



13 JUN

P.- 57.921

RCA 66.923

H03F

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años

a nombre de RCA CORPORATION

428238

entidad norteamericana

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

por: "UN AMPLIFICADOR DE CORRIENTE"

prioridad reivindicada: Estados Unidos de América, 20 de
Julio de 1.973 Nº 381.175



P.- 57921

RCA 66.923

El presente invento se refiere a amplificadores de corriente, y en particular a amplificadores de corriente que son muy adecuados para utilización en circuitos integrados monolíticos.

428238

5 Los amplificadores de corriente de circuito integrado de la técnica anterior utilizan un primer y un segundo transistores amplificadores de emisor a masa, precediendo el primero al segundo en una conexión en cascada con acoplamiento directo, y que tienen reac
10 ción negativa de colector a base para regular su corriente de colector de modo que sea igual a una corriente de entrada aplicada. La corriente de salida que fluye en el camino colector emisor del segundo transistor está relacionada proporcionalmente con la corriente de
15 entrada aplicada en una relación igual a la que existe entre el área efectiva de unión base emisor del segundo transistor y la del primero. La ganancia de tal amplificador de corriente está bien determinada, siendo esencialmente independiente de las ganancias de corriente
20 directas en emisor común del primero y segundo transistores.

25 En amplificadores de corriente que realizan el presente invento, la reacción de colector a base incluye medios para proporcionar un potencial entre los electrodos de colector y base del primer transistor



que varía proporcionalmente con la temperatura absoluta del primero y segundo transistores. Esto permite la disposición de amplificadores de corriente que tengan ganancias apreciablemente más altas o más bajas que la
5 unidad en una zona más pequeña sobre un circuito monolítico integrado que lo que ha sido posible con el circuito de la técnica anterior.

En el dibujo:

La figura 1 es un diagrama esquemático de una configuración de la técnica anterior representativa para realizar una ganancia de corriente que es una
10 fracción de la unidad.

Las figuras 2, 3 y 4 son diagramas esquemáticos de realizaciones alternativas del presente invento.
15

En la figura 1, se supone que los transistores 101, 102 y 103 tienen idénticas configuraciones geométricas e iguales características de funcionamiento y que están situados unos cerca de otros dentro de los confines del mismo circuito integrado. Cada uno de los transistores 101 y 102 está conectado como diodo semiconductor, formando sus electrodos de base y colector unidos el ánodo del diodo y formando su electrodo de emisor el cátodo del diodo.
20

Los transistores 101 y 102 conectados en pa-
25



ralelo, como es bien sabido, son equivalentes a un único transistor que tiene un área de unión base emisor efectiva igual a la suma de sus áreas de unión base emisor efectivas. Cuando se representa un único transistor en las figuras 2, 3 y 4 subsiguientes, se entenderá que un símbolo de transistor convencional puede representar un transistor compuesto de dicho tipo que comprende transistores componentes dispuestos en paralelo.

Las conexiones de colector a base de los transistores 101 y 102 son conexiones de reacción degenerativa o negativa que regulan sus potenciales (V_{BE101} y V_{BE102} , respectivamente) base emisor a valores que soportan flujos de corriente de colector sustancialmente iguales a la mitad de I_{IN} , (corriente aplicada por intermedio del terminal IN a sus electrodos de colector acoplados).

Es utilizada una pequeña fracción de la corriente I_{IN} para suministrar las corrientes de base de los transistores 101, 102 y 103. Las ganancias de corriente directas en emisor común (o parámetros h_{fe}) de estos transistores son superiores normalmente a 30 y las corrientes de base son despreciablemente pequeñas comparadas con las corrientes de colector de los transistores 101 y 102. No se tendrán en cuenta los efec-

13 JUL 1974



5 tos de la corriente de base sobre las ganancias de los amplificadores de corriente aquí descritos, siendo bien conocidos los métodos para calcular sus efectos por los expertos en la técnica de diseño electrónico de transistores.

10 El transistor 103 tiene un potencial base emisor (V_{BE103}) igual a V_{BE101} y V_{BE102} . Es un hecho bien conocido que el potencial (V_{BE}) de desviación base emisor de un transistor es una función logarítmica de la densidad media de corriente en su unión base emisor. Esta relación se expresa frecuentemente en la forma siguiente:

$$V_{BE} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_C}{I_S}$$

15 donde k es la constante de Boltzman,
 T es la temperatura absoluta
 q es la carga del electrón
 I_C es la corriente de colector del transistor, e
 I_S es la corriente de saturación del transistor.

