

417457

417457

20



P.- 54.760

PHN 6442

Spain

VD/EV

F.e-7-7-75

MEMORIA DESCRIPTIVA

Int. Cl.: G066 G066

para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años.

a nombre de N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad holandesa

establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UNA DISPOSICION DE CIRCUITO MULTIPLICADOR DE CUATRO  
CUADRANTES" (Clase Internacional G06g)

11.6.73  
C.M.H.

417457

20 11 1



5 Este invento se refiere a un circuito multiplicador de cuatro cuadrantes para multiplicar una primera y una segunda señales de entrada, comprendiendo un primer paso diferencial con un primero y un segundo transistores, a cuyos electrodos de control se aplica la primera señal de entrada como una señal diferencial y cuyo circuito de electrodo común incluye una fuente de corriente, un segundo paso diferencial con un tercero y un cuarto transistores, cuyo circuito de electrodo común incluye el circuito de corriente principal del primer transistor y a cuyos electrodos de control se aplica la segunda señal de entrada como una señal diferencial, y un tercer paso diferencial con un quinto y un sexto transistores, cuyo circuito de electrodo común incluye el circuito de corriente principal del segundo transistor, estando conectado el electrodo de control del quinto transistor al electrodo de control del cuarto transistor y el electrodo de control del sexto transistor al electrodo de control del tercer transistor, y obteniéndose la señal de salida deseada, la cual es proporcional al producto de las dos señales de entrada, mediante una combinación adecuada de las corrientes de salida de los transistores del segundo y el tercer pasos diferenciales.

10

15

20

25 La precisión que se puede conseguir con tal circuito multiplicador viene limitada por varios factores. A este respecto, han de mencionarse en primer lugar las diferencias mutuas entre los diversos transistores de la disposi-

417457



5 ción de circuito. Por consiguiente, se prefiere el uso de pa  
res de transistores adaptados para los pasos diferenciales  
en los circuitos multiplicadores que consisten en componen-  
tes individuales, mientras que en realizaciones de circuitos  
integrados se persigue una calidad óptima de los transisto-  
res mediante el uso de técnicas de circuitos integrados muy  
precisas.

10 Un segundo factor importante es el método de con-  
vertir las señales de entrada aplicadas en las componentes  
de corriente utilizadas en el circuito multiplicador. Esta  
conversión se efectúa por medio de un elemento no lineal,  
el cual introduce distorsiones no deseadas, dando también  
por resultado errores en la formación del producto.

15 Finalmente, las corrientes de base de los transis-  
tores presentan desviaciones las cuales, por supuesto, aumen-  
tan a medida que disminuyen los factores de ganancia de co-  
rriente de los transistores. Además, los diversos transis-  
tores pueden tener factores de ganancia de corriente mutua-  
mente diferentes, los cuales pueden variar además, por ejem-  
20 plo bajo la influencia de las fluctuaciones de temperatura,  
originando así errores considerables e imprevisibles en la  
formación del producto.

25 Un objeto del invento es proporcionar un circuito  
multiplicador que sea capaz de una formación de producto  
muy precisa, y en el cual esté sustancialmente reducido en

11.8.73  
C.M.H.

417457



particular el efecto de los dos factores últimamente mencio-  
nados, en comparación con las disposiciones de circuito co-  
nocidas.

5 Para este fin, el invento se caracteriza porque  
el circuito comprende un primer "espejo" de corriente múlti-  
ple, el cual suministra una primera y una segunda corrien-  
tes de salida, las cuales están en relación fija con la co-  
rriente de salida del cuarto transistor la cual se aplica a  
la entrada, del "espejo" de corriente, primeros medios de  
10 sumación por medio de los cuales se forma una primera corrien-  
te suma a partir de la corriente de salida del tercer tran-  
sistor y de la primera corriente de salida del primer "espe-  
jo" de corriente, segundos medios de sumación por medio de  
los cuales se forma una segunda corriente suma a partir de  
15 la corriente de salida del quinto transistor y de la segun-  
da corriente de salida del primer "espejo" de corriente,  
primeros medios de realimentación negativa a través de los  
cuales se realimenta la primera corriente suma degenerati-  
vamente a la entrada del primer paso diferencial, y segun-  
20 dos medios de realimentación negativa, por medio de los cua-  
les se realimenta la segunda corriente suma degenerativamen-  
te a la entrada del segundo paso diferencial, siendo aplica-  
das las dos señales de entrada a dichas entradas del circui-  
to multiplicador como corrientes.

25 En este contexto se define un "espejo" de corrien

417457



te como un circuito que tiene al menos una entrada, una salida y uno o más terminales adicionales, estando siempre la corriente en la salida automáticamente en una relación fija con la corriente en la entrada. Para ésto, se hace uso en general del hecho de que los transistores y los transistores conectados como diodos, los cuales están conectados en paralelo y están integrados en la misma área de semiconductores, conducen corrientes cuyos valores relativos están definidos exactamente por la configuración geométrica de dichos elementos, específicamente de las áreas de emisor de los transistores. Conectando dos de tales elementos, concretamente las uniones de base-emisor, en paralelo en el circuito de entrada y en el circuito de salida, de modo que se imponga en ellas siempre automáticamente el mismo voltaje, se asegura una relación fija entre la corriente de entrada y la corriente de salida, la cual viene definida por la configuración geométrica de esos elementos activos. Tal "espejo" de corriente puede comprender otra conexión, en la cual se dispone de la suma de las corrientes de entrada y de salida, el denominado terminal de suma. También son conocidos los llamados "espejos" de corriente "flotantes", los cuales tienen otras dos conexiones, una de las cuales está incluida en el circuito de entrada y la otra en el circuito de salida, que conducen la corriente de entrada y la corriente de salida, respectivamente.

