



407761

P.-52.386

PHN 5944
Spain
VD/EV

F.C. 31 - XII - 74
Int. Cl.: G05F, H03F

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS 'GLOEILAMPEN FABRIEKEN

entidad holandesa

establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "DISPOSICION DE CIRCUITO CON AMPLIFICACION DE
CORRIENTE CONSTANTE, EN PARTICULAR PARA USO EN
UN CIRCUITO ESTABILIZADOR DE CORRIENTE"
(Clase Internacional H03f)

407761



El invento se refiere a una disposición de circuito que tiene una amplificación de corriente constante, y es particularmente adecuado para uso en un circuito estabilizador de corriente y comprende un circuito de corriente de entrada que incluye el camino de corriente principal de un primer transistor de un primer tipo de conductividad, y un circuito de corriente de salida que incluye el camino de corriente principal de un segundo transistor del primer tipo de conductividad, estando interconectados los electrodos de control de los transistores primero y segundo, mientras que las corrientes requeridas para los electrodos de control de estos transistores son suministradas por un tercer transistor.

Una disposición de circuito de esta clase se describe, por ejemplo, en "International Solid-State Circuits Conference", Febrero de 1970, página 156. Por ejemplo, la figura 1 muestra un amplificador de corriente que está incluido en un amplificador operacional y en el que los caminos de base a emisor de los transistores primero y segundo están conectados en paralelo de modo que la amplificación de corriente consiguiente, es decir, la relación entre la corriente de salida en el terminal de salida y la corriente de entrada en el terminal de entrada, viene determinada completamente por la relación entre las áreas de emisor de los dos transistores.

407-761



Las corrientes de base requeridas para estos dos transistores son suministradas por el tercer transistor, que es del mismo tipo de conductividad y el emisor del cual está conectado a las bases de los transistores primero y segundo, mientras que su base está conectada al terminal de entrada del amplificador de corriente. En el circuito mostrado el colector de este tercer transistor está conectado a un punto de potencial constante.

Esta estructura del amplificador de corriente asegura que la desviación con respecto a la amplificación de corriente deseada debido a las corrientes de base de los transistores primero y segundo sea muy pequeña, ya que la influencia de estas corrientes de base sobre la corriente que circula por el circuito de corriente de entrada se reduce debido al factor de amplificación de corriente entre la base y el emisor del tercer transistor. Si este factor de amplificación de corriente es grande, la corriente de base para el tercer transistor derivada del terminal de entrada será muy pequeña con respecto a esta corriente de entrada, de modo que la amplificación de corriente viene determinada, con un alto grado de precisión, por la relación entre las áreas de emisor de los transistores primero y segundo.

25 La tensión de alimentación requerida es aproximadamente dos veces mayor que la tensión de bas-emisor de

407761



cada uno de los transistores, porque está conectada entre el terminal de entrada y los emisores de los transistores primero y segundo la combinación en serie de dos caminos de base a emisor, a saber, el camino de base a emisor del tercer transistor y los caminos de base a emisor conectados en paralelo de los transistores primero y segundo.

Un objeto del presente invento es crear una disposición de circuito del tipo descrito al comienzo de esta memoria, que hace posible también que se realice una amplificación de corriente exactamente determinada, pero que puede ser hecha funcionar con una tensión de alimentación que es considerablemente más baja que la utilizada en la disposición de circuito conocida.

La disposición de circuito de acuerdo con el invento se caracteriza porque el tercer transistor es del tipo de conductividad complementario y recibe en su electrodo de control una señal de control procedente del electrodo de salida de un cuarto transistor en conexión de electrodo principal común del primer tipo de conductividad, cuyo electrodo de control está conectado al circuito de corriente de entrada.

