



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 121 853**

51 Int. Cl.:
H03G 1/00 (2006.01)
H03G 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA LIMITADA

T7

96 Número de solicitud europea: **92909402 .7**
96 Fecha de presentación : **25.04.1992**
97 Número de publicación de la solicitud: **0581835**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.02.1994**

54 Título: **Circuito para amplificador regulable.**

30 Prioridad: **25.04.1991 DE 4113498**

45 Fecha de publicación de la mención y de la
traducción de patente europea: **16.12.1998**

45 Fecha de la publicación de la mención de la
patente europea limitada BOPI: **18.06.2009**

45 Fecha de publicación de la traducción de patente
europea limitada: **18.06.2009**

73 Titular/es: **Deutsche Thomson OHG**
Karl-Wiechert-Allee 74
30625 Hannover, DE

72 Inventor/es: **Itri, Sossio y**
Rieger, Martin

74 Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

ES 2 121 853 T7

DESCRIPCIÓN

Circuito para amplificador regulable.

5 La invención se refiere a un circuito para un amplificador regulable.

Estado de la técnica

10 Se conocen amplificadores regulables, que se utilizan por ejemplo para regulación de la amplitud de señales FI (frecuencia intermedia). Un amplificador de este tipo está contenido, por ejemplo, en un circuito integrado tipo TDA 4443. Pero estos amplificadores conocidos no son silenciosos o tienen una linealidad limitada o bien su característica de regulación no es lineal en dB.

15 Además, a partir del documento DE-A-3522416, es conocido que en el amplificador regulable descrito allí, la ganancia de un amplificador diferencial es regulada con la ayuda de diferentes resistencias de emisor.

Invención

20 La invención tiene por cometido indicar un circuito para un amplificador regulable con elevada linealidad y comportamiento de ruido mejorado. Este cometido se soluciona por medio del circuito según la invención indicado en la reivindicación 1.

25 En principio, el circuito según la invención está dotado de un amplificador diferencial para una tensión de entrada, que contiene un primer transistor y un segundo transistor, que están conectados por medio de un circuito serie de al menos tres resistencias, estando derivado entre estas resistencias al menos un respectivo componente, que está conectado con al menos una respectiva fuente de corriente y donde la corriente de estas fuentes de corriente es variable en función de la tensión de entrada.

30 En este caso, especialmente para una regulación lineal en dB, la corriente de las fuentes de corriente es dependiente, de manera ventajosa, adicionalmente de una tensión de referencia, siendo mínima la tensión de referencia respectiva para los componentes que se encuentran en el centro del circuito serie y siendo máxima para los componentes que se encuentran, más próximos a los extremos de dicho circuito serie. Para una regulación lineal es ventajoso que las corrientes de las fuentes de corriente sean proporcionales entre sí y que a partir del centro disminuyan hacia los extremos del circuito de emisor.

35 Desarrollos ventajosos del circuito según la invención se deducen de las correspondientes reivindicaciones dependientes.

40 En un amplificador diferencial, la red de contra-acoplamiento general se divide en redes individuales, que se alimentan con al menos una corriente de control propia. Para mantener reducidas las distorsiones a través de componentes no lineales, por ejemplo recorridos, contenidos en las redes, o para elevar la resistencia a la intermodulación, las corrientes de control individuales se reducen a media que aumenta la tensión de entrada. Para realizar una característica de tener curvas características, por ejemplo, en forma de *tanh* (*tangens hyperbolicus* -tangente hiperbólica-) o similar. Además, un amplificador de este tipo es relativamente silencioso en virtud de su estructura y su principio de funcionamiento.

Dibujo

Con la ayuda de los dibujos se describen ejemplos de realización de la invención. En los dibujos:

50 La figura 1 muestra un circuito conocido para un amplificador regulable.

La figura 2 muestra un circuito según la invención para un amplificador regulable.

55 La figura 3 muestra curvas características de la corriente de control para el amplificador según la figura 2.

La figura 4 muestra curvas características de la corriente de control para una característica de regulación lineal en dB.

60 La figura 5 muestra un circuito para la generación de curvas características según la figura 4.

La figura 6 muestra un bloque de amplificadores formado por varios amplificadores individuales.

La figura 7 muestra curvas características de la corriente de control para una característica de regulación lineal.

65 La figura 8 muestra otro circuito según la invención para un amplificador regulable.

Ejemplos de realización

La figura 1 contiene un primer transistor Q_{11} y un segundo transistor Q_{12} , que están conectados como amplificadores diferenciales. Los colectores de estos transistores están conectados a la tensión de alimentación U a través de una primera resistencia R_{11} o una segunda resistencia R_{12} . Los emisores de estos transistores están conectados a masa a través de una primera fuente de corriente IO_{11} o una segunda fuente de corriente IO_{12} . A las bases de los dos transistores se alimenta la tensión de entrada V_{in} . Entre los colectores de los dos transistores puede tomarse la tensión de salida V_{out} . Entre los emisores de los dos transistores está conectada una resistencia regulable R_{10} , con la que puede ajustarse la ganancia del circuito. Para $R_{11} = R_{12} = R$ e $IO_{11} = IO_{12} = IO$ se aplica:

$$V_{out} = V_{in} * R/R_{10}$$

La figura 2 contiene una red de ocho resistencias R_{1a} - R_{4a} y R_{1b} - R_{4b} conectadas en serie, seis componentes D_{1a} - D_{31} y D_{1b} - D_{3b} que se conectan respectivamente entre estas resistencias y de tres fuentes de corriente I_1 - I_3 que se encuentran conectadas por un lado a masa y por otro con estos componentes, para sustituir a la resistencia regulable R_{10} de la figura 1.

