

429115

-40
P.- 58.292



File: S0566.53

H03 F

MEMORIA DESCRIPTIVA

Para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de SONY CORPORATION

entidad japonesa

establecida en 7-35 Kitashinagawa, 6-Chome, Shinagawa-ku,
Tokyo, Japón.

por: "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN AMPLIFICA-
DOR NO LINEAL"

(Clase Internacional H03f)

30.11.74

-1-



4 DIC 1974

La presente invención se refiere a un amplificador no lineal y, más en particular, a un amplificador no lineal transistorizado en el que la señal de entrada es amplificada en una potencia de grado n o en una potencia de grado 1/n, siendo n un número entero positivo mayor que 1.

Se conocen ya amplificadores transistorizados no lineales en los cuales el factor de amplificación admite una característica exponencial. Esto es, la señal de salida amplificada está relacionada exponencialmente con la señal de entrada. Tales amplificadores no lineales de la técnica ya conocida constan en general de un transistor amplificador dotado de un electrodo de base al cual se aplica la señal de entrada y un electrodo de colector del cual se toma o deriva la señal amplificada. Además, hay una primera serie de uniones PN conectadas entre el electrodo de base del transistor amplificador y un potencial de referencia, y se prevé una segunda serie de uniones PN para conectar el electrodo de emisor del transistor amplificador a dicho potencial de referencia.

Aun cuando las diversas características de trabajo de los dispositivos de unión PN, así como del transistor amplificador, pueden elegirse de modo que sean esencialmente iguales, dichos amplificadores no

lineales de la técnica ya conocida tienen la desven-
taja de que la señal amplificada de salida y, en par-
ticular, la corriente de salida, dependen de la tem-
peratura. Dicho de otro modo, la corriente de salida
5 incluye una componente sensible a las variaciones de
temperatura. Por consiguiente, la amplificación alcan-
zada por dicho amplificador no lineal no puede mante-
nerse constante en toda una gama de variaciones de
temperatura, lo que da lugar a efectos perjudiciales.

10 Por lo tanto, es objeto de la presente in-
vención un amplificador no lineal que tiene un fac-
tor de amplificación independiente de las variacio-
nes de temperatura.

15 Otro objeto de la presente invención resi-
de en un amplificador no lineal perfeccionado, en el
que la señal de entrada es amplificada en una poten-
cia n .

20 Otro objeto de esta invención reside en un
amplificador no lineal perfeccionado, en el que la
señal de entrada es amplificada en una potencia $1/n$.

25 Otro objeto más de la presente invención
reside en un amplificador no lineal perfeccionado
que es estable a las temperaturas, y se presta fá-
cilmente a ser construido en configuración de cir-
cuito integrado.



Otro objeto más de la presente invención reside en un amplificador no lineal perfeccionado en el que una señal de salida está relacionada con una señal de entrada en una potencia de grado n o en una potencia de grado $1/n$, independientemente de las variaciones de temperatura.

Otros varios objetos y ventajas de la presente invención se irán desprendiendo claramente de la siguiente descripción detallada de ciertas formas preferidas de realización, y las características constitutivas de novedad se señalarán en particular en las reivindicaciones finales.

Con arreglo a la presente invención, un amplificador lineal está compuesto de: un transistor amplificador para recibir una señal de entrada y para producir una señal amplificada de salida; una serie de uniones PN para producir una tensión de polarización prefijada destinada a ser suministrada al transistor amplificador; y un paso seguidor de emisor que incluye por lo menos un transistor conectado como seguidor de emisor a la entrada del transistor amplificador. En una de las formas de realización, en la que la señal de entrada es amplificada en una potencia n , la señal de entrada es suministrada, a través del paso seguidor de emisor, a la entrada del



transistor amplificador, y la serie de uniones PN va conectada al paso seguidor de emisor para producir en él la tensión de polarización. En otra forma de realización, en la que la señal de entrada es amplificada en una potencia $1/n$, la serie de uniones PN está conectada en el circuito de base-emisor del transistor amplificador para proporcionar en él la tensión de polarización, y el paso seguidor de emisor va conectado esencialmente en paralelo con el circuito de base-emisor del transistor amplificador.

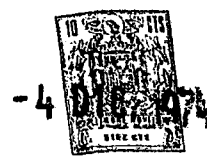
La descripción detallada que sigue se comprenderá del mejor modo en unión de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una representación esquemática de un amplificador no lineal, típico de la técnica ya conocida;

- la figura 2 es una representación esquemática de un amplificador no lineal específico con arreglo a las enseñanzas de la presente invención;

- la figura 3 es una representación esquemática de un amplificador no lineal general con arreglo a las enseñanzas de la presente invención;

- la figura 4 es una representación esquemática de un amplificador no lineal simplificado con arreglo a las enseñanzas de la presente invención,



en el que la señal de entrada es amplificada en la potencia $1/2$;

5 - la figura 5 es una representación esquemática de un amplificador no lineal general con arreglo a las enseñanzas de la presente invención, en el que la señal de entrada es amplificada en una potencia $1/n$; y

10 - la figura 6 es un esquema funcional o por bloques que representa una de las aplicaciones en las que se utilizan fácilmente las enseñanzas de la presente invención.

Con referencia ahora a los dibujos, en los que se usan números de referencia similares por todas partes, y en particular a la fig. 1, se ilustra allí esquemáticamente una representación de un amplificador no lineal típico de la técnica ya conocida. Este amplificador no lineal está compuesto de un transistor amplificador 1, una primera serie 2 de uniones PN y una segunda serie 3 de uniones PN. El transistor amplificador 1 incluye un electrodo de base destinado a recibir una señal de entrada aplicada al mismo por una fuente 4 de corriente constante de proyecto usual. El electrodo de base del transistor amplificador está además conectado, por medio de la serie 2 de uniones PN, a una fuente de tensión de referen-

15
20
25



5 cia 5. La serie de uniones PN está aquí formada por
 cierto número j de transistores conectados como di
 dos, en el que cada uno de dichos transistores inclu
 ye un electrodo de base directamente conectado a su
 electrodo de colector.

10 El electrodo de emisor del transistor ampli
 ficador 1 está conectado, por medio de la serie 3 de
 uniones PN, a un potencial de referencia, tal como
 el de masa. La serie 3 de uniones PN está compuesta
 de cierto número $(k-1)$ de transistores conectados co
 mo diodos, similares a los transistores conectados
 como diodos de la serie 2. Las características de
 trabajo de los j transistores conectados como diodos
 incluidos en la serie 2, así como las característi-
15 cas de trabajo de los $(k-1)$ transistores conectados
 como diodos en la serie 3 y el transistor amplifica-
 dor 1 se eligen de modo que sean esencialmente igua-
 les. La señal amplificada de salida producida por el
 amplificador no lineal ilustrado se deriva del elec-
20 trodo de colector del transistor amplificador 1.