Si por ejemplo, los caminos de base a emisor de los transistores primero y segundo están conectados de nuevo en paralelo, se obtiene otra vez un amplificador de corriente cuya amplificación viene determinada por la re-

407761



lación entre las áreas de emisor de estos transistores. La influencia de las corrientes de base de estos transistores sobre la corriente de entrada es pequeña nuevamente, ya que la influencia de estas corrientes de base se reduce no solo debido al factor de amplificación de corriente del tercer transistor, sino debido también al factor de amplificación de corriente del cuarto transistor. Sin embargo, la disposición de circuito de acuerdo con el invento puede ser hecha funcionar con una tensión de alimentación más baja que en las disposiciones de circuito conocidas, a saber con la suma de una tensión de base a emisor y una tensión de codo de colector a emisor, es decir, aproximadamente 0,9 voltios, que es menor que la tensión en terminales de un elemento único de tensión.

Deberá hacerse notar que se conoce un amplificador de corriente destinado a hacerse funcionar con una tensión de alimentación incluso más baja. Sin embargo, en este amplificador de corriente las corrientes de base requeridas para los transistores primero y segundo se obtienen poniendo en cortocircuito el camino de colector a base del primer transistor, con el resultado de que las corrientes de base requeridas de los transistores sin atenuación alteran la relación deseada entre las corrientes de entrada y salida. Cuando se utilizan transistores que tienen factores grandes de amplificación de corriente, esta alteración de la

25

407761



relación de corriente deseada será relativamente pequeña. Sin embargo, si se utilizan transistores npr laterales, la alteración resulta considerable, ya que estos transistores tiene factores pequeños de amplificación de corriente, en particular en el caso de corrientes pequeñas.

Si se utilizan transistores npr laterales, además de la ventaja de una tensión de alimentación baja, se presenta una ventaja adicional de la disposición de circuito de acuerdo con el invento en comparación con el circuito conocido mencionado al comienzo de esta memoria. Como ya se ha mencionado, estos transistores pnp laterales tienen factores pequeños de amplificación de corriente, de modo que en la disposición de circuito conocida la desviación con respecto a la relación deseada entre las corrientes de entrada y de salida debido a las corrientes de base será considerable, ya que en esta disposición de circuito todos los transistores son de este tipo pnp. Sin embargo, en la disposición de circuito de acuerdo con el invento el tercer transistor es en este caso del tipo npn y, por tanto, tiene un factor grande de amplificación de corriente, de modo que la desviación con respecto a la amplificación de corriente deseada puede ser considerablemente menor que en la disposición de circuito conocida.

La disposición de circuito de acuerdo con el invento tiene la ventaja adicional de que pueden manipularse

407761



señales de entrada muy grandes incluyendo un manantial de corriente en el conductor de colector del cuarto transistor.

La disposición de circuito de acuerdo con el invento es particularmente útil para realizar un estabilizador de corriente. En un estabilizador de esta clase se utilizan dos amplificadores de corrientes interacoplados, permitiendo que se obtenga al menos una corriente cuyo valor se determina con precisión y es sustancialmente independiente de las variaciones de la tensión de alimentación. El uso adecuado de la disposición de circuito de acuerdo con el invento permite realizar un estabilizador de corrientes exacto que es capaz de controlar un gran número de manantiales de corriente y requiere únicamente una tensión de alimentación baja y en el que se eliminan en gran medida los problemas de puesta en funcionamiento inherentes a estos estabilizadores de corriente.

Ahora se describirán, a título de ejemplo, algunas realizaciones del invento con referencia a los dibujos diagramáticos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es un diagrama del circuito conocido de amplificación de corriente,

Las figuras 2, 3 y 4 son diagramas de tres realizaciones del circuito amplificador de corriente de acuerdo con el invento, y

407761



La figura 5 muestra un circuito estabilizador de corriente en el que se usa apropiadamente el circuito amplificador de corriente de acuerdo con el invento.

La figura 1 muestra el circuito amplificador de corriente conocido que incluye dos transistores npn T_1 y T_2 , cuyos caminos de base a emisor están conectados en paralelo. El colector de transistor T_1 está conectado a un terminal de entrada A, al cual se alimenta una corriente de entrada. El colector de transistor T_2 está conectado a un terminal de salida, del cual se deriva la corriente de salida. Para excitar estos dos transistores T_1 y T_2 está previsto un transistor T_3 del tipo npn cuyo emisor está conectado a las bases de los transistores T_1 y T_2 , cuya base está conectada al terminal de entrada A y cuyo colector está conectado a un punto de potencial constante, por ejemplo al terminal positivo $+V_B$ del manantial de alimentación de tensión.