En el caso de un circuito bipolar, los seis componentes pueden ser diodos, cuyo sentido de conducción apunta hacia las fuentes de corriente I_1 - I_3 . La resistencia para corriente alterna de estos diodos es este caso igual a V_T/I , donde V_T es la tensión de temperatura e I es la corriente que circula a través del diodo.

En el caso de un circuito MOS, los seis componentes podrían ser transistores FET configurados como resistencias regulables. Especialmente resistencias lineales de este tipo podrían realizarse mediante combinación de transistores N-MOS y P-MOS.

Las partes del circuito Q_{21} , Q_{22} , R_{21} , R_{22} , IO_{21} e IO_{22} corresponden a las partes del circuito Q_{11} , Q_{12} , R_{11} , R_{12} , IO_{11} e IO_{12} de la figura 1.

El número de las partes del circuito que sustituyen a la resistencia R_{10} o bien el número de etapas del divisor conectadas una tras otra puede variarse de acuerdo con los requerimientos de amplitud de regulación teniendo en cuenta la magnitud de la tensión de servicio disponible.

Si partiendo de un nivel bajo, la tensión de entrada V_{in} aumenta, se toma nuevamente la corriente en la fuente de corriente I_1 . De esta manera, el componente (diodo) D_{1a} o D_{1b} tiene alta resistencia, la influencia de eventuales distorsiones, condicionadas por el nivel de D_{1a} o D_{1b} tiene alta resistencia, la influencia de eventuales distorsiones, condicionadas por el nivel alto de D_{1a} o D_{1b} , en las distorsiones generales del amplificador, es insignificante y de manera correspondiente se reduce la ganancia. Los componentes R_{1a} y R_{2a} o R_{1b} y R_{2b} actúan ahora para el componente D_{2a} o D_{2b} como un divisor de tensión con relación de división aumentada, de manera que para la tensión de entrada V_{in} son admisibles mayores niveles respecto a D_{2a} o D_{2b} . En este proceso continúa para tensiones de entrada que siguen aumentando para los componentes siguientes correspondientes. Se Puede realizar el siguiente dimensionado:

$$R_{21} = R_{22} = 3,9 \text{ k}\Omega$$

$$R_{1a} = R_{1b} = 100 \text{ }\Omega$$

$$R_{1a} = R_{2b} = 1,38 \text{ k}\Omega$$

$$R_{3a} = R_{3b} = 1,26 \text{ k}\Omega$$

$$R_{4a} = R_{4b} = 1,26 \text{ k}\Omega$$

En la figura 3 se representa el desarrollo de la amplitud A de las corrientes de control de las fuentes de corriente I_1 , I_2 e I_3 respecto de la ganancia G . En caso de ganancia grande (es decir, tensión de entrada V_{in} pequeña), todas las corrientes tienen su valor máximo. En caso de tensión de entrada creciente (es decir, con ganancia decreciente) se toma de nuevo en primer lugar corriente de control de corriente I_2 . A lo más tardar, cuando esta corriente de control es cero, la corriente de la fuente de corriente I_3 cae. Si esta corriente de control es cero existe ganancia mínima. Lo correspondiente se aplica para otras corrientes de control eventuales.

De esta manera, la tensión de salida V_{out} dentro de la zona de regulación del amplificador puede mantenerse constante independiente del nivel de la tensión de entrada V_{in} , siendo claramente aumentada la linealidad dentro de esta zona de regulación respecto del amplificador de regulación conocido.

A través del desarrollo de las corrientes de control de las fuentes de control I_1 - I_3 puede influirse de manera correspondiente sobre la característica de regulación del amplificador de la figura 2. Por medio de una corriente de control elevada puede conseguirse también una ganancia máxima elevada. El número de corrientes de control se puede adaptar a las necesidades respectivas de la zona de regulación general y la linealidad, pero a medida que aumenta el número de corrientes de control o a medida que aumenta el valor de las corrientes de control es necesaria también una

ES 2 121 853 T7

tensión de servicio U correspondientemente elevada. El Factor de ganancia 30 en el lugar donde la corriente de control de la fuente de control I2 es cero y donde la corriente de control de la fuente de corriente I3 comienza precisamente con el descenso, así como los factores de amplificación correspondientes para las otras corrientes de control, se pueden establecer a través de tensiones de referencia, que se alimentan a la fuente de corriente I1, I2 e I3 respectiva.