25 A continuación se describirá matemáticamen
 te el funcionamiento del amplificador no lineal de
 la técnica ya conocida ilustrado en la fig. 1. Supón
 gase que la caída de tensión en cada unión PN de la
 serie 2, es decir, la caída de tensión de base-emisor



en cada transistor conectado como diodo, es igual a V_1 . Supóngase además que la caída de tensión en la unión de base-emisor del transistor amplificador 1, así como la caída de tensión en cada unión PN incluida en la serie 3 es igual a V_2 . Ahora, si la tensión producida por la fuente de tensión de referencia 5 es E , la tensión presente en el electrodo de base del transistor amplificador 1 puede entonces expresarse como sigue:

10
$$j \cdot V_1 + E = kV_2 \quad (1)$$

Como se apreciará, la corriente de base I_B que circula por el transistor amplificador 1 es insignificante, comparada con la corriente I_0 de señal de entrada suministrada por la fuente 4 de corriente constante, la corriente I_D que pasa por la serie 2 de uniones PN, la corriente I_E que pasa por la serie 3 de uniones PN y la corriente de salida I_C que circula por el circuito de colector del transistor amplificador 1. Por consiguiente, pueda prescindirse de la corriente de base I_B para deducir las siguientes relaciones válidas entre las corrientes respectivas:

15
$$I_0 \approx I_D = I_{S1} \cdot e^{(q/kT)V_1} = I_{S1} \cdot e^{\alpha V_1} \quad (2)$$

20
$$I_C \approx I_E = I_{S2} \cdot e^{(q/kT)V_2} = I_{S2} \cdot e^{\alpha V_2}, \quad (3)$$

25 en las cuales I_{S1} e I_{S2} son los coeficientes de corrien



te de entrada de las respectivas uniones PN en las series 2 y 3 (esto es, los coeficientes de entrada de los respectivos transistores conectados como diodos), q es la carga de un electrón; k es la constante de Boltzmann, T es la temperatura absoluta en Kelvin y α es igual a q/kT .

Despejando las tensiones V_1 y V_2 , las ecuaciones (2) y (3) pueden transformarse así:

$$V_1 = (1/\alpha) \cdot \ln(I_o/I_{S1}) \quad (4)$$

$$V_2 = (1/\alpha) \cdot \ln(I_C/I_{S2}) \quad (5)$$

Las tensiones V_1 y V_2 expresadas en las ecuaciones (4) y (5) pueden ahora sustituirse en la ecuación (1) con el fin de obtener una expresión matemática para la corriente de salida I_C , como sigue:

$$I_C = (I_{S2}/I_{S1}^{j/k}) \cdot e^{\alpha E/k} \cdot I_o^{j/k} \quad (6)$$

Como puede verse, la corriente de salida I_C es proporcional a la corriente de entrada I_o con arreglo a una potencia de grado o exponente j/k . Es decir, el amplificador no lineal ilustrado en la fig. 1 es capaz de amplificar la corriente de entrada en una potencia de grado j/k . Como se apreciará, tanto j como k pueden elegirse de un valor cualquiera conveniente. Por lo tanto, sin más que elegir el número de unio

4 0 1 2 1 9 7 4

nes PN incluidas en cada serie, la potencia de amplificación puede ser un número entero en el que j/k sea igual a n o, como alternativa, la potencia de amplificación j/k puede elegirse igual a $1/n$.

5 Un examen de la ecuación (6) dada más arriba pone de manifiesto que la corriente de salida I_C incluye el factor $e^{\alpha E/k}$, lo cual significa que la corriente de salida depende de la temperatura T . Así, pues, el amplificador no lineal de la técnica ya conocida es dependiente de la temperatura de modo nada deseable, con lo cual la corriente de salida I_C es afectada perjudicialmente por las variaciones de temperatura.

10 La presente invención supera el problema de las características de sensibilidad a la temperatura de un amplificador no lineal, como se verá ahora. En la fig. 2 se ilustra en esquema simplificado una forma de realización de amplificador no lineal de transistor con arreglo a la presente invención, forma en la cual la señal de entrada es amplificada en la potencia 2. Como allí se ilustra, el amplificador no lineal de transistor simplificado consta de un transistor amplificador 14, una serie 12 de uniones PN y un paso 13 seguidor de emisor. El transistor amplificador 14 está destinado a recibir la señal de



5 entrada que se va a amplificar, estando la señal de
entrada suministrada por una fuente 11 de corriente
de entrada acoplada a un punto de unión o conexión
16. El paso 17 seguidor de emisor está interconecta-
do entre el punto de conexión 16 y el electrodo de
base del transistor amplificador 14, para así sumi-
nistrar la señal de entrada al transistor amplifica-
dor. En esta forma sencilla de realización de circui-
to, el paso 17 seguidor de emisor consta de un tran-
sistor 13 que tiene conectada en su circuito de emi-
sor una fuente 15 de corriente constante. El transis-
tor 13 de seguidor de emisor va conectado a una fuen-
te de potencial de excitación 19.

15 La serie 12 de uniones PN está compuesta
de dos uniones semiconductoras conectadas en serie
entre el punto de conexión 16 y un potencial de refe-
rencia, tal como el de masa. En la forma de realiza-
ción ilustrada, cada una de las uniones PN está for-
mada por un transistor conectado como diodo, el cual
20 lleva conectados entre sí sus electrodos de base y
de colector. La serie de uniones PN está destinada a
proporcionar una tensión de polarización para el tran-
sistor amplificador 14, tensión de polarización que
viene compensada por el paso seguidor de emisor.

25 El transistor amplificador 14 está dispues

-4 DIO



5 to en la configuración de emisor común, con lo cual la señal amplificada se toma o deriva en el electrodo de colector, y es suministrada a un terminal de salida 20. Como puede verse, el electrodo de colector del transistor amplificador va conectado a la fuente de potencial de excitación 19 por medio de una resistencia de carga 18.

10 Las características de trabajo o funcionamiento del transistor amplificador 14, el transistor seguidor de emisor 13 y los transistores conectados como diodos, incluidos en la serie 12 de uniones de tipo PN, son sensiblemente las mismas. Como se apreciará, tales características de trabajo concordantes o concertadas se obtienen fácilmente con arreglo a
15 la tecnología usual de circuitos integrados. Por lo tanto, de preferencia, el amplificador no lineal ilustrado está construido en forma de circuito integrado, en el que los diversos componentes de transistor presentan esencialmente las mismas características de
20 trabajo.

