplificador de corriente", como se ha definido anteriormente, aquellos circuitos denominados comunmente "espejos de corriente".

20 Muchos amplificadores de corriente de la técnica anterior de este tipo emplean un primer y un segundo transistores de conductividades similares que tienen sus respectivos electrodos de emisor acoplados a un terminal común del amplificador, sus respectivos electrodos de colector acoplados respectivamente a los terminales de entrada y salida del amplificador, y sus electro-

424802



5 dos de base interconectados y acoplados directamente al terminal de entrada. Dimensionando las configuraciones geométricas del primer y segundo transistores y sus resistencias de degeneración de emisor, si existen, puede hacerse que tal amplificador de corriente presente una ganancia de corriente dependiente principalmente de aquel dimensionamiento y sustancialmente independiente de las ganancias de corriente individuales de sus transistores componentes, siempre que sus ganancias de corriente sean mayores de cinco, más o menos, y que sean similares sus transconductancias.

10 El acoplamiento directo del terminal de entrada a los electrodos de base interconectados del primer y segundo transistores ha sido dispuesto en estos amplificadores de la técnica anterior indistintamente por conexión directa o mediante un amplificador de transistor en configuración de colector común. Este tipo de acoplamiento directo da como resultado que el potencial colector-emisor en el primer transistor sea sustancialmente más pequeño que el del segundo transistor en muchas, si no en la mayoría, de las configuraciones de circuito en las cuales se utiliza el amplificador de corriente. Esta condición afectará de modo adverso a la adaptación de las transconductancias del primer y segundo transistores y a la independencia

424802

15 APR 1957



5 de la ganancia del amplificador de corriente de las ganancias de corriente individuales de sus transistores componentes. Estos efectos adversos son particularmente apreciables cuando el primer y segundo transistores son transistores laterales en un circuito integrado monolítico.

10 También, las cantidades de calor generadas dentro del primer y segundo transistores debido a sus consumos internos de potencia serán diferentes si difieren sus potenciales colector-emisor. Esto afectará perjudicialmente a la adaptación de sus transconductancias, puesto que la transconductancia de un transistor es función de la temperatura. En amplificadores de corriente en donde el primer y segundo transistores no
15 están provistos de resistencias limitadoras de corriente, puede originarse un embalamiento térmico con corrientes de salida crecientes en el amplificador de corriente, que puede provocar, con el tiempo, la destrucción de los transistores debido a sobrecalentamiento.

20 Un amplificador de corriente que tiene un terminal de entrada, un terminal de salida y un terminal común y que realiza el presente invento, utiliza un primer y un segundo transistor de tipos de conductividad similares. Cada uno de los transistores primero
25 ro y segundo tiene un electrodo de emisor acoplado con

424802



ductivamente en corriente continua al terminal común,
un electrodo de colector y un electrodo de base. Los
electrodos de colector del primer transistor y del se
gundo transistor están acoplados conductivamente en
5 corriente continua al terminal de entrada y al termi-
nal de salida, respectivamente, del amplificador de
corriente por medios adecuados para ello. Un amplifi-
cador de transistor en configuración de base común aco-
pla el terminal de entrada a los electrodos de base del
10 primer y segundo transistores e incluye un tercer transis-
tor de un tipo de conductividad complementario al del pri-
mer y segundo transistores.

Se comprenderá mejor el presente invento por
la siguiente descripción detallada y el dibujo que se acom-
15 paña, en el cual:

Las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 son diagramas
esquemáticos, parcialmente en forma esquemática de blo-
ques, de amplificadores de corriente que realizan el pre-
sente invento, y

20 Las figuras 7 y 8 son diagramas esquemáticos
de dispositivos reguladores de corriente de dos termina-
les que utilizan los amplificadores de corriente de las
figuras 5 y 6, respectivamente.

Con referencia a la figura 1, el amplifica-
25 dor 100 de corriente tiene su terminal 101 de entrada

424802

15 ABR 1974



conectado para recibir corriente I_{IN} de entrada de una fuente 10 de alimentación de corriente. El terminal 102 de salida del amplificador 100 de corriente está conectado a una carga 20 de salida que utiliza la corriente I_{OUT} de salida. El terminal 103 común del amplificador 100 de corriente está conectado a una fuente 30 de tensión de alimentación. Una fuente 40 de tensión, en combinación con la fuente 30 de tensión, proporciona una tensión desviada de la del terminal 103.