11.8.73  
C.M.H.

417457



5 Se define un "espejo" de corriente múltiple como un "espejo" de corriente que tiene varias salidas, cada una de cuales conduce una corriente de salida la cual está en una relación fija con la corriente de entrada. Generalmente esto se logra de idéntica forma a como se logra con el "espejo" de corriente sencillo, incluyendo un elemento activo en cada circuito de salida y conectándolo en paralelo con el correspondiente elemento activo en el circuito de entrada. El "espejo" de corriente "flotante" es automáticamente un "espejo" de corriente múltiple, pero también puede extenderse de la manera anteriormente descrita.

10 El uso del primer "espejo" de corriente múltiple permite usar dos veces, en formas que son independientes entre sí, una corriente que es al menos proporcional a la corriente de salida del cuarto transistor. Esta característica se utiliza para proporcionar dos corrientes de realimentación negativa, las cuales no se afectan perjudicialmente entre sí y que son adecuadas para ser aplicadas una a la entrada del primer paso diferencial y la otra a la entrada del segundo paso diferencial. Esto se logra formando una primera corriente suma con ayuda de primeros medios de sumación, la cual es al menos proporcional a la suma de la corriente de salida del tercer transistor y de la primera corriente de salida del primer "espejo" de corriente, y aplicando esa corriente suma a la entrada correspondiente del circuito múltiple.



# 417457

plicador, a través de primeros medios de realimentación negativa, los cuales pueden ser una conexión directa si la componente de señal presente en esa corriente suma es de una polaridad adecuada. Por medio de segundos medios sumadores, el invento permite formar una segunda corriente suma al mismo tiempo, la cual es al menos proporcional a la suma de la corriente de salida del quinto transistor y de la segunda corriente de salida del primer "espejo" de corriente, y cuya corriente suma proporciona una corriente de realimentación negativa adecuada para la segunda entrada del circuito multiplicador a través de segundos medios de realimentación negativa.

Aplicando también las señales de entrada como corrientes a las dos entradas del circuito multiplicador, se obtiene un sistema eficaz de realimentación negativa, de modo que, al mismo tiempo, se elimina sustancialmente la influencia del factor de ganancia de corriente finito de los transistores en la formación del producto y se garantiza una correcta conversión de las dos señales de entrada en componentes de corrientes que son activas en el circuito.

Es de hacer notar que en la publicación "IEEE Journal of Solid State Circuits" (Revista de Circuitos de Estado Sólido del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de los EE.UU.), en su número de agosto de 1970, páginas 150-159, se describe un circuito multiplicador de cuatro cua

11.8.73  
C.M.H.

417457



drantes en el cual se proporciona realimentación de voltaje negativa a una entrada. No obstante, es evidente que el método descrito en dicho artículo permite realimentación negativa a solamente una entrada, de modo que la mejora resultante es relativamente pequeña.

5

Solamente mediante el uso, de acuerdo con el invento, de al menos un "espejo" de corriente múltiple, es posible obtener de una manera sencilla realimentación negativa para ambas entradas, puesto que esto permite usar dos corrientes, las cuales son cada una representativa de la corriente de salida del cuarto transistor, independientemente una de otra, para obtener las corrientes de realimentación negativa requeridas. La suma de las diversas corrientes a fin de obtener las corrientes de realimentación negativa deseadas se puede efectuar de una manera muy sencilla aplicando las corrientes de salida del tercer y del cuarto transistores cada una a un "espejo" de corriente e interconectando las salidas de los "espejos" de corriente correspondientes.

10

15

20

25

Las corrientes suma que se obtienen de esta manera continen cada una una componente de corriente continua, la cual deberá ser compensada en las dos entradas con ayuda de una fuente de corriente. Es posible una compensación automática de esta componente de corriente continua en una entrada suministrando a la entrada correspondiente una segunda corriente de realimentación negativa, la cual contiene la

417457

20 72



5 componente deseada con el mismo signo y la componente de corriente continua con signo opuesto, con relación al de la primera corriente de realimentación negativa para esa entrada, lo cual se puede lograr de un modo sencillo mediante una elección adecuada de combinaciones de las corrientes de salida de los transistores tercero, cuarto, quinto y sexto. Cuando se debe disponer varias veces de una de las corrientes de salida de los transistores, a fin de lograr las corrientes de realimentación negativa deseadas, ello se puede conseguir aplicando esa corriente de salida a un "espejo" de corriente múltiple y usando las corrientes de salida de ese "espejo" para la suma con las otras corrientes de salida.

10 En la realización más general del circuito multiplicador, cada una de las corrientes de salida de los transistores de los pasos diferenciales segundo y tercero se aplica además a un "espejo" de corriente múltiple y de las corrientes de salida de esos "espejos" de corriente se derivan cuatro corrientes suma, dos de las cuales son realimentadas de generativamente a la entrada del primer paso diferencial y las otras dos a la entrada del segundo paso diferencial, con 20 teniendo las corrientes de realimentación negativa aplicadas a una cierta entrada la componente de señal deseada con el mismo signo y la componente de corriente continua con el signo opuesto.