La amplificación de corriente del circuito, es decir, la relación entre las corrientes de entrada y de salida, viene determinada por la relación entre las áreas de emisor de los transistores T_1 y T_2 . Suponiendo, por ejemplo, que sean iguales las áreas de emisor de estos transistores, entonces sus corrientes de emisor son siempre exactamente iguales. Si los factores de amplificación de corriente de los transistores T_1 y T_2 son iguales, las corrientes de colector de los transistores T_1 y T_2 serán también iguales,

25

407761



por ejemplo, ambas serán I . La corriente de salida en el terminal B es igual a la corriente de colector del transistor T_2 , de modo que la igualdad de las corrientes de entrada y de salida resulta alterada únicamente por la corriente de base I_B del transistor T_3 , es decir, corriente de entrada $I_1 = I + I_b$. Suponiendo que los tres transistores tienen el mismo factor de amplificación de corriente β_n entre la base y el colector, la corriente de base del transistor T_3 será:

$$I_b = \frac{2I}{\beta_n(\beta_b + 1)} \quad (1)$$

Esta expresión muestra claramente que cuando se utilizan transistores que tienen factores grandes de amplificación de corriente, la desviación debida a esta corriente de base es muy pequeña, de modo que se obtiene la amplificación de corriente deseada con un alto grado de exactitud. La tensión de alimentación mínima requerida para la amplificación de corriente mostrada viene dada por la tensión requerida entre el terminal de entrada A y los emisores de los transistores T_1 y T_2 . Como muestra la figura la figura, estos puntos están conectados por

25

40776



la combinación en serie de dos caminos de base a emisor, a saber, el camino de base a emisor del transistor T_3 y la conexión en paralelo de los caminos de base a emisor de los transistores T_1 y T_2 , lo que significa que se requiere una tensión que es al menos dos veces mayor que la tensión de base a emisor de un transistor en conducción. Cuando se utilizan transistores de silicio, esto significaría que la tensión de alimentación deberá ser de al menos 1,2 voltios aproximadamente.

La figura 2 muestra una primera realización del amplificador de corriente de acuerdo con el invento. El circuito incluye nuevamente dos transistores T_1 y T_2 del tipo npn, cuyos caminos de base a emisor están conectados en paralelo y cuyos colectores están conectados al terminal de entrada A y al terminal de salida B, respectivamente. Sin embargo, para excitar estos dos transistores el circuito incluye dos transistores, un transistor T_3 del tipo mp y un transistor T_4 del tipo npn. El colector del transistor T_3 está conectado a la base de los transistores T_1 y T_2 , y su emisor está conectado a un punto de potencial constante, por ejemplo al terminal positivo $+V_B$ del manantial de alimentación. Su base está conectada al colector del transistor T_4 , cuya base está conectada al terminal de entrada y cuyo emisor está conectado, por ejemplo, a los emisores de los transistores

25

407761



T_1 y T_2 .

Se verá fácilmente otra vez que la amplificación de corriente viene determinada por la relación entre las áreas de emisor de los transistores T_1 y T_2 y que una desviación con respecto a la amplificación de corriente deseada es producida por la corriente de base I_b del transistor T_4 . Suponiendo otra vez, por ejemplo, que son iguales las áreas de emisor de los transistores T_1 y T_2 , sus corrientes de colector serán iguales, por ejemplo serán I , y la corriente de entrada será $I_1 = I + I_b$, en completo acuerdo con la figura 1. Sin embargo, I_b es en este caso:

$$I_b = \frac{2I}{\beta_p \cdot \beta_n^2} \quad (2)$$

donde β_n es el factor de amplificación de corriente de los transistores npn y β_p es el factor de amplificación de corriente del transistor pnp T_3 . Una comparación de la expresión (2) con la expresión (1) muestra que la desviación debida a la corriente de base I_b será menor en aproximadamente un factor de β_p .