Un amplificador FI tiene, por ejemplo, una amplitud de regulación de 60 dB. Cuando, por ejemplo, debe ajustarse una ganancia de 6 dB con una tensión de control V_{AGC} , ésta tensión de control con una característica de regulación lineal solamente da lugar a

$$V_{AGC6\text{ dB}} = (2/10000) * V_{AGCmax} (6\text{ dB} = \text{Factor}2, 60\text{ dB} = \text{Factor}100)$$

En cambio, con una característica de regulación en dB resultaría una tensión de control de

$$V_{AGC6\text{ dB}} = (6/60) * V_{AGCmax}$$

Por tanto, una característica de regulación lineal en dB tiene ventajas con relación a la simplicidad de regulación, la velocidad de regulación y la estabilidad de regulación (saltos de regulación).

Con el circuito según la invención puede conseguirse de manera ventajosamente sencilla una característica de regulación lineal en dB de este tipo. En la figura 4 se representa un desarrollo de la amplitud A correspondiente mejorando de las corrientes de control de las fuentes de corriente I1, I2 e I3 respecto a la ganancia G. Las curvas características individuales tienen un desarrollo similar a tang (tangente hiperbólica). Las explicaciones relacionadas con la figura 3 se aplican aquí de manera correspondiente.

Con un circuito de fuentes de corriente según la figura 5 puede realizarse una fuente de corriente I1, I2 o I3, con una curva característica correspondiente a la figura 4.

A los tres circuitos de fuentes de corriente es alimentada una tensión de control común V_{AGC} y una respectiva tensión de referencia individual V_{ref} . La tensión de control V_{AGC} y la tensión de referencia V_{ref} llegan a dos transistores-amplificadores diferenciales Q_{51} o Q_{52} , cuyos emisores están conectados entre si con una resistencia R_{50} y están conectados respectivamente a masa a través de una fuente de corriente IO_{51} o IO_{52} . El colector de Q_{51} está conectado por medio de dos diodos D_{51} y D_{52} y el colector de Q_{52} está conectado por medio de dos diodos D_{53} y D_{54} con la tensión de servicio U. La diferencia de la tensión entre los dos colectores se obtiene en las conexiones de base de otra pareja de transistores-amplificadores diferenciales Q_{53} y Q_{54} y de esta manera se controla en función del amplificador diferencial con los transistores Q_{51} y Q_{52} . Los emisores de Q_{53} y Q_{54} están conectados por medio de una tercera fuente de corriente I_{50} con la tensión de servicio. El colector de Q_{53} se encuentra conectado a masa. El colector de Q_{54} está conectado con la base y con el colector de un quinto transistor Q_{55} , cuyo emisor se encuentra conectado a masa a través de una segunda resistencia R_{51} y cuya base está conectada a la base de un sexto transistor Q_{58} . El emisor del sexto transistor se encuentra conectado a masa a través de una tercera resistencia R_{52} . En el colector puede tomarse la corriente de control respectiva de la fuente de corriente I1, I2 o I3. Suponiendo $v = (V_{AGC} - V_{ref})$, I_0 es la corriente impresa por las fuentes de corriente IO_{51} e IO_{52} , e IO_{50} es la corriente impresa por la fuente de corriente I_{50} . Entonces resulta la corriente de salida respectiva para

$$I_n = C * IO_{50} * [1 / (1 + ((IO + v/R_{50}) / (IO - v/R_{50}))^k)],$$

donde n es el índice de la curva característica respectiva (n 0 1, 2, 3), k es el número de los diodos conectados uno tras otro y C es una constante, por ejemplo $C = 3$. Por tanto, en el circuito de las fuentes de corriente según la figura 5, es $k = 2$. La pendiente respectiva de las curvas características de la corriente de control está dada por R_{50} y la relación IO_{50}/I_0 y el valor máximo respectivo de la corriente de control está dada por IO_{50} .

Para el primer bloque de fuentes de corriente 61 descrito en la figura 6 se puede realizar, por ejemplo el siguiente dimensionado:

$$U = 7,7V$$

Fuente de corriente I1:

$$R_{50} = 8,0\text{ k}\Omega$$

$$R_{51} = R_{52} = 2,7\text{ k}\Omega$$

$$I_0 = 167\text{ }\mu A$$

$$\text{Fuente de } I_{50} = 103\text{ }\mu A$$

ES 2 121 853 T7

$$V_{\text{ref}} = 3,624\text{V}$$

Fuente de corriente I2:

$$R_{50} = 10,0 \text{ k}\Omega$$

$$R_{51} = R_{52} = 2,25 \text{ K}\Omega$$

$$I_0 = 50,6 \mu\text{A}$$

Corriente de $I_{50} = 1,3 \mu\text{A}$

$$V_{\text{ref}} = 2,676\text{V}$$

Fuente de corriente I3:

$$R_{50} = 4,0 \text{ k}\Omega$$

$$R_{51} = R_{52} = 1,5 \text{ k}\Omega$$

$$I_0 = 50,5 \mu\text{A}$$

$$V_{\text{ref}} = 2,179\text{V}$$

Para el segundo bloque de fuentes de corriente descrito en la figura 6 resulta el diferente y siguiente dimensionado:

Fuente de corriente I1:

$$I_0 = 169 \mu\text{A}$$

$$V_{\text{ref}} = 5,67\text{V}$$

Fuente de corriente I2:

$$I_0 = 51,4 \mu\text{A}$$

$$V_{\text{ref}} = 4,766\text{V}$$

Fuente de corriente I3:

$$I_0 = 51,3 \mu\text{A}$$

$$V_{\text{ref}} = 4,326\text{V}$$

El bloque de amplificadores de FI de la figura 6 contiene cuatro amplificadores individuales V1-V4, que corresponden a un respectivo amplificador regulable según la figura 2. Las corrientes de control requeridas por estos amplificadores de regulación alimentan a seis circuitos de fuentes de corrientes según la figura 5, los tres primeros de los cuales están agrupados en un primer bloque de fuentes de corriente 61 y los otros tres están agrupados en un segundo bloque de fuentes de corriente. El primer bloque de fuentes de corriente 61 controla el primer amplificador individual V1 y el segundo amplificador individual V2 y el segundo bloque de fuentes de corriente 63 controla el tercer amplificador individual V3 y el cuarto amplificador individual V4. El número de bloques de fuentes de corriente puede estar entre uno y cuatro según la calidad de regulación exigida.

De manera ventajosa, los amplificadores de regulación conectados uno tras otro forman la parte esencial de un circuito integrado de amplificadores FI.

En caso de una activación con sólo dos corrientes de control de acuerdo con la figura 7, puede obtenerse una característica de regulación lineal. A tal fin se puede realizar, por ejemplo, en la figura 2 el siguiente dimensionado:

$$R_{21} = R_{22} = 3,0 \text{ k}\Omega$$

$$R_{1a} = R_{1b} = 100 \text{ k}\Omega$$

$R_{3a} = R_{3b} = 158 \text{ k}\Omega$

R_{2a} , R_{2b} e I_2 suprimidas.

5 En lugar de la red formada por las ocho resistencias R_{1a} - R_{4a} y R_{1b} - R_{4b} conectadas en serie, por los seis componentes D_{1a} - D_{3a} y D_{1b} - D_{3b} conectados respectivamente entre estas resistencias y las tres fuentes de corriente I_1 - I_3 de la figura 2, que se encuentran por un lado a masa y que por otro están conectadas con estos componentes, puede utilizarse también la red representada en la figura 8.

10 Entre los emisores de los transmisores Q_{81} y Q_{82} correspondientes a los transmisores Q_{21} y Q_{22} están dispuestas en serie para cada caso:

- las resistencias R_{81a} , R_{801} , R_{81b} con los diodos D_{81a} y D_{81b} que se conectan en derivación entre ellas, que están conectados a fuentes de corriente I_1 ;

15 - las resistencias R_{83a} , R_{803} , R_{83b} con los diodos D_{83a} y D_{83b} que se conectan en derivación entre ellas, que están conectados a fuentes de corriente I_3 ;

20 - las resistencias R_{82a} , R_{802} , R_{82b} con los diodos D_{82a} y D_{82b} que se conectan en derivación entre ellas, que están conectados a fuentes de corriente I_2 ; estando conectadas a las resistencias R_{82a} y R_{82b} , en lugar de los emisores de los dos transistores, con las resistencias $R_{81a} - R_{801}$ o $R_{81b} - R_{801}$.

En paralelo a R_{802} pueden estar conectados otros componentes y fuentes de corriente correspondientes.

25 Referencias citadas en la descripción

La lista de referencias citadas por el solicitante lo es solamente por utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documento de patente citado en la descripción

- DE 3522416 [0003]

REIVINDICACIONES

1. Circuito para un amplificador regulable, provisto de un amplificador diferencial para una tensión de entrada (V_{in}), que contiene un primer transistor (Q_{21}) y un segundo transistor (Q_{22}) cuyos emisores respectivamente están conectados a una fuente de corriente, estando los emisores conectados entre sí por medio de resistencias, **caracterizado** porque los emisores están conectados mediante un circuito serie de al menos tres resistencias (R_{1a} - R_{4a} , R_{1b} - R_{4b} ; R_{81a} , R_{801} , R_{81b}), conectándose en derivación entre estas resistencias un respectivo componente de resistencia controlable (D_{1a} - D_{3a} , D_{1b} - D_{3b} ; D_{81a} - D_{81b}), que está conectado a una respectiva fuente de corriente (I_1 , I_2 , I_3), pudiendo la corriente de estas fuentes de corriente variarse en función de la tensión de entrada (V_{in}), y, si la resistencia central (R_{801}) de las resistencias del circuito serie está dividida en dos resistencias individuales (R_{4a} , R_{4b}), no conectándose en derivación del punto de unión entre estas dos resistencias ningún componente de resistencia controlable.

2. Circuito según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la corriente de la fuente de corriente (I_1 , I_2 , I_3) depende adicionalmente de una tensión de referencia (V_{ref}), presentando la tensión de referencia respectiva los valores más bajos para los componentes de resistencia controlable (D_{3a} , D_{3b}) situados en el centro del circuito serie y los más altos para los componentes de resistencia controlable (D_{1a} , D_{1b}) situados más próximos a los extremos del circuito serie.

3. Circuito según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque los componentes de resistencia controlable (D_{1a} - D_{3a} , D_{1b} - D_{3b}) son diodos y/o transistores FET configurados como resistencias controlables por corriente, combinándose especialmente transistores N-MOS y transistores P-MOS.