A continuación se describirá el funcionamiento del amplificador no lineal ilustrado. Supóngase que la caída de tensión en cada una de las uniones PN incluidas en la serie 12 es la designada como
25 V_{BEQ} . Como se apreciará, si cada unión PN está forma



da por un solo transistor conectado como diodo, la caída de tensión en él es igual a la caída de tensión directa de base-emisor en dicho transistor. Supóngase asimismo que la caída de tensión de base-emisor en el transistor 13 seguidor de emisor incluido en el paso seguidor de emisor 17 es la designada con V_{BE1} , y que la caída de tensión de base-emisor en el transistor amplificador 14 es la designada con V_{BE2} . Considerando la tensión en el punto de conexión 16, se obtiene la relación siguiente:

$$2V_{BEO} = V_{BE1} + V_{BE2} \quad (7)$$

Si el coeficiente h_{FE} de amplificación de corriente de cada uno de los transistores amplificador 14 y seguidor de emisor 13 se elige de modo que sea relativamente grande, como se apreciará, las corrientes de base que circulen en estos transistores respectivos serán insignificantes y, a los fines del presente análisis, puede prescindirse de ellas. Por consiguiente, la corriente de señal de entrada I_0 obtenida de la fuente 11 de corriente de entrada, la corriente I_1 del paso seguidor de emisor, obtenida de la fuente 15 de corriente constante, y la corriente de salida I_2 del transistor amplificador 14 pueden expresarse matemáticamente como sigue:



$$I_o \approx I_s \cdot e^{(q/kT)V_{BE0}} = I_s \cdot e^{\alpha V_{BE0}}, \quad (8)$$

$$I_1 \approx I_s \cdot e^{(q/kT)V_{BE1}} = I_s \cdot e^{\alpha V_{BE1}}, \quad (9)$$

$$I_2 \approx I_s \cdot e^{(q/kT)V_{BE2}} = I_s \cdot e^{\alpha V_{BE2}}, \quad (10)$$

5 en donde I_s representa un coeficiente de corriente de entrada de los transistores respectivos y que, como se ve, es esencialmente el mismo para todos los transistores, en vista de la identidad supuesta de las características de trabajo.

10 De las ecuaciones (8), (9) y (10) se deducen las caídas de tensión de base-emisor respectivas, que son:

$$V_{BE0} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_o/I_s) \quad (11)$$

$$15 \quad V_{BE1} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_1/I_s) \quad (12)$$

$$V_{BE2} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_2/I_s) \quad (13)$$

Las ecuaciones (11), (12) y (13) pueden ser introducidas en la ecuación anterior (7), obteniéndose lo siguiente:

$$20 \quad 2(1/\alpha) \cdot \ln(I_o/I_s) = (1/\alpha) \cdot \ln(I_1/I_s) + (1/\alpha) \cdot \ln(I_2/I_s) \quad (13A)$$

De la ecuación (13A) puede deducirse la corriente de salida I_2 , expresada matemáticamente así:

$$25 \quad I_2 = (1/I_1) \cdot I_o^2 \quad (14)$$

Como se apreciará, el término I_1 es la corriente que circula por el paso seguidor de emisor 17, y es una corriente constante tomada de la fuente de corriente 15. Por tanto, el factor $1/I_1$ es un factor constante. Se verá, pues, que la corriente de salida es proporcional a la corriente de entrada amplificada en la potencia 2. Por consiguiente, el circuito amplificador no lineal esquemáticamente ilustrado en la fig. 2 funciona como amplificador no lineal de segunda potencia, o de potencia 2.

A continuación se describirá, con referencia a la fig. 3, una forma de realización de amplificador no lineal de potencia n en general, con arreglo a la presente invención. La potencia n de amplificación del amplificador no lineal aquí ilustrado es igual a 3, o mayor que 3. Como se reconocerá, naturalmente, cuando n sea igual a 2, la forma preferible de realización es la ilustrada en la fig. 2. Así, en general y como se verá más adelante, el amplificador no lineal ilustrado de modo general en la fig. 3 admite una potencia de amplificación igual a n , siendo n un número entero mayor que 1.

El amplificador no lineal de n -ésima potencia (potencia n) de la fig. 3 es sensiblemente similar al del esquema simplificado de la figura 2, pues

-4 D. C. 197

to que hay un transistor amplificador 14 destinado a recibir una corriente de señal de entrada que le es suministrada desde un punto de conexión 16 a través de un paso seguidor de emisor 17. El punto de conexión 5 16 está también conectado a una serie 12 de uniones PN. Además, la señal de entrada es suministrada al punto de unión 16 por una fuente 11 de corriente de entrada. Más en particular, el paso 17 seguidor de emisor consta de un número $(n-1)$ de transistores seguidores de emisor conectados en cascada, en el que 10 cada transistor seguidor de emisor incluye una fuente de corriente constante conectada en su circuito de emisor. A los fines de la ilustración, las fuentes de corriente constantes están designadas con I_1 , 15 I_2 , ... $I_{(n-1)}$ para los $(n-1)$ transistores respectivos, seguidores de emisor. La salida del transistor seguidor de emisor que se halla en el lugar $(n-1)$, como puede verse, es la salida del paso 17 seguidor de emisor y está acoplada al electrodo de base del transistor amplificador 14. 20

La serie 12 de uniones PN está aquí compuesta de n uniones PN, cada una de ellas formada por un transistor conectado como diodo.

Para describir matemáticamente el funcionamiento del amplificador no lineal de n -ésima potencia 25



5 cia, se supondrá que la caída de tensión directa en
cada una de las uniones PN incluidas en la serie 12
es la designada V_{BE0} , y que las caídas de tensión de
base-emisor en los transistores seguidores de emisor
10 respectivos incluidos en el paso seguidor de emisor
17 son las designadas V_{BE1} , V_{BE2} , ... $V_{BE(n-1)}$. La
caída de tensión de base-emisor del transistor ampli-
ficador 14 se designa con V_{BE_n} . Por consiguiente, la
relación de tensiones en el punto de conexión 16 pue
de expresarse así:

$$n \cdot V_{BE0} = V_{BE1} + V_{BE2} + \dots + V_{BE_n}. \quad (15)$$

15 Como sucedía respecto a la forma de realiza-
ción ilustrada en la fig. 2, las corrientes que circy
lan por los respectivos electrodos de base de los tran-
sistores ilustrados son insignificantes y, por lo tan-
to, pueden despreciarse. Por consiguiente, la corrien-
te I_o de señal de entrada que circula por la serie 12
de uniones PN, así como la corriente de colector-emis-
sor que circula por cada uno de los transistores se-
20 guidores de emisor incluidos en el paso seguidor de
emisor 17, y la corriente de colector-emisor I_n que
circula por el transistor amplificador 14, vienen da-
das por:

$$25 \quad I_o \approx I_s \cdot e^{(q/KT)V_{BE0}} = I_s \cdot e^{\alpha V_{BE0}}$$

-4 DIC 1974

$$I_1 \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE1}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE1}}$$

$$I_2 \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE2}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE2}}$$

.

.

.

5

$$I_n \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE_n}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE_n}} \quad (16)$$

Reordenando los términos de las ecuaciones (16), es posible expresar los voltajes o tensiones respectivos como sigue:

10

$$V_{BE0} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_0/I_S)$$

$$V_{BE1} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_1/I_S)$$

15

$$V_{BE2} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_2/I_S)$$

.