25 Las dos corrientes de realimentación negativa pue

11.8.73  
C.M.H.

417457

20



5 den además ser suministradas a la base de un mismo transistor del par diferencial correspondiente, mientras que una de las dos corrientes suma ha de ser aplicada, a través de un "espejo" de corriente adicional a dicha base a fin de obtener las polaridades deseadas de las diversas componentes. No obstante, es también posible aplicar una de las corrientes de realimentación negativa a la base del primer transistor y la otra corriente de realimentación negativa a la base del segundo transistor del paso diferencial correspondiente. En este último caso, sin embargo, hay que tomar medidas para compensar las componentes de corriente continua en las corrientes de realimentación negativa.

10 A continuación se describirá el invento con más detalle, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los cuales se han representado dos realizaciones del circuito multiplicador de cuatro cuadrantes de acuerdo con el invento. Los elementos que se corresponden se han designado por los mismos números y letras de referencia.

15 La primera realización del circuito multiplicador de acuerdo con el invento, como se ilustra en la Fig. 1, comprende de manera conocida tres pasos diferenciales con transistores 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6, respectivamente del tipo npn, siendo suministradas las corrientes de emisor de los transistores 3 y 4 por el transistor 1 y las corrientes de emisor de los transistores 5 y 6 por el transistor 2. Las co-

11.8.73  
C.M.H.

417457



rrientes de emisor de esos transistores 1 y 2 son a su vez  
suministradas por una fuente de corriente  $I_1$ . Se aplica una  
primera señal de entrada como una señal diferencial a las  
bases de los transistores 1 y 2, y se aplica una segunda se  
5 ñal de entrada como una señal diferencial a las bases de  
los transistores 3 y 4, cuyas bases están también conecta-  
das a las bases de los transistores 5 y 6. En la realización  
ilustrada, las bases del transistor 2 y los transistores 4 y  
5 están conectadas a un voltaje de referencia  $V_{ref1}$  y  $V_{ref2}$   
10 respectivamente, y las señales de entrada  $\underline{x}$  e  $\underline{y}$  se aplican  
como corrientes a las bases del transistor 1 y de los tran-  
sistores 3 y 6, respectivamente.

Como es evidente de la Figura, la corriente sumi-  
nistrada por la fuente de corriente  $I_1$  se distribuye sobre  
15 los transistores 3 a 6, de acuerdo con la magnitud de las  
señales  $\underline{x}$  e  $\underline{y}$ . Por suma de dos corrientes de salida conve-  
nientemente seleccionadas de esos transistores, por ejemplo,  
las corrientes de salida de los transistores 3 y 5, se obtie-  
ne una corriente que es proporcional al producto  $\underline{xy}$ .

20 La corriente de colector del transistor 4 se su-  
ministra a la entrada de un primer "espejo"  $S_1$  de corriente  
múltiple. Este "espejo" de corriente comprende, a modo de  
ejemplo, tres transistores 12, 13 y 14 del tipo pnp, cuyas bases  
están interconectadas, cuyos emisores están conectados a tra  
25 vés de resistencias  $R_{12}$ ,  $R_{13}$  y  $R_{14}$ , a un terminal de suma

11.8.73  
C.M.H.



417457

y de los cuales el transistor 12 está conectado como un diodo. Esta disposición garantiza que una corriente suministrada al transistor 12 sea reproducida en los colectores de los transistores 13 y 14 con una relación fija, la cual viene  
5 determinada por los valores de las resistencias  $R_{12}$  a  $R_{14}$  y por las áreas de los transistores. En el caso más simple, los transistores y las resistencias son idénticos, de modo que las dos corrientes de salida  $i_{11}$ ,  $i_{12}$  del "espejo" de corriente  $S_1$  son iguales siempre a la corriente de entrada,  
10 es decir, son iguales a la corriente de colector del transistor 4.

La corriente de colector del transistor 3 se suministra a la entrada de un segundo "espejo" de corriente  $S_2$ , el cual, a modo de ejemplo, es del tipo flotante. El circuito de entrada de este "espejo" de corriente incluye: un transistor npn 7, el cual está conectado como un diodo, y, en serie con él, el circuito de emisor-colector de un transistor pnp 8. El circuito de salida de dicho "espejo" de corriente incluye los circuitos de corriente principales conectados  
15 en serie de un transistor npn 9 y dos transistores pnp 10 y 11, estando conectado el transistor 10 como un diodo. Las bases de los transistores 7 y 9 están interconectadas, como lo están las de los transistores 8 y 10, mientras que la base del transistor 11 está conectada a la entrada del "espejo" de corriente, es decir, al colector del transistor 8. Debi-  
20  
25

417457

20 000 000



do a esta disposición, la suma de los voltajes de base-emisor de los transistores 9 y 10 en el circuito de salida es necesariamente igual a la suma de los voltajes de base-emisor de los transistores 7 y 8 en el circuito de entrada, de modo que si las configuraciones geométricas de los transistores son iguales la corriente de salida es siempre igual a la corriente de entrada.