Un transistor 104 del tipo PNP tiene una corriente de colector que está limitada por su reacción degenerativa de colector a base, aplicada por intermedio de un amplificador de base común (transistor 105 del tipo NPN), a ser sustancialmente igual a $-I_{IN}$ (en el caso ideal, despreciando las corrientes de base de los transistores 104, 105, 106). Un transistor 106 del tipo PNP tiene su circuito base-emisor conectado en paralelo con el del transistor 104; de este modo, su corriente I_{C106} de colector, suministrada como I_{OUT} a la carga 20, será en consecuencia proporcional a la corriente I_{C104} del transistor 104. La constante de proporcionalidad será la relación de la transconductancia g_{m106} efectiva del transistor 106 a la transconductancia g_{m104} efectiva del transistor 104.

424802



Es decir, idealmente:

$$- \frac{I_{OUT}}{I_{IN}} = \frac{I_{C106}}{I_{C104}} = \frac{g_{m106}}{g_{m104}} \quad (1)$$

5 En el caso en que los transistores 104 y 106 están dispuestos sin resistencias de degeneración de emisor, como se representa en la figura 1, y tienen curvas de distribución de difusión similares y funcionan sustancialmente a la misma temperatura, la relación de sus transconductancias efectivas equivaldrá

10 sustancialmente a la misma proporción que la relación de las áreas efectivas de sus uniones base-emisor respectivas. La ganancia de corriente del amplificador de corriente estará determinada entonces sustancial-

15 mente por la configuración geométrica de los transistores 104, 106 y no por sus ganancias de corriente en sentido directo individuales. Esta condición puede conservarse cuando están dispuestas resistencias de degeneración de emisor para los transistores 104 y 106 di-

20 mensionando las conductancias de esas resistencias en la misma relación que las áreas efectivas de las uniones base-emisor, respectivamente, de los transistores 104 y 106, con las cuales está asociada cada una de ellas.

25

Más exactamente:

424802

15 ABR. 1974



$$-I_{IN} = I_{C104} + I_{B104} + I_{B105} + I_{B106} \quad (2)$$

5 en donde I_{B104} , I_{B105} e I_{B106} son las corrientes de base de los transistores 104, 105 y 106, respectivamente. Generalmente, la ganancia de corriente en sentido directo del transistor 106 hará la corriente I_{B105} mucho más
pequeña que su corriente $I_{B104} + I_{B106}$ de colector. Los efectos de las corrientes I_{B104} , I_{B106} de base sobre la
proporcionalidad de las corrientes de entrada y salida del amplificador 100 serán claramente apreciables cuando
10 las ganancias de corriente en sentido directo de los transistores 104, 106 no excedan, más o menos, de 10. Este efecto sobre la proporcionalidad puede ser tolerado en ciertos diseños, o compensado de un modo global, mediante ajuste de la disposición geométrica de los circuitos base-emisor de los transistores 104, 106.
15

La tensión V_{CE106} colector-emisor del transistor 106 estará determinada por la tensión $+E_{CC}$ de excitación proporcionada por la fuente 30 menos la caída V_{20} de tensión a través de la carga 20 de salida. Es decir:

20

$$V_{CE106} = E_{CC} - V_{20} \quad (3)$$

Para hacer que la tensión V_{CE104} colector-emisor del transistor 104 sea similar a V_{CE106} , la tensión E_{BIAS} de polarización proporcionada por la fuente 40 de ten-

424802



sión deberá ser más positiva que V_{20} en una cantidad
 igual a V_{BE105} , (tensión de desviación base-emisor
 del transistor 105). En otras palabras, cuando la ten-
 sión de polarización tiene este valor, entonces la
 5 tensión E_{BIAS} descontada en la tensión V_{BE105} base-emis-
 sor del transistor 105 pondrá el terminal 101 de entra-
 da al mismo potencial que el terminal 102 de salida.
 Por consiguiente, V_{CE104} será igual a V_{CE106} . Expre-
 sando esto en forma de ecuaciones:

10

$$\begin{aligned}
 V_{CE104} &= V_{CE106} && \text{cuando} \\
 E_{BIAS} &= V_{20} + V_{BE105}.
 \end{aligned}$$