.

.

20

$$V_{BE_n} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_n/I_S) \quad (17)$$

Ahora, sustituyendo las ecuaciones (17) en la ecuación (15) se obtiene lo siguiente:

$$n \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_0}{I_S} = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_1}{I_S} + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_2}{I_S} + \dots + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_n}{I_S} \quad (17A)$$

25

Despejando la corriente de salida I_n , esta



corriente de salida viene definida por la expresión:

$$I_n = \frac{1}{I_1 \cdot I_2 \cdot I_3 \cdot \dots \cdot I_{(n-1)}} I_0^n \quad (18)$$

5 Como se apreciará, los términos $I_1, I_2, \dots, I_{(n-1)}$ son las respectivas corrientes constantes producidas por las fuentes de corriente constante conectadas en los circuitos de emisor de los respectivos transistores seguidores de emisor incluidos en el paso seguidor de emisor 17. Estos términos son constantes, de

10 manera que el factor $1/I_1 \cdot I_2 \cdot I_3 \cdot \dots \cdot I_{(n-1)}$ es un factor constante. Por consiguiente, la ecuación (18) indica que la corriente de entrada I_0 viene amplificada en una potencia n para alcanzar la corriente de salida I_n , y que esta corriente de salida I_n es

15 proporcional a la corriente de entrada I_0 amplificada a la n ésima potencia. Así, como se verá, el circuito esquemáticamente ilustrado en la fig. 3 puede hacerse funcionar como amplificador no lineal de n ésima potencia.

20 Al considerar el punto de unión o conexión 16 ilustrado en las figs. 2 y 3, puede verse que se habilitan unos caminos o circuitos en paralelo que comprenden varias uniones semiconductoras PN. El número de uniones PN incluidas en cada circuito paralelo es el mismo. Así, en la fig. 2, hay un primer ca-

25



1.

mino o circuito formado por la serie 12 de uniones
PN y que consta de dos uniones PN, constituidas ca-
da una por la unión de base-emisor de un transistor
conectado como diodo. En el otro camino o circuito
5 paralelo, hay una primera unión PN formada por la
unión de base-emisor del transistor seguidor de emi-
sor 13 incluido en el paso seguidor de emisor 17 y
una segunda unión PN formada por la unión de base-em-
isor del transistor amplificador 14. En la fig. 3, el
10 primer camino consta también de la serie de uniones
PN e incluye n uniones PN, formadas cada una por la
unión de base-emisor de un transistor conectado co-
mo diodo. El otro camino paralelo, como puede verse,
comprende $(n-1)$ uniones PN constituidas cada una por
15 una unión de base-emisor incluida en el paso seguidor
de emisor 17, y la enésima unión, que es la de base-
-emisor del transistor amplificador 14. Como el nú-
mero de uniones PN incluidas en cada camino parale-
lo es el mismo, y está aquí compuesto de una unión
20 de base-emisor, hay que reconocer que se anulan las
variaciones de tensión en las mismas, atribuibles a
variaciones de temperatura. Por consiguiente, el ampli-
ficador no lineal de enésima potencia de la presente
invención no es sensible a las variaciones de tempe-
25 ratura. Por tanto, la señal de entrada viene amplifi



cada en la potencia n , y la señal de salida resultante no es afectada de modo perjudicial por los cambios de temperatura.

5 Con referencia ahora a la fig. 4, se da en
ella una representación esquemática de un amplifica-
dor no lineal simplificado, en el que una señal de
entrada es amplificada en la potencia $1/2$. El circui-
to consta de un transistor amplificador 22, una serie
10 23 de uniones PN y un paso 29 seguidor de emisor. El
transistor amplificador 22 está destinado a recibir
una señal de entrada suministrada al electrodo de ba-
se del mismo, y a producir una señal de salida por su
electrodo de colector. Por consiguiente, el electrodo
de colector del transistor amplificador va acoplado
15 por medio de una impedancia de carga 24 a una fuen-
te de potencial de excitación 25, y del electrodo de
colector se deriva un terminal de salida 26. La señal
de entrada suministrada al transistor amplificador se
aplica al mismo a través de la fuente 21 de corriente
20 de entrada.

 Con arreglo a la forma de realización sim-
plificada ilustrada en la fig. 4, la serie 23 de unio-
nes PN consta de una sola unión PN compuesta de un
transistor conectado como diodo. Esta serie de unio-
25 nes PN sirve para acoplar el electrodo de emisor del



transistor amplificador 22 a un potencial de referen-
cia, tal como el de masa.

5 Un punto de conexión 27, por medio del cual
se suministra la señal de entrada al electrodo de ba-
se del transistor amplificador 22, va además conecta-
do al paso seguidor de emisor 29. En la forma de rea-
lización simplificada que aquí se ilustra, el paso
10 29 seguidor de emisor consta de un transistor 28 se-
guidor de emisor que tiene conectada en su circuito
de emisor una fuente 31 de corriente constante. La
salida del paso seguidor de emisor, esto es, el elec-
trodo de emisor del transistor seguidor de emisor 28,
va conectada al electrodo de base de otro transistor
15 30, teniendo este último su electrodo de emisor co-
nectado a masa. El electrodo colector de este tran-
sistor adicional va directamente conectado al mencio-
nado punto de unión o conexión 27.

Los dispositivos transistores respectivos
están elegidos de tal modo que sus características
20 de funcionamiento, y en particular las característi-
cas de la unión PN de los mismos, son todas iguales.
Como se apreciará, esto se consigue fácilmente de
acuerdo con la tecnología habitual de circuitos in-
tegrados.

25 A continuación se describirá matemática-



mente el funcionamiento de la forma de realización de circuito simplificado ilustrada en la fig. 4. Su póngase que la tensión de base-emisor del transistor adicional 30 es la designada con V_{BE0} , la tensión de base-emisor del transistor seguidor de emisor 28 incluido en el paso seguidor de emisor 29 es la designada con V_{BE1} y la caída de tensión en la unión PN incluida en la serie 23 de uniones PN es la designada con V_{BE2} . Además, la caída de tensión de base-emisor del transistor amplificador 22 se supone igual a la caída de tensión en la unión PN y, por tanto, se designa también con V_{BE2} . Por lo tanto, respecto al punto de conexión 27, la relación de las tensiones en el mismo está representada por la expresión siguiente:

$$V_{BE0} + V_{BE1} = 2V_{BE2} \quad (19)$$

Ahora bien, si se suponen insignificantes las corrientes que circulan por los electrodos de base respectivos de los transistores ilustrados, puede prescindirse de tales corrientes en lo que sigue, de manera que la corriente I_0 que circula por el transistor adicional 30, la corriente I_1 que circula por el paso seguidor de emisor 29 y la corriente I_2 que pasa por el transistor amplificador 22 y por la serie

-4 D.C. 1974



23 de uniones PN pueden expresarse del siguiente modo:

5

$$\begin{aligned} I_0 &\approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE0}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE0}}, \\ I_1 &\approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE1}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE1}}, \\ I_2 &\approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE2}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE2}}, \end{aligned} \quad (20)$$

Mediante unas transformaciones, se halla que las tensiones respectivas que aparecen en las ecuaciones (20) valen:

10

$$\begin{aligned} V_{BE0} &= (1/\alpha) \cdot \ln(I_0/I_S), \\ V_{BE1} &= (1/\alpha) \cdot \ln(I_1/I_S), \\ V_{BE2} &= (1/\alpha) \cdot \ln(I_2/I_S), \end{aligned} \quad (21)$$

15

Las tensiones representadas en las ecuaciones (21) pueden ser sustituidas en la ecuación (19), con lo que se obtiene:

$$(1/\alpha) \cdot \ln(I_0/I_S) + (1/\alpha) \cdot \ln(I_1/I_S) = 2(1/\alpha) \cdot \ln(I_2/I_S). \quad (21A)$$

20

Despejando como incógnita la corriente de salida, ésta viene representada así:

$$I_2 = I_1^{1/2} \cdot I_0^{1/2}. \quad (22)$$

25

Como se apreciará, el término I_1 de la ecuación (22) representa la corriente constante que circula por el

paso seguidor de emisor 29, producida por la fuente de corriente constante conectada en el circuito de emisor del transistor seguidor de emisor 28. Por consiguiente, el término $I_1^{1/2}$ es un factor constante.

5 Así, pues, como se expresa en la ecuación (22), la corriente de entrada I_0 viene amplificada en la potencia $1/2$, para obtener la corriente de salida I_2 . Dicho de otro modo, la corriente de salida es proporcional a la corriente de entrada elevada a la potencia $1/2$. Por tanto, el esquema de circuito simplificado dado en la fig. 4 ilustra un amplificador no lineal de potencia $1/2$.

10

A continuación se describirá un amplificador no lineal generalizado, de potencia $1/n$, con referencia a la fig. 5. El amplificador no lineal de potencia $1/n$ consta de un transistor amplificador 22, una serie 23 de uniones PN, un paso 29 seguidor de emisor y un transistor adicional 30, como antes se ha descrito en relación con la fig. 4. Ahora bien,

15

20 en la forma general de realización ilustrada en la fig. 5, la serie 23 de uniones PN consta de $(n-1)$ uniones PN conectadas en serie, que comprenden cada una un transistor conectado como diodo, de tal modo que la unión PN está formada por la unión de base-emisor de cada transistor. De igual modo, el paso segui

25



dor de emisor 29 está compuesto de $(n-1)$ transistores seguidores de emisor en cascada, en los cuales las uniones de base-emisor de los transistores seguidores de emisor van conectadas en serie. En cada uno de los
5 respectivos circuitos de emisor de los transistores seguidores de emisor va conectada una fuente de corriente constante. Como se ilustra en el dibujo, la salida del paso 29 seguidor de emisor, esto es, la salida del transistor seguidor de emisor que ocupa el
10 lugar $(n-1)$, está conectada al electrodo de base del transistor adicional 30, teniendo este último conectada a la masa su unión de base-emisor.

Con arreglo al análisis matemático ya conocido del amplificador no lineal ilustrado, la relación de tensiones, tomadas respecto al punto de conexión 27, puede expresarse así:

$$V_{BE0} + V_{BE1} + V_{BE2} + \dots + V_{BE(n-1)} = n \cdot V_{BE_n} \quad (23)$$

en la cual V_{BE1} , V_{BE2} , \dots , $V_{BE(n-1)}$ son las caídas de tensión de base-emisor en los respectivos transistores seguidores de emisor incluidos en el paso seguidor de emisor 27; V_{BE0} es la tensión de base-emisor del transistor adicional 30; y V_{BE_n} es la tensión de base-emisor del transistor amplificador 22, o de cada uno de los transistores conectados como diodos, in



cluidos en la serie 23 de uniones PN.

Si se prescinde de las corrientes insignificantes que circulan por las respectivas bases de los transistores, las corrientes de emisor-colector de los mismos pueden expresarse como sigue:

5

$$I_0 \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE0}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE0}},$$

$$I_1 \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE1}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE1}},$$

$$I_2 \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE2}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE2}},$$

10

.
.

.

$$I_{(n-1)} \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE(n-1)}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE(n-1)}},$$

15

$$I_n \approx I_S \cdot e^{(q/kT)V_{BE n}} = I_S \cdot e^{\alpha V_{BE n}}, \quad (24)$$

expresiones en las cuales las corrientes $I_1, I_2, \dots, I_{(n-1)}$ son las corrientes producidas por las respectivas fuentes de corriente constante conectadas en los circuitos de emisor de los transistores seguidores de emisor incluidos en el paso seguidor de emisor 29, y la corriente I_n es la corriente de salida que circula por el transistor amplificador 22 y, además, por la serie 23 de uniones PN.

20

25

Las tensiones expresadas en las ecuaciones (24) pueden representarse así:



$$V_{BE0} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_0/I_S) ,$$

$$V_{BE1} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_1/I_S) ,$$

$$V_{BE2} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_2/I_S) ,$$

5

.

.

.

$$V_{BE(n-1)} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_{(n-1)}/I_S) ,$$

$$V_{BE n} = (1/\alpha) \cdot \ln(I_n/I_S) . \quad (25)$$

10

Ahora, sustituyendo las ecuaciones (25) en la ecuación (23), se obtiene la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_0}{I_S} + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_1}{I_S} + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_2}{I_S} + \dots + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_{(n-1)}}{I_S} = \\ = n \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{I_n}{I_S} \end{aligned} \quad (25A)$$

15

Mediante unas transformaciones, la corriente de salida I_n puede expresarse así:

20

$$I_n = (I_1 \cdot I_2 \cdot \dots \cdot I_{(n-1)})^{1/n} \cdot I_0^{1/n} . \quad (26)$$

Como se apreciará, el factor $(I_1 \cdot I_2 \cdot \dots \cdot I_{(n-1)})^{1/n}$ depende únicamente de las fuentes de corriente constante y, por lo tanto, es un factor constante. Por consiguiente, la corriente de salida producida por el

25



amplificador no lineal ilustrado en la fig. 5 es proporcional a la corriente de entrada elevada a la potencia $1/\underline{n}$. Dicho de otro modo, el amplificador no lineal puede hacerse funcionar de modo que amplifica la corriente de entrada I_0 en la potencia $1/\underline{n}$.