4. Circuito según una o varias de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque las curvas características (figura 3) de las corrientes de las fuentes de corriente (I_1 , I_2 , I_3), en forma de "amplitud de corriente en función de la ganancia del amplificador de regulación", constan respectivamente de una parte ascendente y una parte plana, comenzando respectivamente como muy tarde al final de la parte ascendente de una curva característica la parte ascendente de la siguiente curva característica y determinando la tensión de referencia (V_{ref}) respectiva el principio y/o el final de la parte ascendente de la curva característica.

5. Circuito según una o varias de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque las curvas características (figura 4) de las corrientes de las fuentes de corriente (I_1 , I_2 , I_3) tienen respectivamente una forma esencialmente similar a una tangente hiperbólica.

6. Circuito según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la característica de regulación para el amplificador regulable es esencialmente lineal en dB o lineal.

7. Circuito según una o varias de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado** porque la parte plana de la curva característica presenta los valores más bajos para los componentes de resistencia controlable (D_{3a} , D_{3b}) situados en el centro del circuito serie y respectivamente valores mayores para los componentes de resistencia controlable (D_{1a} , D_{1b}) situados más próximos a los extremos del circuito serie.

8. Circuito según una o varias de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado** porque varios amplificadores de regulación según la invención están conectados en serie, siendo las tensiones de referencia (V_{ref}) para los amplificadores de regulación subsiguientes respectivamente mayores que para el precedente.

9. Circuito según la reivindicación 8, **caracterizado** porque un respectivo componente de resistencia controlable (D_{1a} - D_{3a} , D_{1b} - D_{3b}) correspondiente compuesto de, al menos, dos amplificadores de regulación sucesivos está conectado a una fuente de corriente (I_1 , I_2 , I_3) conjunta.

10. Circuito según la reivindicación 8 ó 9, **caracterizado** porque los amplificadores de regulación conectados en serie constituyen la parte esencial de un circuito integrado de amplificador de frecuencia intermedia.

11. Circuito según una o varias de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque, adicionalmente al circuito serie de, al menos, tres resistencias (R_{81a} , R_{801} , R_{81b}), están previstos otros circuitos serie de resistencias (R_{82a} , R_{802} , R_{82b} , R_{83a} , R_{803} , R_{83b}), estando, al menos, uno de los circuitos serie de, al menos tres resistencias adicionales, conectado, en lugar de al primer y al segundo transistor, a resistencias de uno de los demás circuitos serie, conectándose en derivación entre las resistencias de estos circuitos serie adicionales un respectivo componente de resistencia controlable (D_{82a} , D_{83a} , D_{82b} , D_{83b}), que está conectado a una respectiva fuente de corriente (I_2 , I_3), y pudiendo la corriente de estas fuentes de corriente variarse en función de la tensión de entrada (V_{in}).