La corriente de colector del transistor 5 se aplica a la entrada de un tercer "espejo" de corriente  $S_3$ , el cual, de idéntica manera que el "espejo" de corriente  $S_2$  consiste en transistores 15 a 19. Se genera una primera corriente suma  $i_{S1}$  por cuanto la salida del "espejo" de corriente  $S_2$  está conectada a una salida del "espejo" de corriente  $S_1$ , mientras que se genera una segunda corriente suma  $i_{S2}$  por cuanto la salida del "espejo" de corriente  $S_3$  está conectada a la salida restante del "espejo" de corriente  $S_1$ . La primera corriente suma  $i_{S1}$  se aplica a un "espejo" de corriente  $S_{10}$ , el cual consiste, de manera conocida, en una configuración de diodo-transistor 20 y 21 y cuya salida está conectada a la base del transistor 1 del primer paso diferencial. La segunda corriente suma  $i_{S2}$  se aplica directamente a la base del transistor 3 del segundo paso diferencial. Además, una componente de corriente continua derivada de una fuente de corriente  $I_2$  e  $I_3$  se aplica a la base del transistor 1 y del transistor 3, respectivamente.

11.8.73  
C.M.H.



417457

Las corrientes de realimentación negativa pueden calcularse de una manera sencilla. Suponiendo que la fuente de corriente  $I_1$  suministre una corriente  $4I$ , las corrientes de colector  $i_3$  a  $i_6$  de los transistores 3 a 6 pueden expresarse inicialmente, de una manera conocida, por:

$$\begin{aligned}i_3 &= (1 + x + y + xy) I \\i_4 &= (1 + x - y - xy) I \\i_5 &= (1 - x - y + xy) I \\i_6 &= (1 - x + y - xy) I\end{aligned}\tag{1}$$

Suponiendo que todos los "espejos" de corriente reproducen las corrientes aplicadas a sus entradas en sus salidas con ganancia unidad, las corrientes de salida  $i_{21}$  e  $i_{31}$ , respectivamente, de los "espejos" de corriente  $S_2$  y  $S_3$  son iguales a  $i_3$  e  $i_5$ , respectivamente, y las dos corrientes de salida  $i_{11}$ ,  $i_{12}$  del "espejo" de corriente  $S_1$  son iguales a  $i_4$ . Esto significa que la primera corriente suma  $i_{S1}$  que comprende la corriente de salida  $i_{21}$  del "espejo" de corriente  $S_2$  y la corriente de colector  $i_{11}$  del transistor 13 del "espejo" de corriente  $S_1$ , es igual a  $i_3 + i_4 (1 + x) 2I$ , de modo que además de una componente de corriente continua esta corriente suma contiene inicialmente sólo una componente  $x$ . Aplicando esta corriente suma a través de un "espejo" de corriente  $S_{10}$  a la base del transistor 1 se obtiene una corriente de realimentación negativa en esa entrada, la cual es igual a  $-(1 + x) 2I$ , proporcionando así plena realimenta

417457



ción negativa de la componente  $\underline{x}$ . La componente de corriente continua  $-2I$  contenida en esa corriente de realimentación negativa es suministrada por la fuente de corriente  $I_2$ , pero también puede estar incluida, por supuesto, en la corriente de entrada.

5

La segunda corriente suma  $i_{S2}$ , la cual es generada por suma de la corriente de salida  $i_{31}$  del "espejo" de corriente  $S_3$  y la corriente de colector  $i_{12}$  del transistor 14, es igual inicialmente a  $i_4 + i_5 = (1 - \gamma) 2I$  de acuerdo con (1), de modo que además de la componente de corriente continua esta corriente suma solo contiene principalmente la componente  $\underline{y}$ . Aplicando dicha corriente suma directamente a la base del transistor 3 se logra plena realimentación negativa de esa componente  $\underline{y}$ . La componente de corriente continua  $2I$  contenida en la corriente de realimentación negativa es suministrada por la fuente de corriente  $I_3$ .

10

15

En consecuencia, el uso de "espejos" de corriente, específicamente del "espejo" de corriente múltiple  $S_1$ , permite la aplicación de realimentación negativa a ambas entradas ( $\underline{x}$  e  $\underline{y}$ ) del circuito multiplicador.

20

Son posibles varias modificaciones del método descrito de generación de las corrientes suma deseadas. Por ejemplo, en vez del "espejo" de corriente  $S_1$  es también posible usar un "espejo" de corriente flotante similar a  $S_2$  y  $S_3$ . Estos "espejos" de corriente flotantes tales como

25

417457



5  $S_2$  comprenden ya una primera salida, el colector del transistor 11, una segunda salida, el colector del transistor 9, y a veces una tercera salida, el colector del transistor 7. Si se usa tal "espejo" de corriente flotante para el "espejo" de corriente  $S_1$ , su primera salida puede también ser conectada a la primera salida del "espejo" de corriente  $S_2$  a fin de obtener la primera corriente suma. Para obtener la segunda corriente suma se puede conectar la segunda salida de dicho "espejo" de corriente flotante al colector del transistor 5, después de lo cual se trata la segunda corriente suma así generada, con ayuda del "espejo" de corriente  $S_3$ . Será evidente que en este caso los niveles entre los diversos componentes deberán estar convenientemente adaptados.

10  
15 En una segunda modificación se aplica la señal  $x$  a la base del transistor 2 en vez del transistor 1, mientras que se conecta la base del transistor 1 al voltaje de referencia  $V_{refl}$ . La primera corriente suma es entonces igual a  $i_3 + i_4 = (1 - x) 2I$ , de modo que esa corriente suma puede ser aplicada directamente a la base del transistor 2 a fin de obtener la realimentación negativa deseada, evitándose así el uso del "espejo" de corriente adicional  $S_{10}$ .