20 Otra ecuación bien conocida expresa la relación entre V_{BE1} y V_{BE2} del primero y segundo transistores, que tienen distribuciones de difusión similares, respectivamente, para el mismo valor de corriente de colector, donde el área de unión efectiva base emisor
25 del primer transistor es igual a m veces la del segun-



do, es decir:

$$V_{BE1} = V_{BE2} - \frac{kT}{q} \ln m \quad (2)$$

5 De esta ecuación, puede deducirse la relación entre el valor I_S de diferentes transistores. Si los transistores tienen configuraciones geométricas similares y están a la misma temperatura, sus valores I_S son iguales.

10 Cada una de las corrientes (I_{C101} e I_{C102}) de colector de los transistores 101 y 102 es igual a $1/2 I_{IN}$. Esto debe ser así puesto que sus tensiones V_{BE} (V_{BE101} y V_{BE102}) son similares debido a que sus uniones base emisor están conectadas en paralelo, sus temperaturas son semejantes debido a la proximidad dentro del circuito integrado y sus corrientes de saturación son semejantes debido a sus configuraciones geométricas similares. La corriente de colector del transistor 103 debe ser igual a $1/2 I_{IN}$ por las mismas razones.

20 La ganancia del amplificador de corriente representado en la figura 1 es por consiguiente $1/m$ donde m es la relación del número de transistores conectados como diodos dispuestos en paralelo en el circuito de entrada y el número de transistores dispuestos en paralelo en su circuito de salida, suponiendo que todos los transistores tienen configuraciones geométricas

25

13 JUL.



5 similares. Más generalmente, la ganancia del amplificador de corriente es $1/m$, donde m es la relación de la suma del área (s) efectiva de unión base emisor del transistor (o transistores) conectado como diodo en su circuito de entrada y la suma del área (s) efectiva de unión base emisor del transistor o transistores en su circuito de salida.

10 Es conveniente comparar las áreas sobre el circuito integrado de circuitos alternativos requeridos para realizar una cierta ganancia de corriente expresando el número de transistores de configuración geométrica similar requeridos para realizar esa ganancia. El amplificador de corriente de la figura 1 requiere $m + 1$ transistores de configuración geométrica similar para obtener una ganancia de corriente $1/m$, donde
15 m es un número entero positivo. Son conocidos amplificadores de corriente que proporcionan una ganancia de corriente de m que comprenden un único transistor conectado como diodo en su circuito de entrada y m transistores dispuestos en paralelo en su circuito de salida.
20

25 La figura 2 representa un amplificador de corriente en el cual un transistor 201 regulador controla la tensión aplicada a la unión base emisor de un transistor 202 de salida. Sin embargo, se mantiene una diferencia de potencial entre V_{BE201} y V_{BE202} (sus po-



tenciales base emisor) por la acción de transistores 203, 204 y 205 conectados como diodos. Los efectos de las corrientes de base sobre las corrientes totales que fluyen en las diversas ramas del circuito son en general despreciables, puesto que los parámetros h_{fe} de los transistores componentes son normalmente superiores a 30. Sin embargo, si se desea, pueden calcularse de acuerdo con principios bien conocidos los efectos de estas corrientes de base.

Para el análisis siguiente del modo en que puede ser utilizada la configuración de la figura 2, se supone que las configuraciones geométricas de los transistores 201 y 203 son similares entre sí y se supone también que son similares entre sí las configuraciones geométricas de los transistores 202, 204 y 205. Se supone que el área efectiva de unión base emisor de cada uno de los transistores 201 y 203 es m veces mayor que el área efectiva de unión base emisor de cada uno de los transistores 202, 204 y 205.

La corriente I_{IN} suministrada al terminal IN se divide en: (1) una corriente I_1 componente que fluye a través de los caminos colector emisor conectados en serie de los transistores 203 y 204 conectados como diodos y (2) una corriente I_2 componente que fluye a través de los caminos colector emisor conectados en se



13 JUL 1974

rie del transistor 205 conectado como diodo y el tran
sistor 201. Puesto que el transistor 201 tiene un
área efectiva de unión base emisor m veces más grande
que la del transistor 204:

5
$$I_2 = mI_1 \quad (3)$$

Se deduce, esto puesto que la conexión en paralelo de
las uniones base emisor de los transistores 201 y 204
obliga a que sean iguales los potenciales V_{BE201} y
10 V_{BE204} desarrollados respectivamente a través de dichas
uniones, haciendo de este modo que sean iguales las
densidades de corriente en sus uniones base emisor.