Haciendo V_{CE104} igual a V_{CE106} , las transconductancias
 15 de los transistores 104 y 106 estarán dimensionadas prin-
 cipalmente de acuerdo con sus configuraciones geométri-
 cas y no serán afectadas en forma diferente debido a di-
 ferencias en los potenciales aplicados a sus respecti-
 vos electrodos. La relación de sus corrientes de colec-
 20 tor está así determinada primariamente por sus respec-
 tivas configuraciones geométricas, haciendo la ganan-
 cia de corriente del amplificador 100 de corriente sus-
 tancialmente independiente de las características indi-
 25 viduales de dispositivo de los transistores 104 y 106
 que no están asociadas con sus configuraciones geomé-

424802



5 tricas. Esto supone que estas características están bien adaptadas entre los transistores 104, 106, (suposición válida con circuitos integrados). Solamente la aproximación a las condiciones anteriormente des-
critas será suficiente en muchas aplicaciones de cir-
cuitos que utilizan el presente invento.

10 Con referencia a la figura 2, en el ampli-
ficador 200 de corriente la tensión aplicada al elec-
trodo de base del transistor 105 se hace igual a V_{20} ,
por acoplamiento directo de dicho electrodo al termi-
nal 102 de salida. Si no existiese el diodo 207 y es-
tuviese sustituido por una conexión directa en esta
configuración, como se representó en la figura 1,

$$V_{CE106} = E_{CC} - V_{20} = V_{CE104} - V_{BE105} \quad (4)$$

15 Es decir, V_{CE106} será ligeramente más pequeña que V_{CE104}
en una cantidad V_{BE105} , siendo esta última la tensión a
través de la unión base-emisor polarizada en sentido di-
recto del transistor 105 (V_{BE105} para un transistor de
silicio sería aproximadamente de 650 milivoltios). En
20 muchos casos esto tendría un efecto importante sobre el
funcionamiento del circuito. Estando presente el diodo
207, como se representa en la figura 2, su tensión V_{207}
de desviación desarrollada en respuesta a estar polari-
zado en sentido directo por la corriente I_{C104} , es sus-
25 tancialmente igual a V_{BE105} , y V_{CE104} y V_{CE106} son sus-

424802

15 AB



tancialmente iguales.

5 El diodo 207 puede estar formado por un transistor que tenga su electrodo de base conectado a su electrodo de colector, proporcionando los electrodos de colector y emisor del transistor, respectivamente, los electrodos independientes de ánodo y cátodo del diodo 207. Alternativamente, el diodo 207 puede disponerse mediante una difusión en el interior de la región de colector del transistor 104.

10 Los transistores 104 y 105 están conectados como amplificadores de transistor en configuración de emisor común y base común, respectivamente, en un bucle de reacción negativa. Esto reduce la ganancia efectiva del transistor 105 como amplificador de transistor en configuración de emisor común en el bucle de reacción positiva formado por él y el transistor 106, que está también conectado como amplificador de transistor en configuración de emisor común. Si la impedancia de fuente de la fuente 10 de alimentación de corriente es suficientemente alta, se mantiene menor que la unidad la ganancia del bucle de reacción positiva, impidiendo la aparición de oscilaciones en el mismo. La reacción positiva de colector a base del transistor 106 tiene el efecto beneficioso de elevar su resistencia dinámica aparente de colector medida

424802

15 AB



entre los terminales 102 y 103.

Alternativamente, puede mejorarse la adaptación de V_{CE104} y V_{CE106} facilitada por el diodo 207, como en el amplificador 300, mediante un transistor 308 del tipo PNP seguidor de emisor, como se representa en la figura 3. El transistor 308 puede ser del tipo que tiene su colector en el sustrato del circuito de silicio monolítico en el cual están formados los transistores 104, 106 como transistores laterales y está formado el transistor 105 como transistor vertical en una cápsula de aislamiento. Aún cuando el transistor 308 seguidor de emisor está representado teniendo una resistencia de emisor para cubrir sus necesidades de corriente de emisor, éstas pueden ser atendidas alternativamente desde el electrodo de colector de un transistor PNP que tiene su unión base-emisor conectada en paralelo con las de los transistores 104, 106.