20  
25 El producto deseado se puede obtener sencillamente añadiendo la corriente de colector del transistor 9 del "espejo" de corriente  $S_2$  a la corriente de colector del transistor 17 del "espejo" de corriente  $S_3$ , obteniéndose una co

# 417457



corriente  $i_3 + i_5 = (1 + xy) 2I$ .

En la Fig. 2 se ilustra una segunda realización del circuito multiplicador de acuerdo con el invento. La disposición de circuito de acuerdo con la Fig. 1 comprende tres pasos diferenciales con transistores 1 a 6, a los cuales se aplican de una manera correspondiente las señales de entrada  $x$  e  $y$ . No obstante, al contrario que en la Fig. 1, cada una de las corrientes de colector  $i_3$  a  $i_6$  de los transistores 3 a 6 se aplica individualmente a un "espejo" de corriente múltiple. Como los cuatro "espejos" de corriente  $S_1$  a  $S_4$  son totalmente idénticos, solamente se describirá con más detalle la disposición de circuito del "espejo" de corriente  $S_1$ .

La corriente de entrada del "espejo" de corriente  $S_1$ , la corriente de colector del transistor 4, se aplica a una resistencia 44. Un extremo de esa resistencia 44 está conectado al terminal de suma del "espejo" de corriente y su otro extremo a la base de un transistor npn 41, el cual está conectado en una disposición de transistor con salida por emisor, que recibe por medio de una fuente de corriente  $I_{41}$  una corriente de reposo y cuyo colector está conectado al terminal positivo  $+V_B$  de la fuente de suministro. El emisor de ese transistor 41 está a su vez conectado a las bases de dos transistores pnp 42 y 43, cuyos emisores están conectados al terminal de suma del "espejo" de corriente a través de resistencias 45 y 46, respectivamente. Los colectores de los transis

417457

20 00 00



tores 42 y 43 constituyen las dos salidas del "espejo" de corriente que suministran corrientes que están en una relación fija con la corriente de entrada, cuya relación puede fijarse por medio de las resistencias 44, 45 y 46. A pesar del factor de amplificación de corriente generalmente bajo de los transistores npn, la disposición ilustrada del "espejo" de corriente garantiza un funcionamiento muy preciso.

Para obtener las corrientes de realimentación negativa deseadas se produce primeramente la suma de una corriente de salida  $i_{11}$  del "espejo" de corriente  $S_1$  y una corriente de salida  $i_{21}$  del "espejo" de corriente  $S_2$ , de acuerdo con la disposición de circuito de la Fig. 1, obteniéndose una corriente suma  $i_3 + i_4 = (1 + x) 2I$ . Después de tratar con ayuda de un "espejo" de corriente  $S_{10}$ , esto da  $-(1 + x) 2I$  como corriente de realimentación negativa en la base del transistor 1. Se genera también una segunda corriente suma  $i_{S12}$  por suma de una corriente de salida  $i_{31}$  del "espejo" de corriente  $S_3$  y la segunda corriente de salida  $i_{12}$  del "espejo" de corriente  $S_1$ , dando por resultado una corriente  $i_4 + i_5 = (1 - y) 2I$ , la cual se aplica directamente a la base del transistor 3.

No obstante, la disposición del circuito de la Fig. 2 produce, además, una tercera y una cuarta corriente suma. La cuarta corriente suma  $i_{S4}$  se obtiene por suma de la segunda corriente de salida  $i_{32}$  del "espejo" de corriente  $S_3$  y la

417457



segunda corriente de salida  $i_{42}$  del "espejo" de corriente  $S_4$ , y es igual a  $i_5 + i_6 = (1 - x) 2I$ . Esta corriente suma se aplica directamente a la base del transistor 1, proporcionando así realimentación negativa para la componente  $x$ .

5 La corriente de realimentación negativa total a la base del transistor 1 es la suma de la primera corriente de realimentación negativa procedente de la salida del "espejo" de corriente  $S_{10}$  y de la últimamente mencionada corriente de realimentación negativa:  $-(1 + x)2I + (1 - x)2I = -4xI$ , de modo que queda completamente compensada la componente de corriente continua.

10

Esto mismo se logra en la entrada y aplicando la tercera corriente suma  $i_{S3}$ , la cual es la suma de la segunda corriente de salida  $i_{22}$  del "espejo" de corriente  $S_2$  y la primera corriente de salida  $i_{41}$  del "espejo" de corriente  $S_4$ , a través de un "espejo" de corriente  $S_{11}$ , a la base del transistor 3.

15

Se puede obtener la corriente producto deseada de una manera muy sencilla, interconectando los terminales de suma de los "espejos" de corriente  $S_2$  y  $S_3$ , lo cual da por resultado una corriente total de  $(1 + xy)6I$ . Interconectando los terminales de suma de los "espejos" de corriente  $S_1$  y  $S_4$  se puede obtener una segunda corriente producto  $(1 - xy)6I$ .