Resultará evidente una ventaja muy importante del circuito mostrado en la figura 2 cuando se considere la tensión de alimentación requerida. La tensión requerida entre el terminal de entrada A y los emisores de los

407761



transistores en solo de aproximadamente 0,6 voltios (transistores de silicio), es decir, la tensión de base a emisor requerida para el transistor T_4 . La tensión entre el emisor del transistor T_3 y los emisores de los transistores T_1 y T_2 no necesita exceder de 0,9 voltios, porque los puntos mencionados están conectados uno a otro por un camino de base a emisor y un camino de colector a emisor solamente. Como resultado, el circuito completo puede ser hecho funcionar con una tensión de alimentación de aproximadamente 0,9 voltios, en comparación con los 1,2 voltios en el circuito conocido. Evidentemente, esto es de gran importancia en dispositivos alimentados por pilas, en los que se desea un mínimo de elementos y, preferiblemente, un solo elemento.

La figura 3 muestra una segunda realización cuya estructura corresponde por completo a la mostrada en la figura 2, con la diferencia de que los transistores T_1 , T_2 y T_4 son en este caso del tipo pnp y el transistor T_3 es del tipo npn. Comparado con el circuito conocido mostrado en la figura 1, pero modificado para utilizar transistores pnp, este circuito tiene primeramente la ventaja de que la tensión de alimentación requerida es más baja. Sin embargo, la desviación con respecto a la amplificación de corriente deseada utilizada en este circuito se

25

407761



972

reduce además en gran medida en comparación con el circuito conocido. Cuando el circuito mostrado en la figura 1 esté constituido por transistores npn, la expresión para la corriente de base I_b del transistor T_3 corresponde a (1); sin embargo, el factor de amplificación de corriente β_n de los transistores nnp ha de sustituirse por el factor de amplificación corriente β_p de los transistores npn:

$$I_b = \frac{2I}{\beta_p(\beta_p + 1)} \quad (3)$$

En un circuito integrado los transistores npn toman generalmente la forma de transistores laterales y, por tanto, tienen un factor de amplificación de corriente relativamente bajo β_p . Como resultado, la corriente de base I_b es relativamente grande y, por tanto, la desviación con respecto a la amplificación de corriente deseada debido a esa corriente de base será también relativamente grande.

La corriente de base I_b del transistor T_4 en el circuito mostrado en la figura 3 puede expresarse por

$$I_b = \frac{2I}{\beta_n \cdot \beta_p^2} \quad (4)$$

25

de donde se deduce directamente que esta corriente de base



sigue siendo muy pequeña debido al factor β_n , el factor de amplificación de corriente del transistor npn vertical T_3 , que puede ser muy grande. Así, además de la ventaja de una tensión de alimentación más baja, el circuito mostrado en la figura 3, cuando se compara con el circuito conocido provisto de transistores mpn laterales, tiene también la ventaja de que la desviación con respecto a la amplificación de corriente deseada se reduce en gran medida. Evidentemente, esta propiedad puede mejorarse aún más sustituyendo el transistor mpn por un transistor mpn equivalente.

La figura 4 muestra una tercera realización que corresponde en amplio grado a la mostrada en la figura 3, pero en la que se han tomado medidas para mejorar el comportamiento en frecuencia. Debido a que los transistores T_3 y T_4 de la figura 3 conducen una corriente continua de baja intensidad, su frecuencia de corte será baja. Un diodo o un transistor conectado como diodo D puede estar conectado entre los emisores y las bases de los transistores T_1 y T_2 , lo que asegura que el transistor T_3 conduzca una corriente mayor y, por tanto, se aumenta su frecuencia de corte. Para aumentar la corriente de reposo del transistor T_4 también, puede incluirse un manantial de corriente J en su conductor de colector. Alternativamente, el camino de base a emisor del transistor T_3 puede ponerse en derivación por medio de un diodo o un transistor conectado como diodo.