El circuito representado en la figura 4 proporciona la base para amplificadores de corriente que tienen una impedancia dinámica de salida más alta que los amplificadores de corriente que proporcionan señales de salida del electrodo de colector de un transistor de circuito integrado de estructura lateral. Los transistores de circuito integrado de estructura lateral tienen normalmente una resistencia dinámica de co

424802

30 MAR



lector varios órdenes de magnitud más pequeña que la de los transistores de estructura vertical. La adición del transistor 409 a la estructura del amplificador 200 de corriente da como resultado un amplificador 400 de corriente que tiene una impedancia dinámica de salida muchas veces mayor que la del amplificador 200 de corriente de la figura 2.

La conexión de reacción negativa de colector a base facilitada al transistor 409 por la acción de amplificador de transistor en configuración de colector común del transistor 105 regula su corriente I_{C409} de colector para igualar a la corriente I_{C106} de colector del transistor 106 excepto en la pequeña corriente I_{B105} de base requerida por el transistor 105. La corriente I_{E409} de emisor del transistor 409 será sustancialmente igual a su corriente I_{C409} de colector, diferenciándose en su corriente I_{B409} de base requerida para soportar la corriente I_{C409} deseada. Si la reacción de colector a base del transistor 409 estuviese proporcionada por conexión directa, su resistencia dinámica de colector a emisor sería la inversa de su transconductancia ($1/g_{m409}$).

Sin embargo, aparece una impedancia efectiva mucho más alta entre los electrodos de colector y emisor del transistor 409 porque el bucle de reacción

424802



positiva formado por los transistores 105, 106 funcionando como amplificadores de transistor en configuración de emisor común actúa para contrarrestar la reacción negativa de colector a base del transistor
5 409. La reducción de la ganancia de un bucle de reacción negativa actúa para elevar la impedancia vista "mirando" hacia el interior en un punto del bucle. La resistencia dinámica de salida que aparece en el terminal 102 puede aproximarse estrechamente a la resistencia dinámica de colector del transistor 409 NPN.
10

Las figuras 5 y 6 ilustran modos alternativos de aumentar la ganancia del bucle de reacción positiva que comprende los transistores 105, 106 y elevar así la impedancia de salida en el terminal 102.

15 En la figura 5, la corriente de colector del transistor 105 es amplificada por un transistor 510 amplificador en configuración de colector común en conexión en cascada con los transistores 104, 106. El transistor 510 puede estar, por ejemplo, construido como un transistor de substrato PNP que ahorra superficie de plaquita en comparación con una estructura PNP lateral. En la figura 6, los transistores 611, 612 están conectados en configuraciones Darlington con los transistores 104, 106 respectivamente, y pueden tener estructura lateral.
20
25

424802



La figura 7 ilustra el modo en que puede estar formado un dispositivo 700 regulador de corriente de dos terminales (103, 714) utilizando el amplificador 500 de corriente. Una resistencia 713 conectada entre los terminales 101, 102 tiene aplicado a través de ella el potencial de desviación base-emisor del transistor 409 (un potencial regulado). En conformidad, el flujo de corriente a través de la resistencia 713 está regulado por la ley de Ohm. El flujo de corriente a través de la resistencia 713 hace que el amplificador 500 de corriente proporcione una corriente I_{OUT} de valor similar. El dispositivo 700 proporciona, por consiguiente, un flujo de corriente constante entre los terminales 103, 714 mientras la tensión aplicada entre ellos sea superior a la tensión de 2 a 3 voltios requerida para mantener normalmente polarizados los transistores 104, 105, 106, 409, 510. Este flujo de corriente constante es dos veces mayor que el flujo de corriente en la resistencia 713. La figura 8 representa un dispositivo 800 regulador de corriente de dos terminales (103, 814) similar que utiliza el amplificador 600 de corriente en vez del amplificador 500 de corriente.

Cualquiera de los dispositivos 700 u 800 puede tener elementos reguladores adicionales conectados

424802

30 MAR 1974



entre sus terminales 102, 714 o junto con la resistencia 713 para proporcionar un dispositivo de corriente constante con cualquiera de una variedad de características de corriente dependientes de la temperatura o independientes de la temperatura.