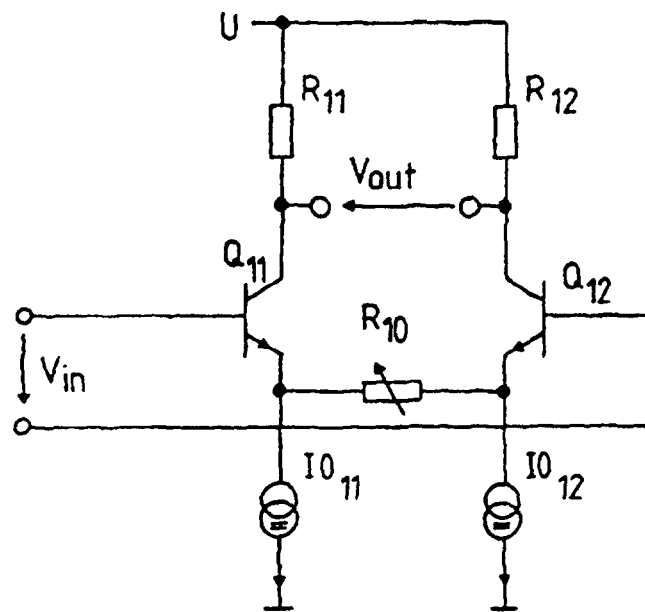


FIG.1

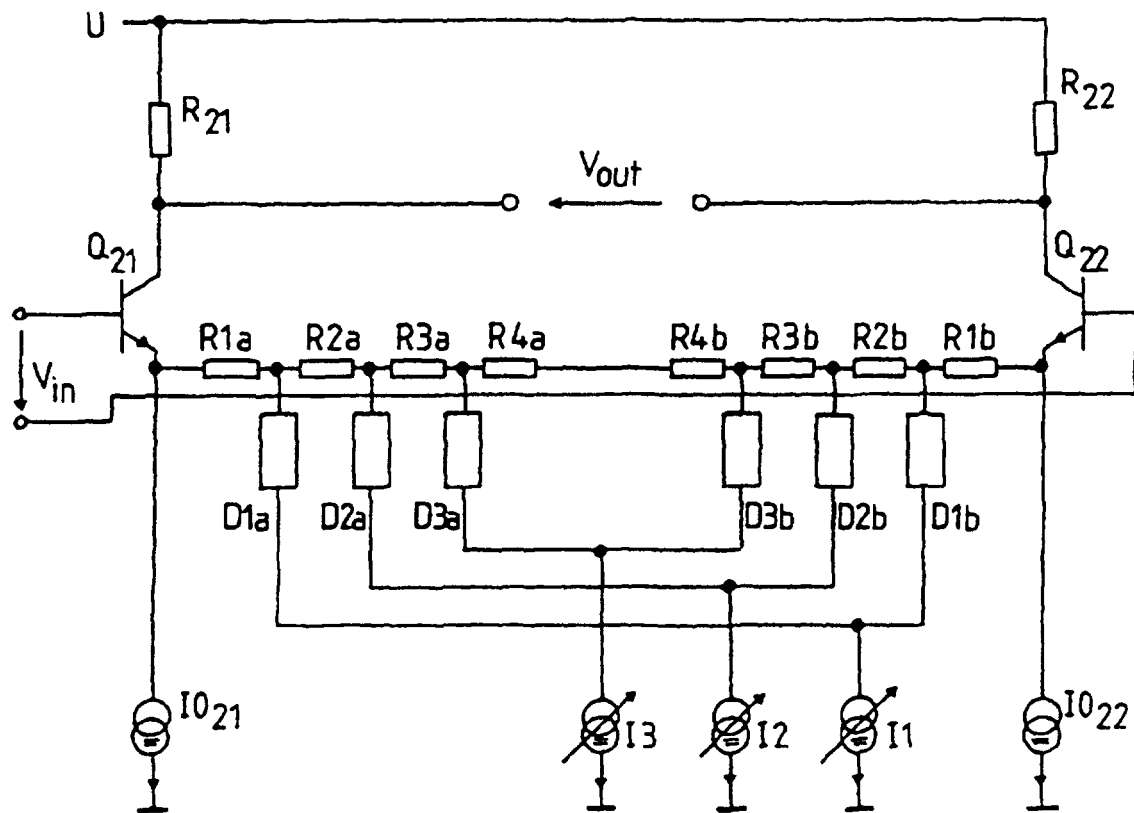


FIG.2

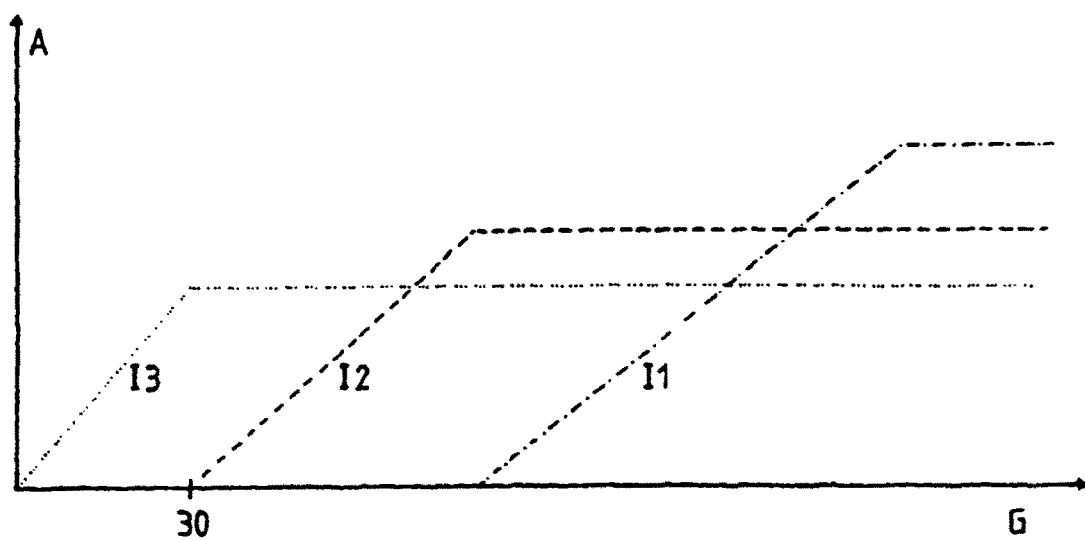