407761



Sin embargo, con señales de entrada grandes el uso de un manantial de corriente J y tiene una ventaja particular. Con una excitación fuerte las corrientes que circulan por los transistores T_1 a T_4 se harán muy pequeñas durante la cresta negativa de la señal en la entrada. Sin embargo, esto significa que la impedancia de estos transistores se hace muy alta, de modo que la impedancia de entrada resulta muy alta. Como resultado, las capacitancias dispersas del transistor T_1 desempeñaran un papel importante y producirán un desfase indeseable de la señal. Esto se evita por el uso del manantial de corriente J , ya que el transistor T_4 seguirá siendo entonces muy conductor y la impedancia de entrada seguirá siendo baja, de modo que no tiene lugar ningún desfase indeseable de la señal.

La figura 5 muestra un ejemplo de la manera en que puede utilizarse de forma particularmente ventajosa el circuito de amplificación de corriente de acuerdo con el invento para realizar un circuito estabilizador de corriente. La intención de tal estabilizador de corriente es suministrar corrientes que puedan servir como corrientes de reposo para los elementos de un circuito integrado, cuyas corrientes están exactamente definidas y son altamente independientes de la tensión de alimentación. El estabilizador de corriente mostrado en la figura 5 comprende un circuito de amplificación de corriente S_1 que tiene un terminal de

25

407761



entrada A y un terminal de salida B, cuyo circuito corresponde en amplio grado al mostrado en la figura 4. Sin embargo, en este circuito el emisor del transistor T_2 no está conectado directamente al emisor del transistor T_1 , sino a través de una resistencia R, mientras que el transistor T_2 tiene un área de emisor mayor que la del transistor T_1 , lo que se muestra por razones de claridad mediante la conexión en paralelo de tres transistores. Para mejorar el comportamiento en frecuencia del circuito se incluyen unos transistores T_7 y T_8 conectados como diodos, los cuales corresponden al diodo y al manantial de corriente de la figura 4, de modo que los transistores T_3 y T_4 conducen mayores corrientes.

El estabilizador de corriente incluye además un segundo circuito amplificador de corriente S_2 que comprende unos transistores T_5 y T_6 que tienen áreas de emisor iguales y cuyos caminos de base a emisor están conectados en paralelo, mientras que el transistor T_5 está conectado como diodo. Un terminal de entrada A' de este segundo amplificador de corriente S_2 está conectado al terminal de salida B del primer amplificador de corriente S_1 , y un terminal de salida B' de este segundo amplificador de corriente está conectado al terminal de entrada A del primer amplificador de corriente S_1 .

Las corrientes de entrada y de salida del ampli

407761



ficador de corrientes S_2 son forzosamente iguales y, por tanto, también lo son las corrientes de entrada y de salida del amplificador de corriente S_1 . Despreciando la corriente de base del transistor T_4 , las corrientes de colector y, por tanto, con una buena aproximación las corrientes de emisor también, de los transistores T_1 y T_2 serán iguales. Como resultado, las magnitudes de estas corrientes se determinan completamente porque la tensión de base a emisor del transistor T_1 asociada con esta corriente de emisor ha de ser igual a la suma de la tensión de base a emisor del transistor T_2 asociada con esta corriente y la tensión a través de las resistencias R . En consecuencia, las magnitudes de las corrientes se determinan completamente por el valor óhmico de la resistencia R y la relación entre las áreas de emisor de los transistores T_1 y T_2 , y son sustancialmente independientes de la tensión de alimentación.

Este estabilizador de corriente permite controlar una pluralidad de manantiales de corriente, ya que, por ejemplo, los caminos de base a emisor de los transistores T_{01} y T_{04} están conectados en paralelo con el camino de base a emisor del transistor T_1 , de modo que sus corrientes de colector y, por tanto, las corrientes en los terminales I_{01} a I_{04} vienen determinadas completamente por la intensidad del estabilizador de corriente.