De acuerdo con la ecuación 1, V_{BE204} está da
da por la expresión siguiente:

15
$$V_{BE204} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_1}{I_{S204}} \quad (4)$$

La corriente I_1 fluye también a través del transistor
203 conectado como diodo, haciendo que tenga un poten-
20 cial V_{BE203} base emisor. Por la ecuación 2:

$$V_{BE203} = V_{BE204} - \frac{kT}{q} \ln m \quad (5)$$

El potencial V_{BE205} base emisor del transistor 205 es-
25 tá dado por la expresión siguiente:



$$V_{BE205} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_2}{I_{S205}} \quad (6)$$

Puesto que los transistores 204 y 205 conectados como diodos tienen configuraciones geométricas similares:

5

$$I_{S205} = I_{S204} \quad (7)$$

Sustituyendo las ecuaciones 3 y 7 en la ecuación 6,

10

$$\begin{aligned} V_{BE205} &= \frac{kT}{q} \ln m \frac{I_1}{I_{S204}} \\ &= \frac{kT}{q} \ln \frac{I_1}{I_{S204}} + \frac{kT}{q} \ln m \end{aligned} \quad (8)$$

15

El potencial V_{BE202} aplicado entre los electrodos de base y emisor del transistor 202 está determinado por la acción reguladora de los transistores 203, 204 y 205 conectados como diodos como se expresa en las ecuaciones 4, 5 y 8.

20

$$\begin{aligned} V_{BE202} &= V_{BE203} + V_{BE204} - V_{BE205} \quad (9) \\ &= (V_{BE204} - \frac{kT}{q} \ln m) + V_{BE204} - \\ &\quad (V_{BE204} + \frac{kT}{q} \ln m) \end{aligned}$$

25



$$V_{BE202} = V_{BE204} - 2 \frac{kT}{q} \ln m$$

$$V_{BE202} = V_{BE204} - \frac{kT}{q} \ln m^2 \quad (10)$$

5 Con referencia a la ecuación 2, se ve que el
transistor 202 debe tener un flujo de corriente $-I_{OUT}$
de colector igual al de un transistor que tenga la mis
ma tensión V_{BE} que el transistor 204 pero un área efec
tiva de unión base emisor m^2 veces más pequeña que la
10 del transistor 204. Es decir, la densidad de corriente
en la unión base emisor del transistor 202 es solamen
te $1/m^2$ veces la que existe en la unión base emisor
del transistor 204. Por consiguiente:

$$15 \quad -I_{OUT} = \frac{I_1}{m^2} \quad (11)$$

Ahora, puesto que I_{IN} es igual a la suma de I_1 e I_2 :

$$20 \quad I_1 = I_{IN} - I_2 \quad (12)$$

Sustituyendo la ecuación 3 en la ecuación 12 y reordenando
do:

$$25 \quad I_1 = I_{IN} - mI_1 = \frac{I_{IN}}{m+1} \quad (13)$$



Sustituyendo I_1 de la ecuación 13 en la ecuación 11:

$$-I_{OUT} = \frac{I_{IN}}{m^2 (m+1)} \quad (14)$$

5 Los transistores 201 y 203 pueden estar cons-
truidos con m transistores dispuestos en paralelo de
la misma configuración geométrica que los transistores
203, 204 y 205 si m es igual a un número entero posi-
10 tivo. Los transistores 202, 204 y 205 pueden estar
construidos con m transistores dispuestos en paralelo
de la misma configuración geométrica que los transisto-
res 201 y 203 si m es igual a la unidad dividida por
un número entero positivo. El análisis de un circuito
15 equivalente compuesto por transistores de geometría
normalizada permite comparar las áreas de plaquita de
circuito integrado requeridas para diversos amplifica-
dores que tengan una ganancia de corriente particular.
La tabla siguiente compara los requerimientos de área
20 relativa para amplificadores de corriente de una deter-
minada ganancia de corriente de las configuraciones
representadas en las figuras 1 y 2, respectivamente.
Estos requerimientos de área están expresados en fun-
ción del número de transistores "unitarios" o de geo-
metría normalizada requeridos para conseguir la rela-
25 ción deseada de I_{OUT} a I_{IN} para la respectiva configu-
ración.