FIG. 3

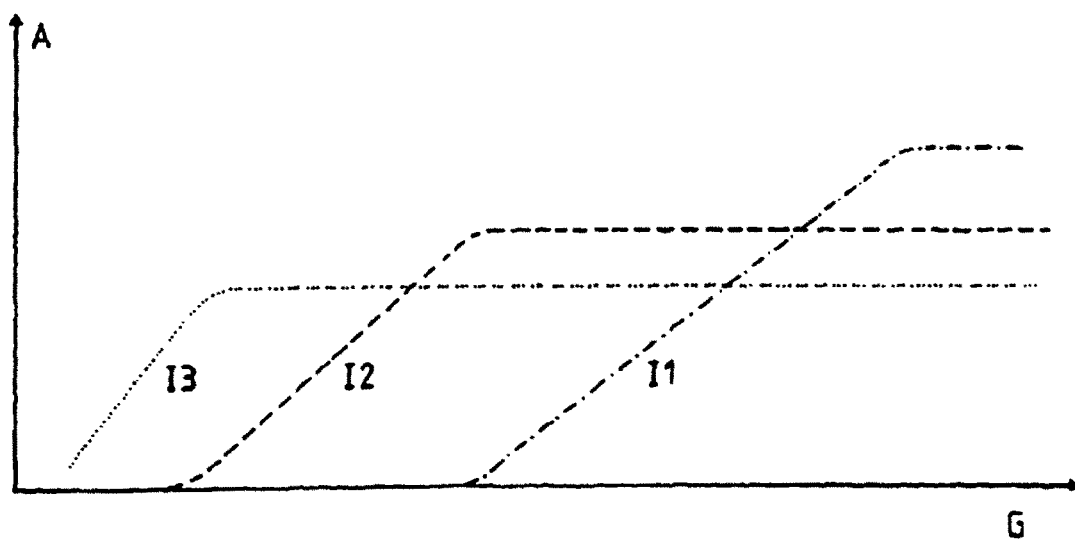


FIG. 4

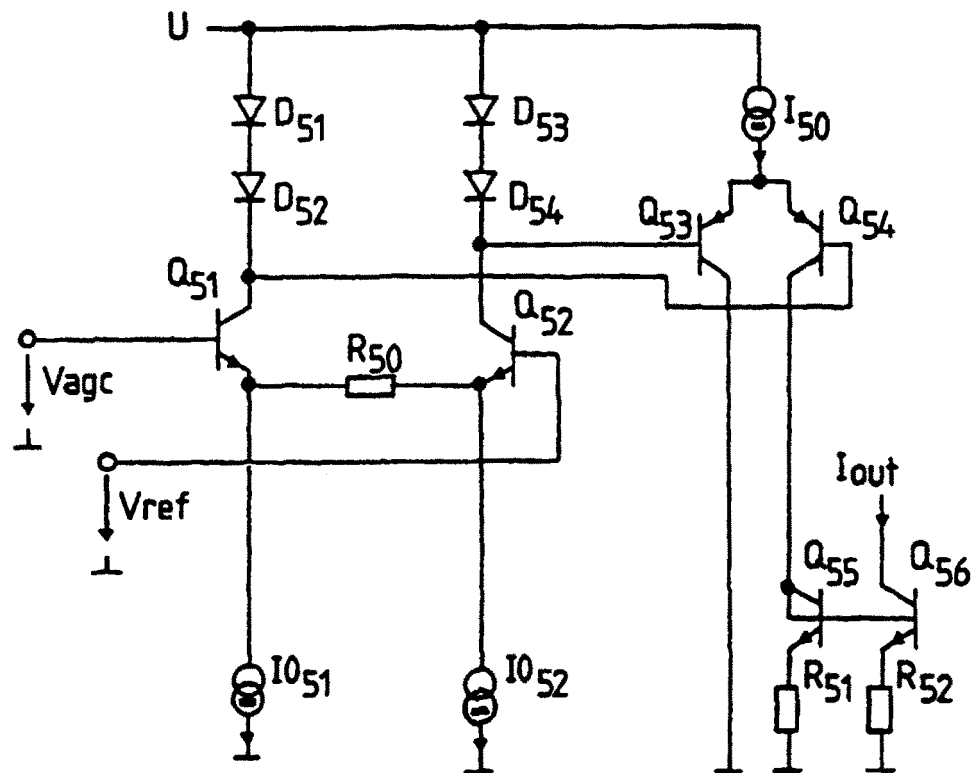


FIG. 5