25

407761



Una primera ventaja del estabilizador de corriente mostrado consiste en que puede utilizarse una tensión de alimentación muy baja. Incluso una tensión de alimentación global de aproximadamente 0,9 voltios es suficiente para hacer funcionar el circuito. Además, la exactitud del circuito es muy alta, porque la desviación de corriente debida a la corriente de base del transistor T_4 es pequeña. El estabilizador de corriente es capaz de controlar un gran número de manantiales de corriente, ya que las corrientes requeridas para estos manantiales de corriente, en la realización mostrada las corrientes de base de los transistores T_{01} a T_{04} , pueden ser fácilmente suministradas por el transistor T_3 . Una ventaja adicional del circuito es que se eliminan sustancialmente las dificultades de puesta en funcionamiento que surgen en los estabilizadores de corriente de este tipo tienen en principio un estado estable en el que las corrientes difieren de cero. Se ha visto que en un estabilizador de corriente provisto de un amplificador de corriente de acuerdo con el invento puede prescindirse de tales medidas especiales, porque cuando las corrientes son cero, la amplificación de bucle es tal como para poner automáticamente al estabilizador de corriente en el estado estable deseado.

25

Resultará evidente que el estabilizador de co-

407761



corriente mostrado en la figura 5 puede ser modificado en muchos aspectos. Por ejemplo, el amplificador de corriente S_2 puede ser sustituido por otro amplificador de corriente conocido. Puede ser también un amplificador de corriente de acuerdo con el invento. La resistencia no necesita ser incluida en el amplificador de corriente S_1 , sino que puede ser incluida alternativamente en el amplificador de corriente S_2 , en cuyo caso ha de cambiarse de forma correspondiente el área de emisor del transistor asociado. Las corrientes de entrada y de salida del circuito amplificador de corriente no necesitan ser iguales. Son posibles en conjunto muchas modificaciones, que, sin embargo, tienen la característica común de que al menos uno de los amplificadores de corriente está provisto de un control de los transistores que tienen caminos de base a emisor conectados en paralelo, como se describe con referencia a las figuras 2 a 5.

Se apreciará además que aunque se ha descrito el circuito con referencia a realizaciones que utilizan transistores bipolares, puede utilizarse también transistores unipolares.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Holanda, el 21 de octubre de 1971, con el número 7114470, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

25

407761



REIVINDICACIONES

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 siguientes:

1.- Disposición de circuito que tiene una amplificación de corriente constante, en particular para uso en un circuito estabilizador de corriente, que comprende un circuito de corriente de entrada que incluye el camino de corriente principal de un primer transistor de un primer tipo de conductividad, y un circuito de corriente de salida que incluye el camino de corriente principal de un segundo transistor del primer tipo de conductividad, estando interconectados los electrodos de control de los transistores primero y segundo, mientras que las corrientes requeridas para los electrodos de control de estos transistores son suministradas por un tercer transistor, caracterizada porque el tercer transistor es del tipo de conductividad complementario y recibe en su electrodo de control una señal de control proceden

25

407761



te del electrodo de salida de un cuarto transistor del primer tipo de conductividad, que está conectado en configuración de electrodo principal común y cuyo electrodo de mando está conectado al circuito de corriente de entrada.

2.- Disposición de circuito según la reivindicación 1, caracterizada porque un manantial de corriente está conectado en serie con el camino de corriente principal de cuarto transistor.

3.- Disposición de circuito según la reivindicación 1 ó la 2, caracterizada porque con el fin de obtener un circuito estabilizador de corriente está conectado en serie con el circuito de corriente de entrada de este primer circuito amplificador de corriente el circuito de corriente de salida de un segundo amplificador de corriente y en serie con el circuito de salida del primer amplificador de corriente el circuito de corriente de entrada de dicho segundo circuito amplificador de corriente, cuyo segundo circuito amplificador de corriente, incluye un quinto y un sexto transistores del tipo de conductividad complementario, cuyos electrodos de control están conectados entre sí, estando conectado el camino de corriente principal del quinto transistor en el circuito de corriente de entrada y estando conectado el camino de corriente principal del sexto transistor en el circuito

25

407761



de salida de este segundo circuito amplificador de corriente, mientras que uno de los circuitos amplificadores de corriente está dispuesto para suministrar dos corrientes en una relación fija entre sí al otro circuito amplificador de corriente, cuyo último circuito incluye una resistencia que está conectada en el circuito amplificador de corriente respectivo en serie con el camino de corriente principal de uno de los transistores cuyos electrodos de control están acoplados.