	I_{OUT}/I_{IN}	Número de transistores unitarios requeridos	
		AMPLIFICADOR DE LA FIGURA 1	AMPLIFICADOR DE LA FIGURA 2
5	$\frac{1}{1210}$	1211	25
	$\frac{1}{900}$	901	23
	$\frac{1}{810}$	811	21
10	$\frac{1}{576}$	577	19
	$\frac{1}{392}$	393	17
	$\frac{1}{252}$	253	15
15	$\frac{1}{150}$	151	13
	$\frac{1}{80}$	81	11
	$\frac{1}{36}$	37	9
20	$\frac{1}{12}$	13	7
	$\frac{1}{2}$	3	5

TABLA 1

Requerimientos de Area de Amplificadores de Corriente de Circuito Integrado.



5 Como puede verse por la tabla, la configuración de la figura 2 proporciona corrientes I_{OUT} pequeñas en comparación con la corriente I_{IN} con un requerimiento de área sustancialmente menor que la configuración de la figura 1 cuando I_{OUT}/I_{IN} es sustancialmente más pequeña que la unidad.

10 La figura 3 representa el modo en que un transistor 206 puede estar conectado como amplificador de base común de la corriente de colector del transistor 202 para proporcionar $-I_{OUT}$ como su corriente de colector. La ganancia de corriente del amplificador de base común es sustancialmente igual a la unidad. La tensión de desviación base emisor del transistor 206 polariza el electrodo de colector del transistor 202 de modo que
15 su tensión colector emisor es sustancialmente similar en una caída V_{BE} de tensión a la de los transistores 201, 203, 204 y 205. Esto tiende a hacer que el circuito real se comporte de un modo que se aproxima aún más rigurosamente al funcionamiento teórico descrito anteriormente, puesto que se reducen fuertemente las pequeñas
20 variaciones de ganancia de corriente entre transistores debido a potenciales colector emisor diferentes.

25 La figura 4 representa un amplificador de corriente que se asemeja al de la figura 3, excepto en que (1) una combinación en serie de n transistores



303-1 a 303-n conectados como diodos, cada uno de los
cuales tiene un área efectiva de unión base emisor si-
milar a la del transistor 201, sustituye al transistor
203 conectado como diodo y (2) que una combinación en
5 serie de n transistores 305-1 a 305-n conectados como
diodos, cada uno de los cuales tiene áreas efectivas
base emisor iguales al producto de 1/m por la del tran-
sistor 201, sustituye al transistor 205 conectado como
diodo. Por extensión de la técnica utilizada para ana-
lizar el amplificador de corriente de la figura 1, pue-
10 de demostrarse que la ganancia de corriente del ampli-
ficador de corriente representado en la figura 4 es:

$$\frac{I_{OUT}}{I_{IN}} = \frac{1}{m^{2N} (m+1)} \quad (15)$$

15

que para $N = 1$ degenera en la expresión correspondien-
te a la ecuación 14. Para una configuración donde $N = 2$,
 $m = 6$, puede obtenerse un valor de 1/9072 para I_{OUT}/I_{IN}
20 utilizando solamente 22 transistores unitarios. Para una
configuración donde $N = 3$ y $m = 4$, la relación I_{OUT}/I_{IN}
se hace igual a 1/20480 y se obtiene utilizando solamen-
te 21 transistores de área unitaria. Para una configura-
ción donde $N = 4$ y $m = 3$, I_{OUT}/I_{IN} es igual a 1/26244 y
25 se obtiene utilizando solamente 21 transistores de área



unitaria.

Esta estructura general puede también utilizarse para amplificadores de corriente que tengan una corriente I_{OUT} mayor que I_{IN} fabricando los transistores 201, 202 y 303-1 a 303-n con la misma configuración geométrica y fabricando los transistores 204 y 305-1 a 305-n con áreas efectivas de unión base emisor m veces mayores. Tal amplificador de corriente tiene teóricamente una ganancia:

5

10

$$\frac{I_{OUT}}{I_{IN}} = \frac{m^{2N+1}}{(m+1)} \quad (16)$$

Sin embargo, la ventaja de área sobre los amplificadores de corriente convencionales no es tan grande cuando la ganancia es superior a la unidad como lo es para la ganancia menor que la unidad. Adicionalmente, los efectos de las corrientes de base no son tan despreciables.