Como se apreciará, en la forma de realización ilustrada, cada unión de base-emisor de los transistores seguidores de emisor incluidos en el paso 29 seguidor de emisor es una unión PN. Por consiguiente, el número de uniones PN incluidas en la serie 23 de uniones PN es igual al número de uniones PN conectadas en cascada en el paso seguidor de emisor 29. Por tanto, se anulan las variaciones de tensión, en estas uniones PN, que sean atribuibles a cambios de temperatura, manteniéndose así sensiblemente constante la tensión de base-emisor del transistor amplificador 22. La amplificación a la potencia $1/\underline{n}$ se consigue, pues, independientemente de las variaciones de temperatura. Así, la forma de realización de la fig. 5 que sirve de ejemplo funciona como amplificador no lineal a la potencia $1/\underline{n}$, estable a la temperatura y en el que \underline{n} es mayor que 1.

Con referencia ahora a la fig. 6, se ilustra en ella, en esquema funcional o por bloques, una aplicación típica de las enseñanzas de la presente

-4 D.11.1974

invención. Más en particular, la fig. 6 es un esquema funcional de un aparato de registro o grabación en cinta y, en especial, un aparato de registro y reproducción de cinta de video, en el que se usan un
5 amplificador no lineal a la potencia n y un amplificador no lineal a la potencia $1/n$ para tratar señales de información. En la forma de realización ilustrada, un circuito de grabación de señales, destinado a registrar o grabar señales en un medio magnético, tal
10 como una cinta magnética T, comprende un circuito 42 atenuador y un modulador 43. Un circuito destinado a reproducir señales tomadas del medio magnético consta de un desmodulador 46 y un circuito acentuador 47.

El circuito atenuador 42 incluye un amplifi
15 cador no lineal a la potencia de grado $1/n$, del tipo descrito en lo que antecede con respecto a la fig. 5, e incluye una entrada acoplada a un terminal de entrada 41 de señales. Este circuito atenuador no lineal está destinado a comprimir la señal que le es suministrada, para que en el medio magnético se registre una
20 señal comprimida. Después de comprimida la señal de entrada al nivel deseado, la salida del circuito atenuador no lineal es suministrada al modulador 43. Este modulador comprende un modulador de frecuencia para modular en frecuencia la señal comprimida, y para
25



suministrar la misma a una cabeza 44 de registro o grabación magnética, con lo cual la señal comprimida y modulada en frecuencia queda registrada en el medio magnético.

5 En el circuito reproductor de señales, una cabeza magnética 45 de reproducción suministra las señales registradas al desmodulador 46. Como se apreciará, este desmodulador comprende un circuito desmodulador de frecuencia destinado a producir por su salida una señal comprimida, sensiblemente similar a la
10 señal que había sido suministrada al modulador 43. Esta señal comprimida desmodulada es aplicada al circuito acentuador 47, que incluye el amplificador no lineal de enésima potencia anteriormente descrito con
15 respecto a la fig. 3. El circuito acentuador no lineal está destinado a expandir la señal reproducida, hasta un nivel deseado. La señal expandida se deriva del terminal 48 de salida de señales, que está acoplado al circuito acentuador no lineal.

20 Aun cuando el amplificador no lineal de la presente invención puede ser fácilmente utilizado en diversas aplicaciones, la aplicación del mismo a los métodos de registro o grabación en cinta y, en particular, a un sistema de grabación en cinta de video,
25 permite registrar y reproducir una señal de un nivel

-4 DIC-1974

relativamente alto sin que haya saturación de cinta
concomitante. Además, los circuitos de tratamiento
de señales de un aparato de grabación en cinta de
video como el citado presentan unas características
de funcionamiento relativamente estables y fiables,
5 y no son sensibles a la temperatura.

Como se apreciará ahora fácilmente, los
amplificadores lineales a la potencia n y a la po-
tencia $1/n$ de la presente invención pueden ser cons-
10 truidos con facilidad de manera que n puede ser un
número entero cualquiera conveniente, mayor que 1.
Como puede verse, la señal de entrada que se vaya a
amplificar es suministrada a unos caminos o circui-
tos conductores en paralelo, cada uno de los cuales
15 está compuesto de n uniones de tipo PN. En uno de
los caminos conductores, las uniones PN conectadas
en serie están formadas, por ejemplo, por transisto-
res conectados como diodos. En el otro camino de con-
ducción, las uniones PN están formadas por unos tran-
20 sistentes seguidores de emisor conectados en cascada,
de modo que las uniones de base-emisor de los mismos
corresponden a dichas uniones PN. En la forma de rea-
lización de amplificador no lineal de enésima poten-
cia, el transistor amplificador está conectado en el
25 camino de conducción que incluye los seguidores de



emisor, de tal modo que la unión de base-emisor del transistor amplificador se incluye como una de las uniones PN de ese camino de conducción. En la forma de realización de amplificador no lineal a la potencia $1/n$, el transistor amplificador va conectado en el otro camino de conducción, es decir, en el camino de conducción que comprende la serie de uniones PN formadas, por ejemplo, por transistores conectados como diodos. Esto no obstante, como se apreciará, el número total de uniones PN incluidas en cada camino de conducción es el mismo. Así, es fácil ver que el factor exponencial n puede ser elegido sencillamente sin más que seleccionar para ello el número de uniones PN a incluir en los respectivos caminos de conducción en paralelo. De esta manera es posible elegir la relación exponencial a obtener entre las señales de entrada y de salida. Así, pues, es posible elegir fácilmente la curva exponencial representativa de la amplificación del amplificador no lineal.

Como se apreciará fácilmente, las diversas formas de realización del amplificador no lineal, descritas e ilustradas en lo que antecede, incluyen simplemente un solo elemento resistivo, esto es, la resistencia de carga del transistor amplificador. Por consiguiente, el amplificador no lineal de la

-4 014 1974



presente invención resulta fácilmente adecuado para los métodos de fabricación en circuito integrado.

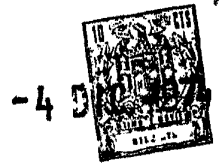
5 Si bien la presente invención se ha ilustrado y descrito de modo particular en lo que antecede, con referencia a una pluralidad de formas preferidas de realización de la misma, resultará obvio para las personas versadas en la materia que pueden efectuarse diversos cambios y modificaciones de forma y de detalle sin por ello apartarse del espíritu ni salirse del ámbito de la invención. Por todo ello
10 se tiene la intención de que las reivindicaciones que siguen se interpreten como incluyendo todos estos cambios y modificaciones.

15 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Japón, el 10 de Agosto de 1973, ha jo los N^{os} 90150/73 y 90151/73, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20

25

30.11.74



REIVINDICACIONES

- 5 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:
- 10 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en un amplificador no lineal que incluye un transistor amplificador para amplificar una señal de entrada, caracterizados por una serie de uniones PN conectadas para suministrar una tensión prefijada de polarización al transistor amplificador; y un paso seguidor de emisor conectado a una entrada del transistor amplificador, para compensar dicha tensión de polarización.
- 15 2ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, según los cuales dicho paso seguidor de emisor comprende (n-1) transistores conectados en seguidor de emisor y puestos en cascada, siendo n un número entero mayor que la unidad, de tal modo que la citada señal de entrada resulta amplificada en un factor exponencial relacionado con n.
- 20
- 25

30.11.74

-35-





3^a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 2^a, según los cuales la unión base-emisor de dicho transistor amplificador está conectada en serie con una de dichas series de uniones PN o dichos transistores conectados en seguidor de emisor.