20

25 Se puede lograr una modificación de la disposi-

417457



5 ción de circuito descrita aplicando para ello las señales  
de entrada simétricamente, de tal modo que en vez de una se  
ñal de referencia  $V_{ref1}$  se aplica a la base del transistor  
2 la componente  $x$  de la señal  $x$  compensada, y en vez de la  
10 señal de referencia  $V_{ref2}$  se aplica a la base del transis-  
tor 4 la componente  $y$  de la señal  $y$  compensada. La primera  
corriente suma puede entonces aplicarse directamente a la  
base del transistor 2, de modo que se puede prescindir del  
"espejo" de corriente  $S_{10}$ , y la cuarta corriente suma pue-  
de aplicarse directamente a la base del transistor 4, de mo  
do que el "espejo" de corriente  $S_{11}$  resulta superfluo. Así,  
se aplican también corrientes de realimentación negativa a  
las dos entradas de una manera compensada. No obstante, en  
esta realización hay que tomar medidas también a fin de com  
15 pensar la componente de corriente continua en las corrientes  
de realimentación negativa.

20 Será evidente que son posibles todavía otras modi-  
ficaciones, incluidas realizaciones diferentes de los "espe-  
jos" de corriente, dentro del alcance del invento. La apli-  
cación de las señales de entrada a las entradas correspondien-  
tes puede tener lugar, por ejemplo, alimentando voltajes de  
entrada a resistencias, las cuales están conectadas a las  
bases de los transistores correspondientes.

25 La presente solicitud, que corresponde a la pre-  
sentada en Holanda, el 3 de Agosto de 1972, bajo el nº

417457



7210633, 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 multiplicador de cuatro cuadrantes para multiplicar una primera y una segunda señales de entrada, que comprende un primer paso diferencial con un primero y un segundo transistores, a cuyos electrodos de control se aplica la primera señal de entrada como una señal diferencial y cuyo circuito de electrodo común incluye una fuente de corriente, un segundo paso diferencial con un tercero y un cuarto transistores, cuyo circuito de electrodo común incluye el circuito de corriente principal del primer transistor y a cuyos electrodos de control se

20

25

11.8.73

 C.M.H.

417457



22 500

5 aplica la segunda señal de entrada como una señal diferencial,  
y un tercer paso diferencial con un quinto y un sexto tran-  
sistores, cuyo circuito de electrodo común incluye el circui  
to de corriente principal del segundo transistor, estando co  
nectado el electrodo de control del quinto transistor al elec  
trodo de control del cuarto transistor y el electrodo de con  
trol del sexto transistor al electrodo de control del tercer  
10 transistor, y obteniéndose la señal de salida deseada, la  
cual es proporcional al producto de las dos señales de en-  
trada, mediante una combinación adecuada de las corrientes  
de salida de los transistores de los pasos diferenciales se  
gundo y tercero, caracterizada porque el circuito comprende  
un primer "espejo" de corriente múltiple, el cual suministra  
15 una primera y una segunda corrientes de salida, las cuales  
están en una relación fija con la corriente de salida del  
cuarto transistor, la cual se aplica a la entrada de ese pri  
mer "espejo" de corriente, primeros medios de sumación por  
medio de los cuales se forma una primera corriente suma a  
partir de la corriente de salida del tercer transistor y de  
20 la primera corriente de salida del primer "espejo" de corrien  
te, segundos medios de sumación por medio de los cuales se  
forma una segunda corriente suma a partir de la corriente de  
salida del quinto transistor y de la segunda corriente de  
salida del primer "espejo" de corriente, primeros medios de  
25 realimentación negativa a través de los cuales se realimen-

11.8.73  
G.M.H.

417457



5 ta la primera corriente suma degenerativamente a la entrada del primer paso diferencial, y segundos medios de realimentación negativa a través de los cuales se realimenta la segunda corriente suma degenerativamente a la entrada del segundo paso diferencial, siendo aplicadas las dos señales de entrada a dichas entradas del circuito multiplicador como corrientes.

10 2<sup>a</sup>.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según la reivindicación 1<sup>a</sup>, caracterizada porque los primeros medios de sumación incluyen un segundo "espejo" de corriente a cuya entrada se aplica la corriente de salida del tercer transistor y cuya corriente de salida, juntamente con la primera corriente de salida del primer "espejo" de corriente constituye la primera corriente suma y  
15 porque los segundos medios de sumación incluyen un tercer "espejo" de corriente, a cuya entrada se aplica la corriente de salida del quinto transistor, y cuya corriente de salida, juntamente con la segunda corriente de salida del primer "espejo" de corriente constituye la segunda corriente  
20 suma.

25 3<sup>a</sup>.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según la reivindicación 2<sup>a</sup>, caracterizada porque el segundo "espejo" de corriente es de un tipo múltiple y suministra una primera y una segunda corrientes de salida, usándose su primera corriente de salida para la for

11.8.73  
C.M.H.

417457



5 mación de la primera corriente suma, y porque hay previstos  
terceros medios de sumación por medio de los cuales se forma una tercera corriente suma a partir de la corriente de salida del sexto transistor y de la segunda corriente de salida del segundo "espejo" de corriente, siendo realimentada dicha tercera corriente suma degenerativamente a través de terceros medios de realimentación negativa a la entrada del segundo paso diferencial.