15

20

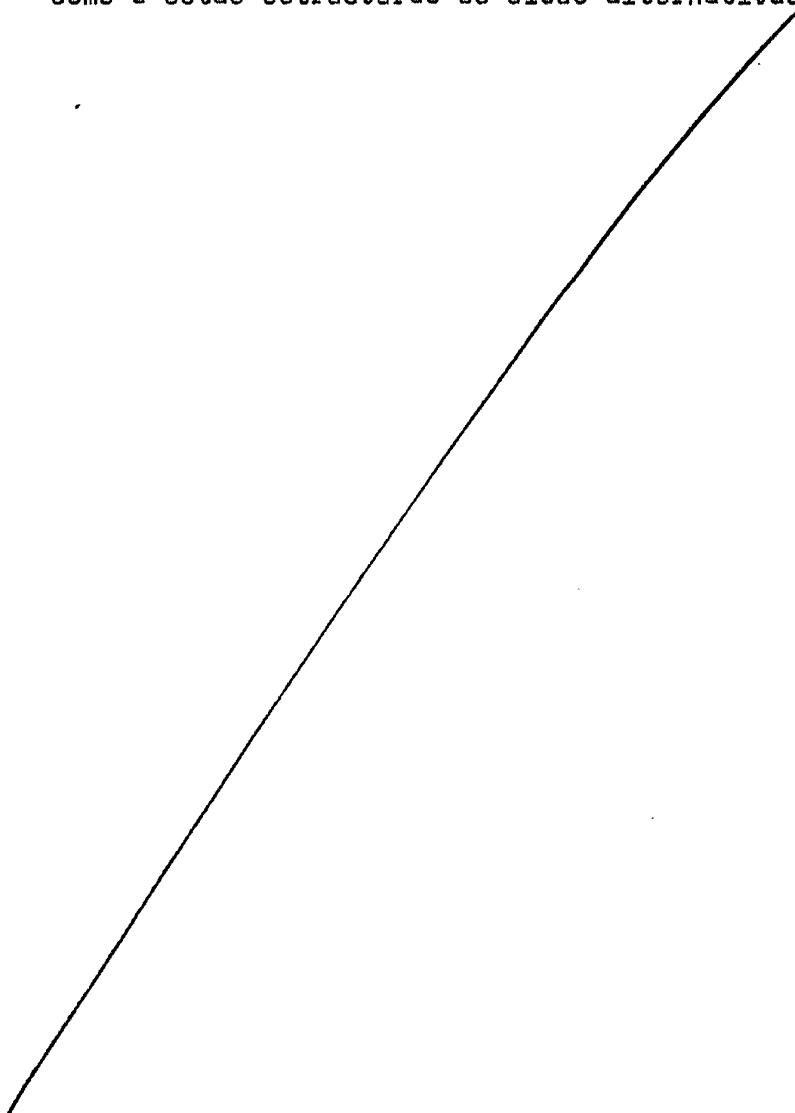
Pueden ser ventajosas en ciertas situaciones otras proporciones de las áreas efectivas de la unión base emisor de los transistores utilizados en configuraciones de amplificador de corriente representadas en las figuras 2, 3 y 4. Los transistores conectados como diodos pueden también sustituirse por otras estructu-

25



ras de diodo de circuito integrado en circunstancias adecuadas. La palabra "diodo" en las reivindicaciones se refiere a un transistor conectado como diodo, así como a estas estructuras de diodo alternativas.

5





REIVINDICACIONES

5 1ª.- Un amplificador de corriente que compren
de: un terminal de entrada, un terminal de salida y un
terminal común; un primer y un segundo transistores,
funcionando ambos sustancialmente a la misma tempera-
tura T absoluta y teniendo cada transistor un electrodo
10 de emisor conectado a dicho terminal común, un electro-
do de base y un electrodo de colector; estando el elec-
trodo de colector del primer transistor conectado con-
ductivamente en corriente continua a dicho terminal de
entrada y conectado directamente al electrodo de base
15 de dicho segundo transistor; estando conectado conduc-
tivamente en corriente continua el electrodo de colec-
tor de dicho segundo transistor a dicho terminal de sa-
lida; y circuitos de reacción degenerativa que respon-
den a la temperatura T absoluta, acoplados a la base y
20 al colector del primer transistor y que proporcionan
entre estos electrodos una diferencia de potencial pro-
porcional a la temperatura T absoluta.

25 2ª.- Un amplificador de corriente de acuerdo
con la reivindicación 1ª, en donde dicho circuito de
reacción comprende: $2N+1$ diodos, cada uno de los cua-

AB



5
10
15
20
25

les funciona a una temperatura absoluta sustancialmente igual a T, siendo N un número entero positivo, estando conectado un primer diodo de dichos diodos entre la base y el emisor de dicho primer transistor y en paralelo con la unión base emisor del mismo, estando conectados otros N diodos de dichos diodos entre dicho terminal de entrada y la base de dicho primer transistor y en serie con el primer diodo, y estando conectados los N diodos restantes entre dicho terminal de entrada y el electrodo de colector de dicho primer transistor y en conexión en serie con el camino colector emisor del mismo.