4^a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 3^a, según los cuales hay una fuente de corriente constante respectiva conectada en el circuito de emisor de cada uno de los citados (n-1) transistores respectivos conectados en seguidor de emisor.

5^a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 4^a, según los cuales dicha serie de uniones PN comprende unos transistores conectados como diodos y relacionados en conexión.

6^a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1^a, según los cuales dicho paso seguidor de emisor comprende (n-1) transistores conectados en seguidor de emisor, conectados a su vez en cascada al electrodo de base de dicho transistor amplificador para recibir dicha señal de entrada y suministrársela a dicho transistor amplificador; y en el que dicha serie de uniones PN comprende n uniones PN conectadas en serie, estando dicha serie de unio



nes PN conectada a su vez en paralelo con los citados transistores de seguidor de emisor y el transistor amplificador puestos en cascada, de tal modo que dicha señal de entrada resulta amplificada en la potencia n ; siendo n un número entero mayor que la unidad.

7ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 6ª, según los cuales hay unas fuentes de corriente constante conectadas en los circuitos de emisor de dichos $(n-1)$ transistores de seguidor de emisor, respectivamente; estando las uniones de base-emisor de dichos transistores de seguidor de emisor conectadas en serie entre sí y con la unión de base-emisor de dicho transistor amplificador.

8ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 7ª, según los cuales dichas n uniones PN comprenden n transistores conectados como diodos; estando las uniones de base-emisor de dichos n transistores conectados como diodos conectadas a su vez en paralelo con el circuito serie formado por las $(n-1)$ uniones de base-emisor de los citados transistores de seguidor de emisor y la unión de base-emisor de dicho transistor amplificador.

9ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, según los cuales dicho paso seguidor de emisor comprende $(n-1)$ transistores conecta-





dos en seguidor de emisor, conectados a su vez en cascada al electrodo de base de dicho transistor amplificador para recibir la señal de entrada suministrada a dicho electrodo de base; y en el que la citada serie de uniones PN comprende (n-1) uniones PN conectadas en serie con dicho transistor amplificador, estando la serie de dichas uniones PN y transistor amplificador conectada en paralelo con los citados transistores de seguidor de emisor puestos en cascada, de tal modo que dicha señal de entrada resulta ampli-
5 ficada en la potencia $1/n$; siendo n un número entero mayor que la unidad.
10

10ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 9ª, según los cuales el amplificador comprende, además, un transistor adicional conectado en cascada con dichos transistores de seguidor de emisor puestos en cascada, de tal modo que las uniones de base-emisor de dichos transistores de seguidor de emisor y del citado transistor adicional quedan conectadas en un primer circuito serie.
15
20

11ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 10ª, según los cuales hay unas fuentes de corriente constante conectadas en los circuitos de emisor de dichos (n-1) transistores de seguidor de emisor, respectivamente.
25

30.11.74

-38-

12a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 11a, según los cuales dichas (n-1) uniones PN comprenden (n-1) transistores conectados como diodos; estando las uniones de base-emisor de dichos (n-1) transistores conectados como diodos, co
5 nectadas a su vez a la unión de base-emisor del citad transistor amplificador en un segundo circuito se
rie; estando dichos circuitos serie primero y segundo conectados en paralelo.

10 13a.- Perfeccionamientos introducidos en un amplificador no lineal, estable a la temperatura, que incluye una entrada para suministrar la señal de entrada que se vaya a amplificar y un transistor am
plificador para producir, en un terminal de salida,
15 una señal exponencialmente proporcional a la señal de entrada, caracterizado dicho amplificador por un
par de caminos de conducción en paralelo conectados a dicha entrada, estando cada uno de dichos caminos
de conducción compuesto de n uniones PN, siendo n
20 un número entero mayor que 1; estando dicho transis
tor amplificador incluido en uno de los citados ca
minos de conducción; y estando incluidos (n-1) segui
dores de emisor en uno de los citados caminos de con
ducción.

25 14a.- Perfeccionamientos de acuerdo con la

30.11.74





reivindicación 13ª, según los cuales dichas n uniones PN de cada uno de los citados caminos de conducción están conectadas en serie.

5 15ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 14ª, según los cuales hay unas fuentes de corriente constante conectadas en los circuitos de emisor de dichos (n-1) seguidores de emisor, respectivamente.

10 16ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 15ª, según los cuales dichos (n-1) seguidores de emisor comprenden (n-1) transistores de seguidor de emisor que tienen conectadas en serie las uniones PN constituidas por sus respectivas uniones de base-emisor.

15 17ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 16ª, según los cuales las uniones PN incluidas en el otro de los citados caminos conductores están constituidas por lo menos por (n-1) transistores conectados como diodos, que tienen conectadas en serie sus respectivas uniones de base-emisor.

20 18ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 17ª, según los cuales dicho transistor amplificador va conectado en cascada con dichos (n-1) transistores de seguidor de emisor, de tal modo que
25 la unión PN formada por la unión de base-emisor de





dicho transistor amplificador está conectada en serie con dichas (n-1) uniones de base-emisor de los transistores de seguidor de emisor; y en el que hay n transistores conectados como diodos, conectados a su vez en paralelo con dichas uniones de base-emisor de los transistores de seguidor de emisor y del transistor amplificador conectadas en serie, de tal modo que dicha señal de salida es proporcional a la enésima potencia de dicha señal de entrada.

10 19ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 17ª, según los cuales dicho transistor amplificador va conectado en serie con dichos (n-1) transistores conectados como diodos, de tal modo que la unión PN formada por la unión de base-emisor de dicho transistor amplificador está conectada en serie con dichas (n-1) uniones de base-emisor de los transistores conectados como diodos en uno de los citados caminos de conducción; y en el que dichos (n-1) transistores de seguidor de emisor van conectados en cascada con un transistor adicional para así formar dichas uniones PN de las citadas (n-1) uniones de base-emisor de los transistores de seguidor de emisor y dicha unión de base-emisor del citado transistor adicional en el otro camino de conducción, de tal manera que dicha señal de salida es proporcio



- 4 DIC. 1974

nal a la potencia de grado $1/n$ de dicha señal de entrada.

20ª.- PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN AMPLIFICADOR NO LINEAL.

5 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.

Esta Memoria consta de cuarenta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

10

Madrid,

P.A.