A los expertos en la técnica de diseño de circuitos integrados se les ocurrirán fácilmente modificaciones de diseño de los amplificadores de corriente expuestos (tales como la utilización de resistencias de emisor para acoplar los electrodos de emisor de los transistores 104, 106 al terminal 103, o tales como la utilización de configuraciones de transistor compuesto para diversos transistores simples representados en el dibujo). Tales modificaciones se consideran comprendidas dentro del campo del invento y las reivindicaciones que posteriormente describen y delimitan el invento.

Aún cuando las realizaciones expuestas del invento utilizan transistores bipolares, está dentro de la intención de las reivindicaciones la utilización de otros tipos de transistores. Los términos, "emisor", "base" y "colector" son utilizados genéricamente en las reivindicaciones para los electrodos de todos los tipos de transistores adecuados.

La presente solicitud, que corresponde a

424802



la presentada en Estados Unidos de América, el 6 de Abril de 1973, bajo el número 348.723, 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 la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15 1ª.- Un dispositivo amplificador de corriente que comprende un terminal (101) de entrada, un terminal (102) de salida y un terminal (103) común; un primer y un segundo transistores (104, 106) de tipo de conductividad similar cada uno de los cuales tiene un emisor acoplado conductivamente en corriente continua a dicho terminal (103) común, estando los colectores del primer y segundo transistores (104, 106) acoplados conductivamente en corriente continua al terminal (101) de entrada y al terminal (102) de salida, respectivamente, caracterizado por: un cir-

20

25

23-3-74

424802

88 16



5 cuito compensador que comprende un tercer transistor (105) de tipo de conductividad opuesta a la de dichos primer y segundo transistores que tiene un emisor acoplado en conexión directa a dicho terminal (101) de entrada, su colector acoplado directamente a los electrodos de base de dichos primer y segundo transistores, y su electrodo de base acoplado directamente al electrodo de colector de dicho segundo transistor (106).

10 2ª.- Un dispositivo amplificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizado adicionalmente por un cuarto transistor (308) de tipo complementario a dicho tercer transistor (105) conectado en una configuración de amplificador de colector común y que acopla directamente el colector de dicho segundo transistor (106) a la base de dicho tercer transistor (105).

15 3ª.- Un dispositivo amplificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizado adicionalmente por un cuarto transistor (409) del mismo tipo de conductividad que dicho tercer transistor (105) que tiene su base acoplada directamente a dicho terminal (101) de entrada, su colector acoplado conductivamente en corriente continua al colector del segundo transistor (106), y su emisor acoplado directa-

23-3-74

424802

30 MAR



mente a dicho terminal (102) de salida, proporcionan
do el camino colector emisor del cuarto transistor
el acoplamiento conductivo en corriente continua en-
tre el terminal (102) de salida y el colector del se
gundo transistor (106).
5

4^a.- Un dispositivo amplificador de co-
rriente de acuerdo con cualquiera de las reivindica-
ciones 1^a o 3^a, caracterizado adicionalmente por una
unión (207) semiconductor que proporciona el acopla-
miento conductivo en corriente continua del colector
del primer transistor (104) a dicho terminal (101) de
entrada.
10

5^a.- Un dispositivo amplificador de co-
rriente de acuerdo con cualquiera de las reivindica-
ciones precedentes, caracterizado adicionalmente por
al menos un amplificador (510, 611, 612) de transistor
en configuración de colector común que proporciona el
acoplamiento conductivo en corriente continua entre el
colector del tercer transistor (105) y las bases del
primer y segundo transistores (104, 106).
15
20

6^a.- Un dispositivo amplificador de co-
rriente de acuerdo con cualquiera de las reivindicacio-
nes precedentes, caracterizado adicionalmente por su
utilización para regular la corriente que fluye entre
dicho terminal (102) de salida y dicho terminal (103)
25

23-3-74

30 MAR. 1974



424802

común y que tiene un elemento (713) resistivo conectado entre dichos terminales (101, 102) de entrada y salida.

5 7ª.- Un dispositivo amplificador de corriente.

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.

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

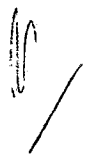
30 MAR. 1974
Madrid,

P.A.

Alberto de Lizasoain
Per Pedro 

23-3-74

PBG.