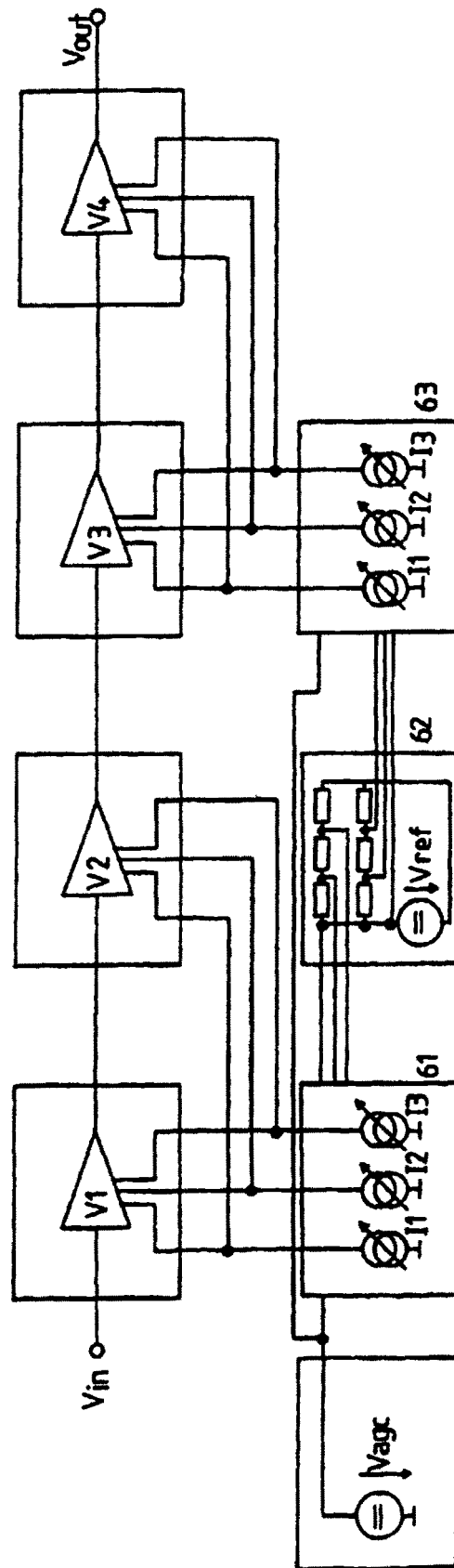


FIG. 6

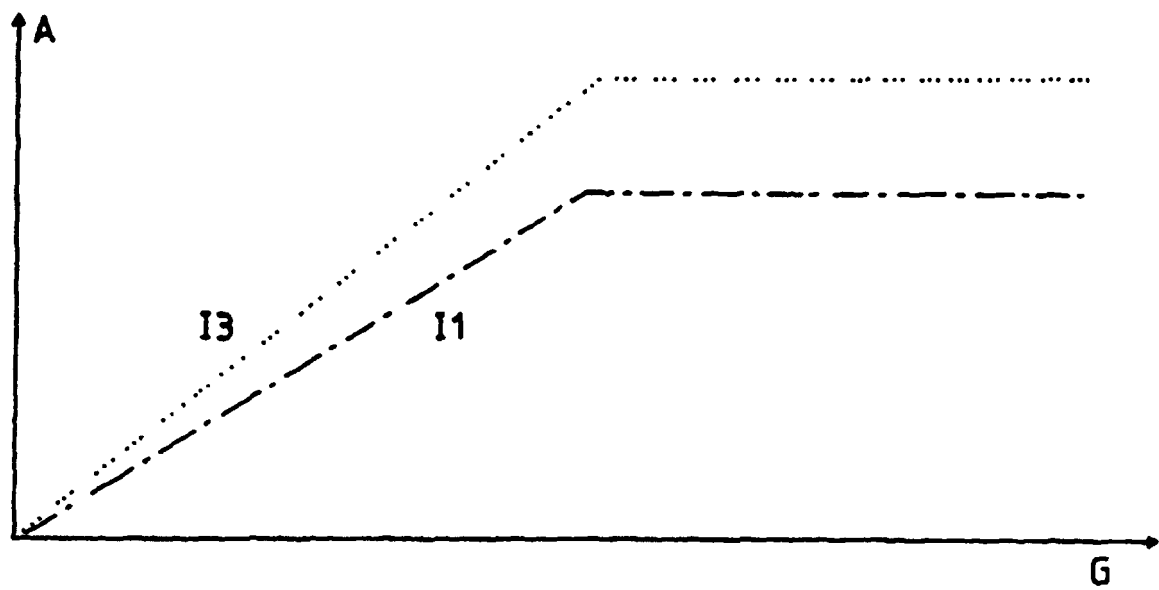


FIG. 7

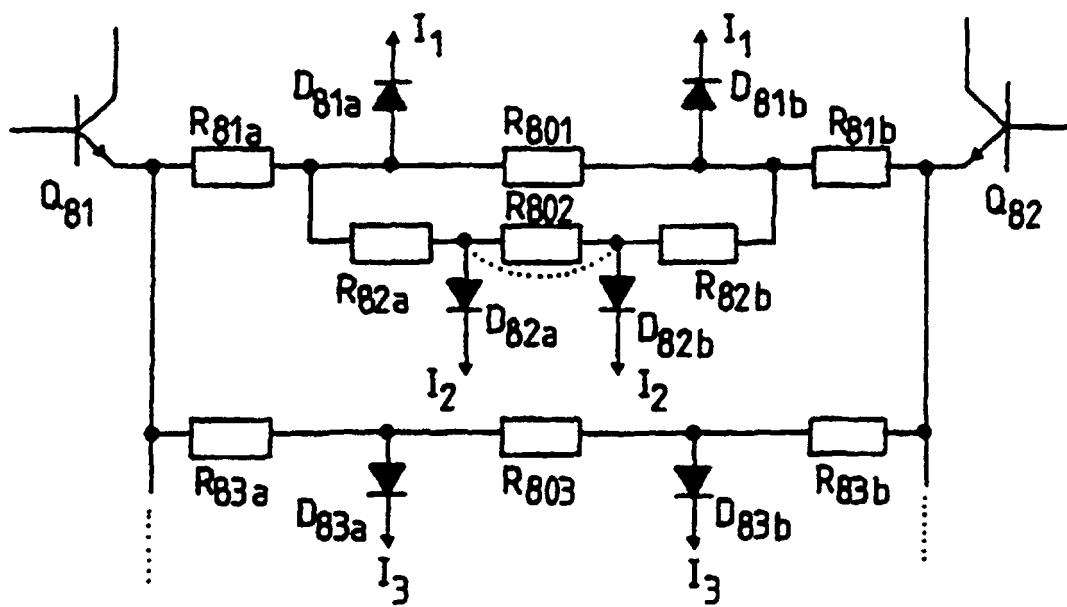


FIG. 8