-4 DIC. 1974

Fernando de Elzaburu
Por Poder.
[Firma]

15

30.11.74
G.V.R.



FIG. 1

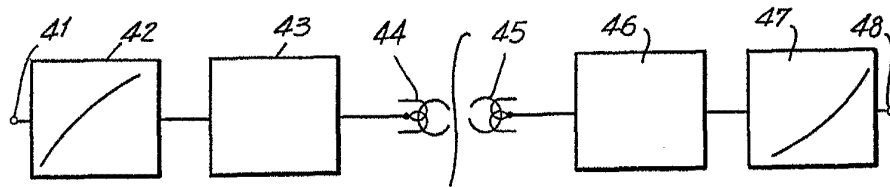
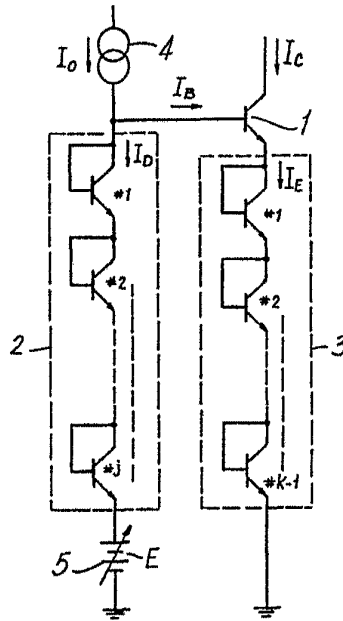


FIG. 6

Fernando de Elizaburu
Por Poder



FIG. 2

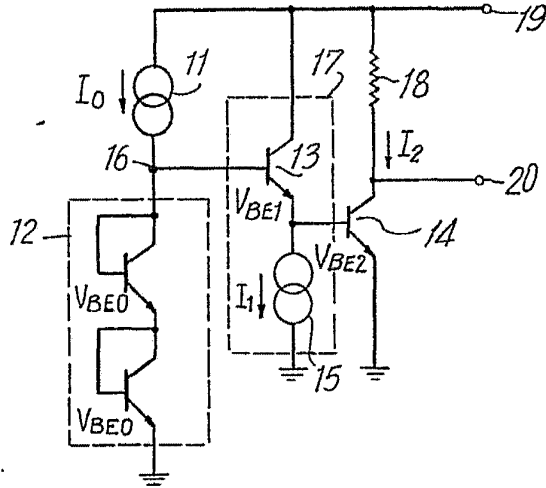
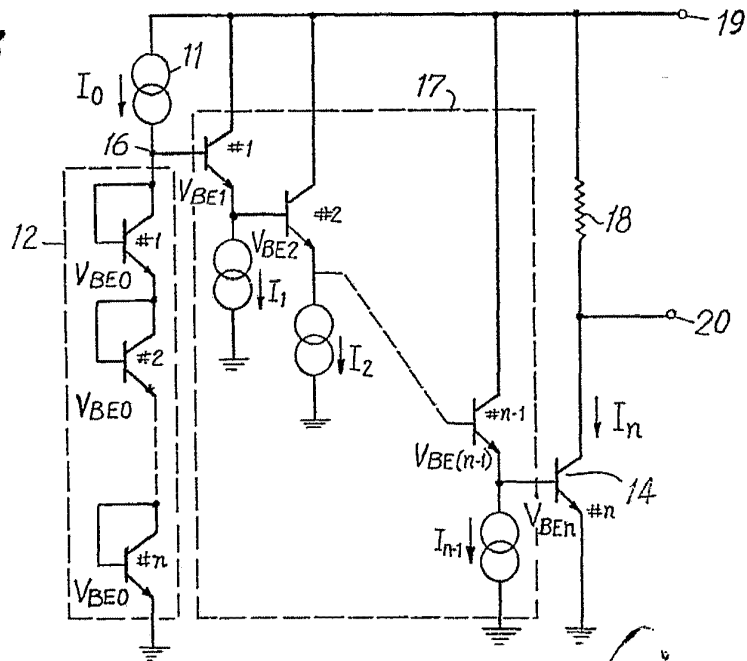


FIG. 3



Fernando de Elizaburu
Por Poder



FIG. 4

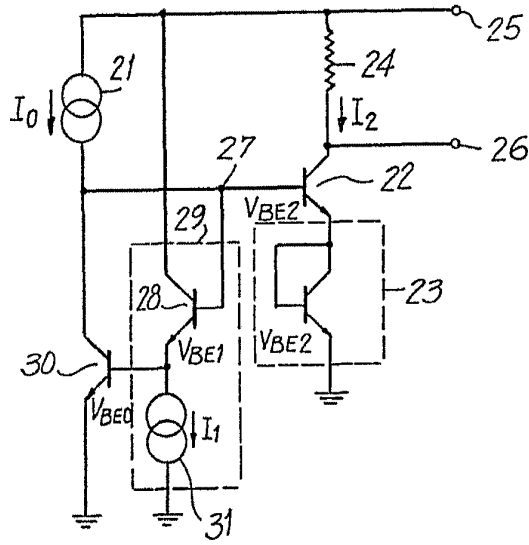
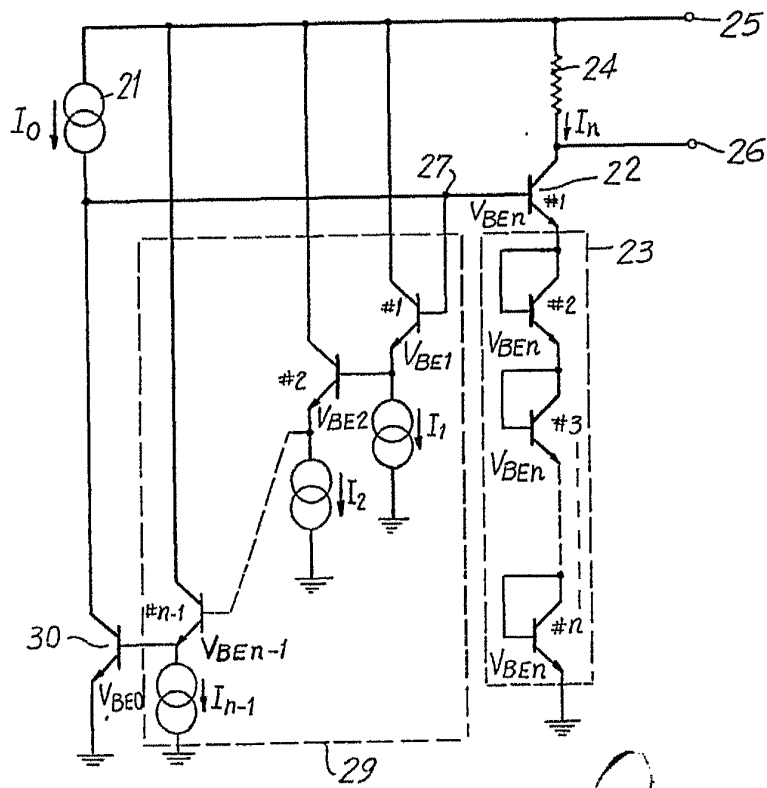


FIG. 5



Fernando de Elzaburu
For Poder.