424,902

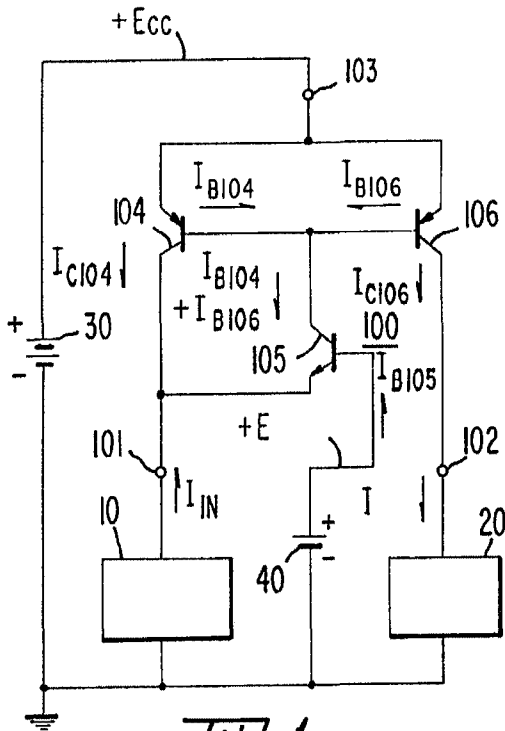


Fig. 1.

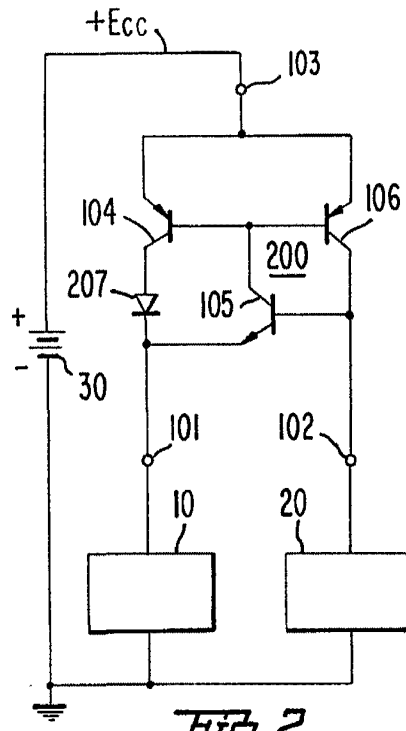


Fig. 2.

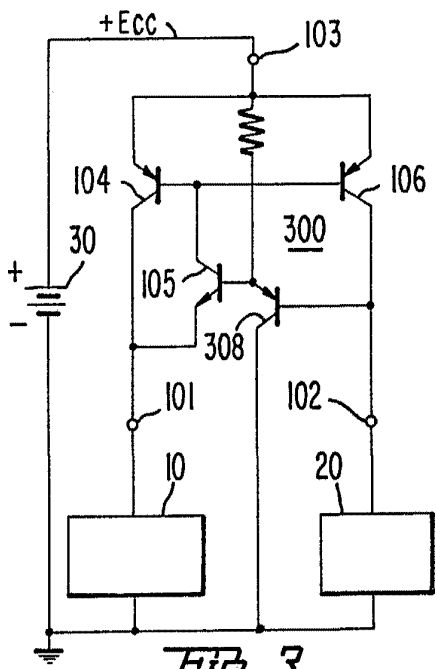


Fig. 3.

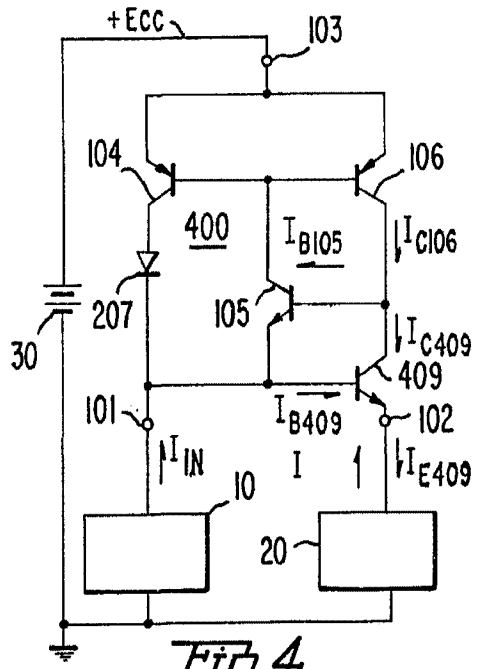


Fig. 4.