4.- Disposición de circuito según la reivindicación 3, caracterizada porque los transistores del primer tipo son transistores pnp laterales y los transistores del tipo complementario son transistores npn verticales, estando conectado el quinto transistor como un diodo.

5.- Disposición de circuito con amplificación de corriente constante, en particular para uso en un circuito estabilizador 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.

407761



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

Madrid, -4 DIC. 1972
P.A.

ALBERTO GARCÍA LIZASURO
Por Poderes
Alberto García Lizasuro

15.11.72 NJ/.

M

407761

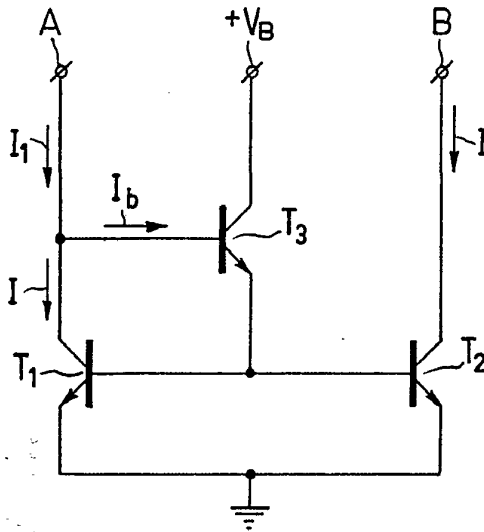


Fig.1

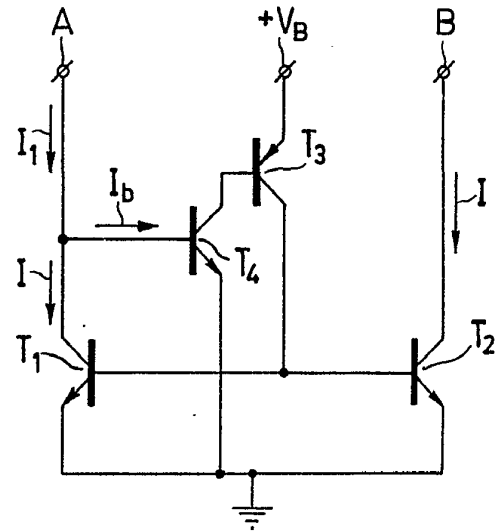


Fig.2

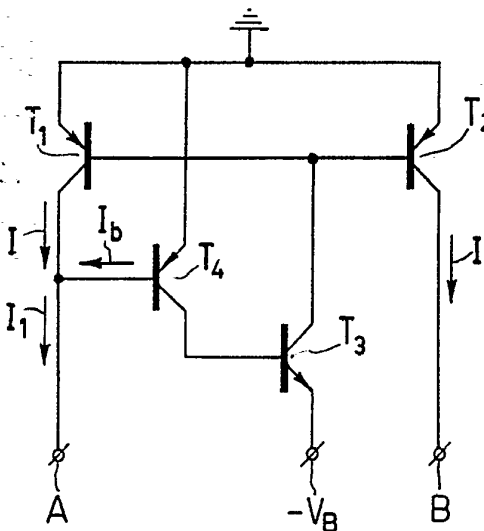


Fig.3

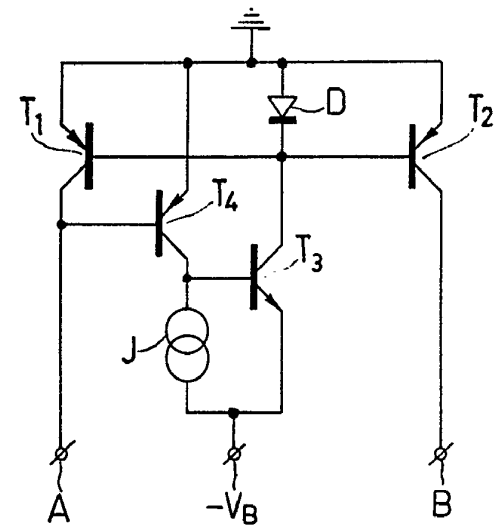
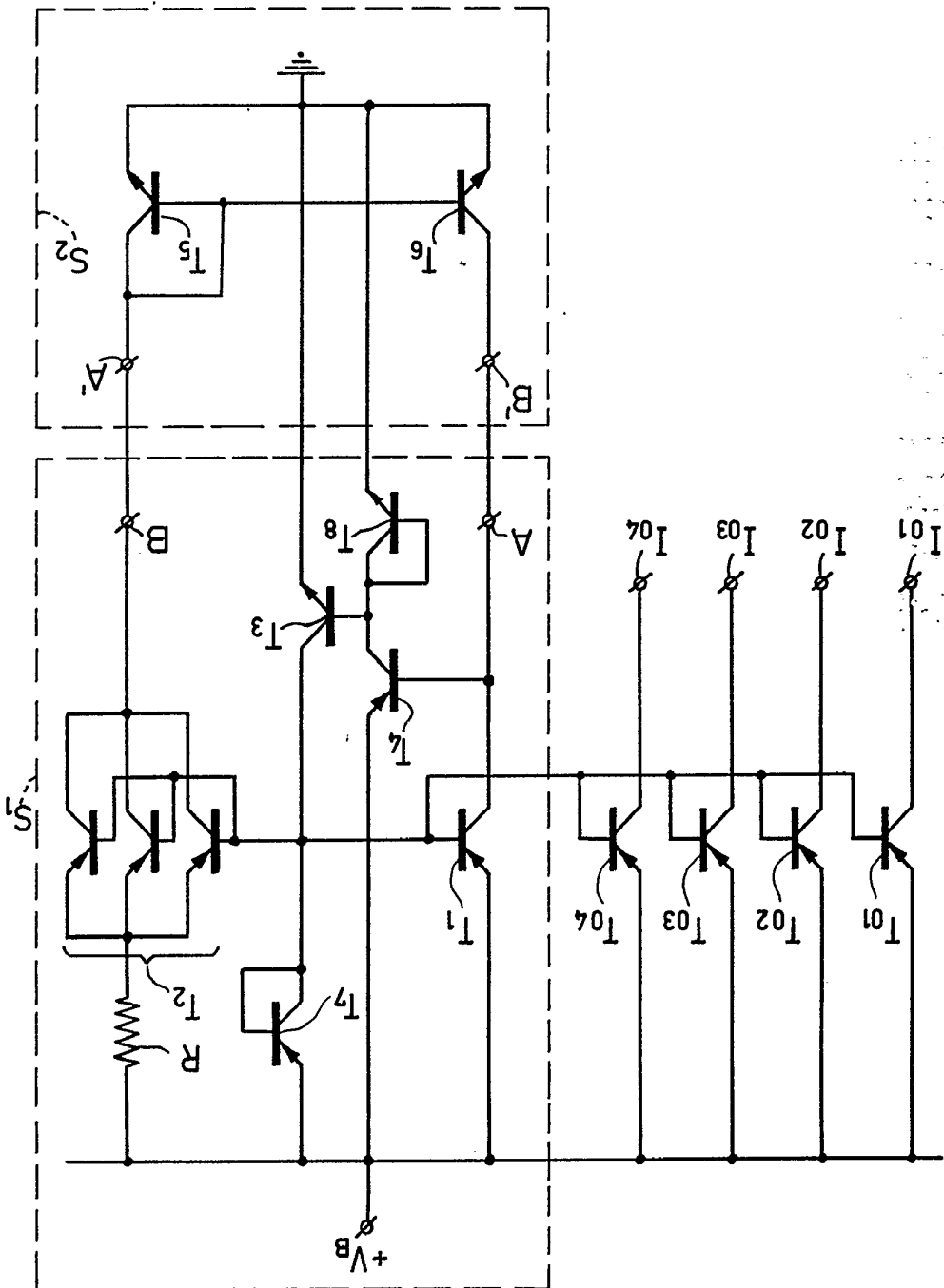


Fig.4

Alberto de Klerk
For Podes

Alberto de Euzébio
1971

Fig. 5



407761