3ª.- El amplificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 2ª, en donde cada uno de dichos diodos es un transistor que tiene sus electrodos de colector y base conectados mutuamente en común.

4ª.- El amplificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 3ª, en donde un transistor adicional tiene su camino colector emisor conectado entre el terminal de salida y el colector de dicho segundo transistor y tiene su electrodo de base conectado a un punto sobre el circuito que comprende el camino colector emisor de dicho primer transistor y dichos N diodos restantes.

27.6.74
G.V.R.



13

5ª.- Un 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.

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

Madrid, 13 JUL. 1974

P.A.

[Handwritten signature]
D. S. LAZARU
P. A.

[Handwritten initials]

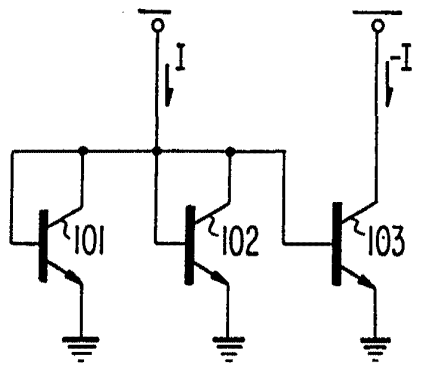


Fig. 1.

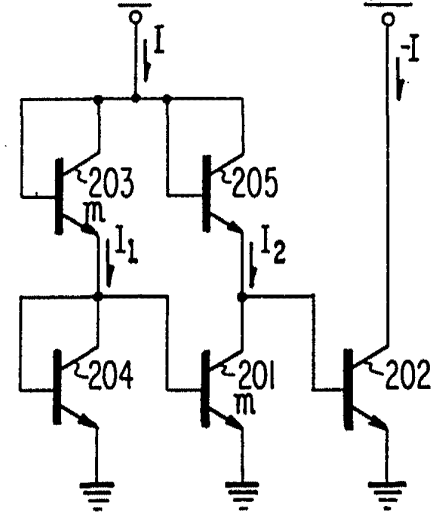


Fig. 2.

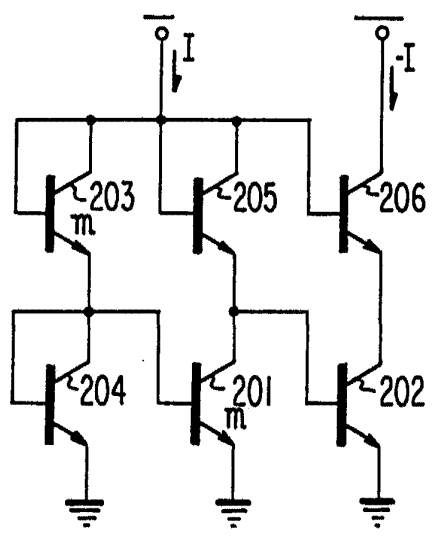


Fig. 3.

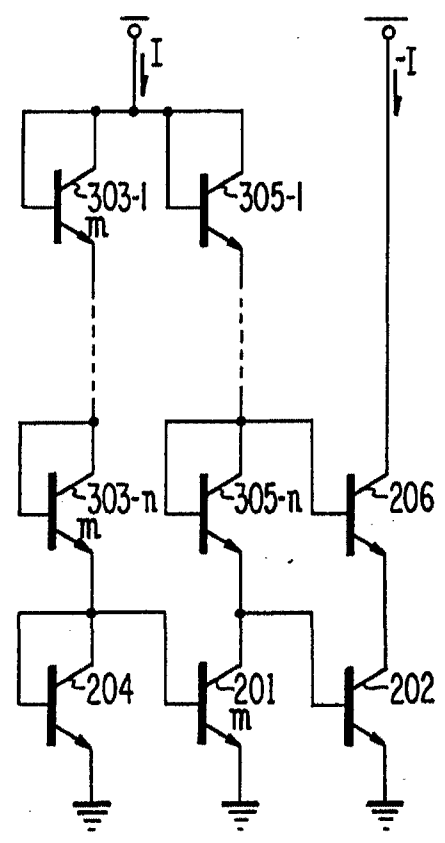


Fig. 4

ALL RIGHTS RESERVED
 FOR PUBLICATION