10 4ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según la reivindicación 2ª, caracterizada porque el tercer "espejo" de corriente es de un tipo múltiple y suministra una primera y una segunda corrientes de salida, usándose su primera corriente de salida para la formación de la segunda corriente suma, y porque hay previstos  
15 terceros medios de sumación por medio de los cuales se forma una cuarta corriente suma a partir de la corriente de salida del sexto transistor y de la segunda corriente de salida del tercer "espejo" de corriente, siendo alimentada dicha cuarta corriente suma degenerativamente a través de cuatros medios de realimentación negativa a la entrada del primer paso diferencial.

20 5ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según las reivindicaciones 3ª ó 4ª, caracterizada porque los terceros medios de sumación incluyen un  
25 cuarto "espejo" de corriente, a cuya entrada se aplica la

11.8.73  
C.M.H.

417457



corriente de salida del sexto transistor y cuya corriente de salida se usa para la formación de la corriente suma suministrada por dichos medios de sumación.

5                   6ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según las reivindicaciones 3ª y 4ª, caracterizada porque los terceros medios de sumación incluyen un "espejo" de corriente múltiple, a cuya entrada se aplica la corriente de salida del sexto transistor y el cual suministra una primera y una segunda corrientes de salida, usándose  
10                   se dicha primera corriente para la formación de la tercera corriente suma y dicha segunda corriente para la formación de la cuarta corriente suma.

15                   7ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según las reivindicaciones 3ª, 5ª o 6ª, caracterizada porque los medios de realimentación negativa segundos y terceros están conectados al electrodo de control de un mismo transistor del segundo paso diferencial, estableciendo uno de dichos medios de realimentación negativa una conexión directa entre los correspondientes medios de  
20                   sumación y dicho electrodo de control, e incluyendo los otros medios de realimentación negativa un "espejo" de corriente por medio del cual se obtiene una inversión de la corriente suma correspondiente.

25                   8ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según las reivindicaciones 4ª, 5ª o 6ª,

11.8.73

C.M.H.

417457



- 5                    caracterizada proque los medios de realimentación negativa primeros y cuartos están conectados al electrodo de control de un mismo transistor del primer paso diferencial, estableciendo uno de los citados medios de realimentación negativa una conexión directa entre los medios de sumación correspondientes y dicho electrodo de control, e incluyendo los otros medios de realimentación negativa un "espejo" de corriente por medio del cual se obtiene una inversión de la corriente suma correspondiente.
- 10                    9ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según la reivindicación 6ª, caracterizada porque las dos señales de entrada se aplican a los pasos diferenciales primero y segundo de una manera compensada y las corrientes de realimentación negativa destinadas a una cierta entrada se aplican también a la entrada correspondiente de una manera compensada.
- 15                    10ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, fabricado de acuerdo con la tecnología de los circuitos integrados.
- 20                    11ª.- Una disposición de circuito multiplicador de cuatro cuadrantes.
- 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.
- 25

11.8.73  
C.M.H.

417457A



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

Madrid, 20 180 1973

5

P.A.