INVENTOR: *[Signature]*

 BY: *[Signature]*

257
80



42400

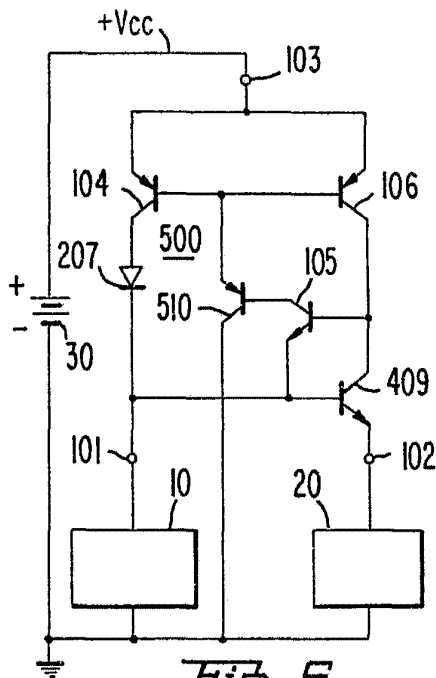


Fig. 5.

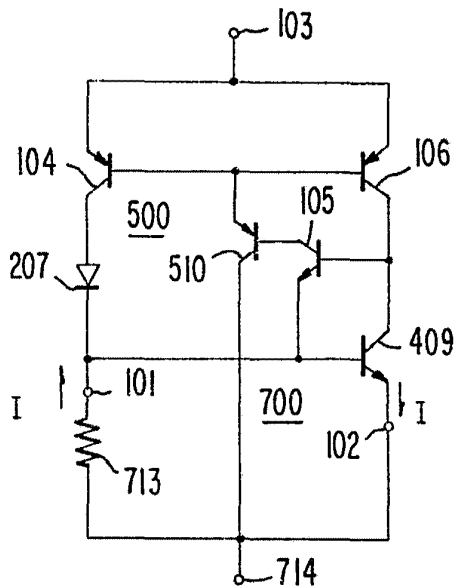


Fig. 7.

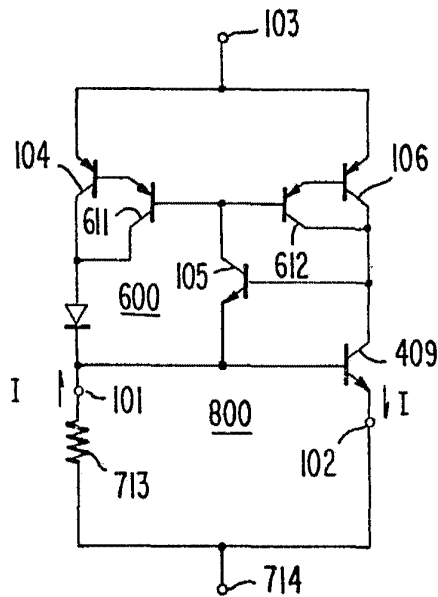


Fig. 8.

Anta

107/11

424932

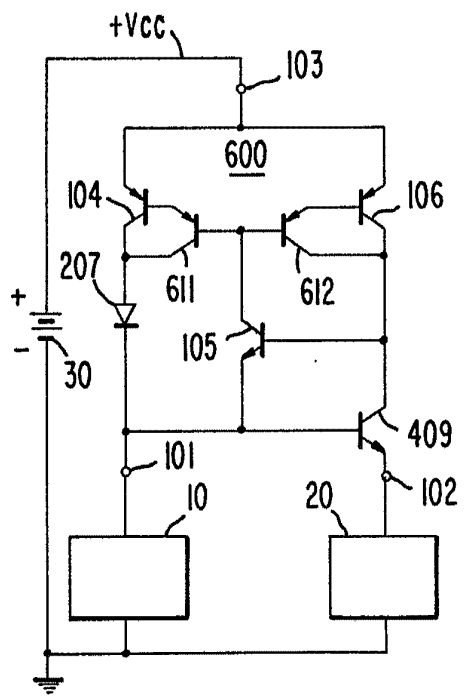


Fig. 6.

Arly