*[Handwritten signature]*

11.8.73  
C.M.H.

*[Handwritten signature]*

417457

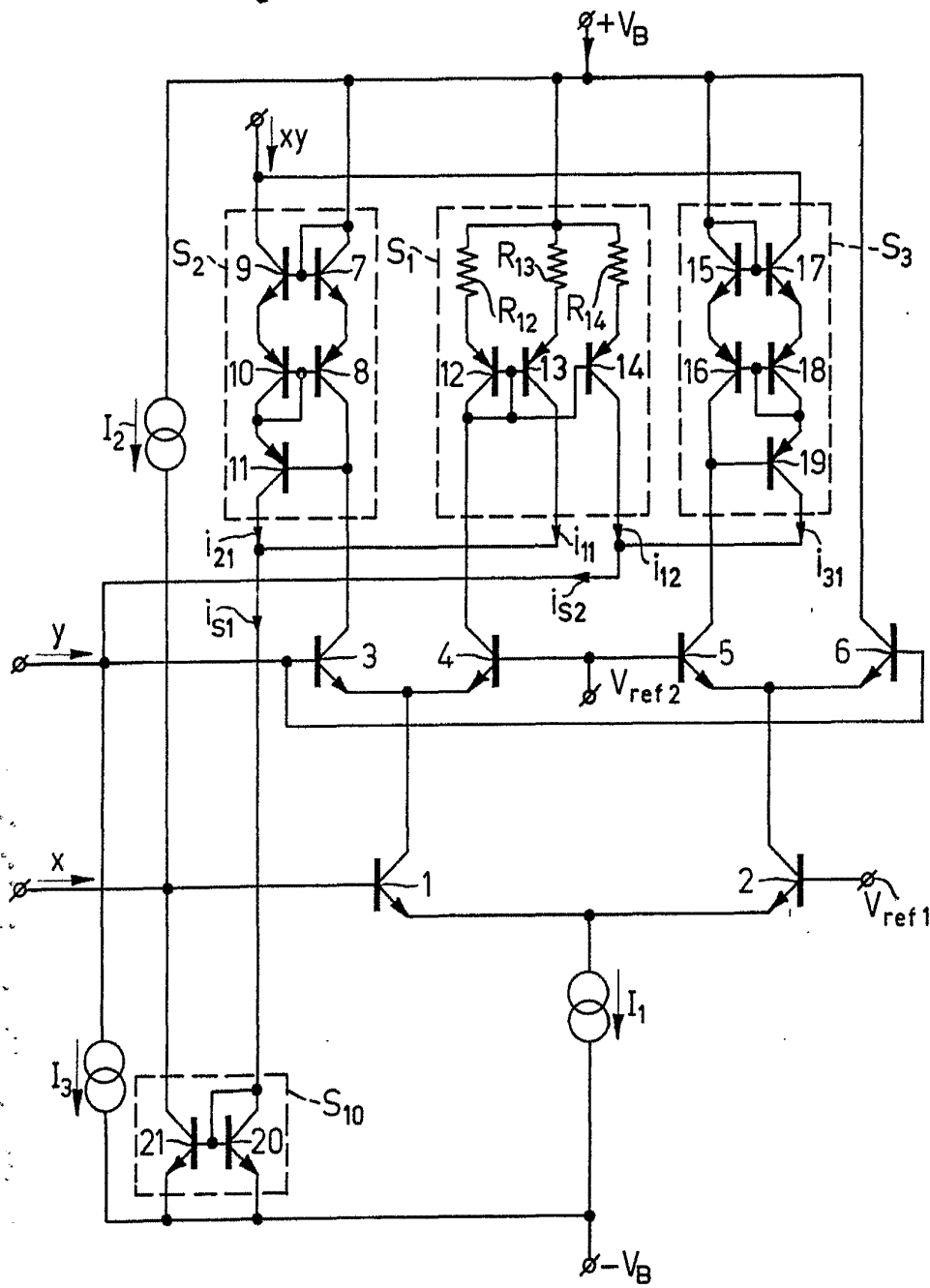


Fig.1

*[Handwritten signature]*

417457 II/II

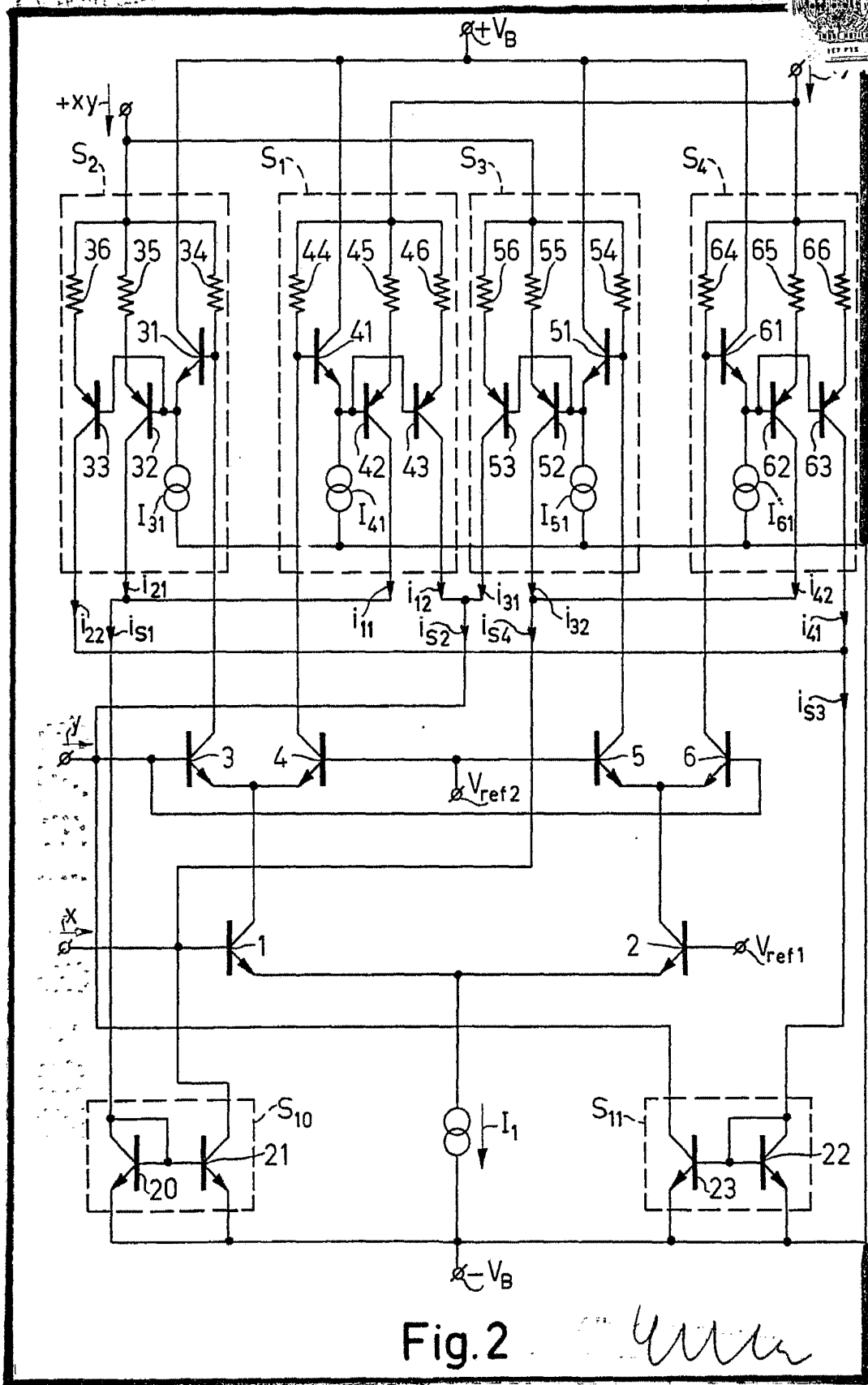


Fig. 2