

P.- 42.763

RCA 60.405

37 1704

SECCION TECNICA

CLASIFICACION I.P.C.

CLASE H-03

SUBCLASE E

37 1704 12 NOV. 1969

Memoria descriptiva



para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de RCA CORPORATION

entidad / ~~de nacionalidad~~ norteamericana

con domicilio en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, Nueva York,
Estados Unidos de America

por: "UN AMPLIFICADOR DIFERENCIAL" (Clase Internacional H03f)

6.11.69

- 1 -

12 NOV.



La presente invención se refiere a circuitos amplificadores, y más en particular a unos circuitos amplificadores especialmente apropiados para métodos de circuitos integrados.

5 Los amplificadores de circuitos integrados, del tipo denominado amplificadores operacionales, se vienen haciendo mediante el uso de métodos de circuitos integrados, Ahora bien, la capacidad de empleo de estos amplificadores en diferentes ambientes de circuitos viene siendo limitada. El proyectista de circuitos integrados establece generalmente la ganancia de tensión en función de la respuesta de frecuencia, según unos criterios determinados por la aplicación esperada. Las impedancias de entrada y de salida forman parte fija del diseño o tipo de circuito incluido en la oblea semiconductora de circuitos integrados. Por consiguiente, muchos amplificadores operacionales se vienen proyectando para distintas aplicaciones específicas, que respectivamente exigen una alta o baja impedancia de entrada, alta o baja ganancia de tensión y alta o baja potencia de salida para diversas cargas.

10
15
20
25 El diseño de circuitos de contra-reacción para amplificadores operacionales viene proporcionando alguna flexibilidad de aplicación. Ahora bien, la ganancia de tensión, así como la característica de respuesta en frecuencia, impone rigurosos límites en la adaptabilidad a diversas aplicaciones, debido a la posibilidad de inestabilidad o autooscilación.

30 Los amplificadores operacionales definidos en los textos técnicos tienen una elevada impedancia de entrada, baja impedancia de salida y una ganancia de tensión

371704



y el desplazamiento de fase en función de la frecuencia
deben proyectarse de modo que permitan el uso de circuitos de contra-reacción negativa con funcionamiento estable. El funcionamiento y comportamiento de los amplificadores operacionales con circuitos de contra-reacción se viene describiendo tradicionalmente en los citados textos por medio de fórmulas en función de la característica de ganancia de tensión. Se viene confiando en esta característica porque los amplificadores suelen tener una resistencia de carga integrada en el amplificador, que define la ganancia de tensión disponible.

Para un alto nivel de ganancia de tensión, se suele usar una resistencia de carga de valor grande. Ahora bien, esto requiere en general mayores tensiones de alimentación, lo que tiene la desventaja de aumentar el consumo de energía del dispositivo. Para los circuitos integrados, las resistencias grandes en áreas de circuito normalmente críticas, tales como las cargas de colector, exigirían asimismo que la resistencia fuese de "difusión de base". El tamaño físico de esta resistencia integrada es directamente proporcional a su valor. Así, un gran valor de resistencia de este género utilizaría un mayor área, y aumentaría el coste del circuito integrado final.

Sería posible usar amplificadores operacionales de circuitos integrados para muchos más fines y propósitos, si pudieran adaptarse las características del amplificador integrado a las necesidades de la aplicación, por medios exteriores al encapsulamiento.

Un amplificador diferencial que lleve incorporados los principios del presente invento hace uso, prefe-

6.11.69



5 riblemente, de una carga activa de colector que puede usar
 se para desarrollar la ganancia de tensión necesaria con
 bajas corrientes de colector. Este enfoque de la cuestión
 permite obtener un diseño que da una elevada ganancia de
 tensión con poco consumo de energía.

Por todo ello, es objeto de esta invención un
 amplificador dotado de características que pueden ajustarse
 se por medios exteriores.

10 Para lograr este objetivo, se ha desarrollado un
 amplificador operacional que lleva incorporado un amplifi-
 cador diferencial nuevo en su género, como circuito de en-
 trada. La impedancia de entrada se puede hacer variar den-
 tro de amplios límites, modificando las corrientes de emi-
 sor a colector en los transistores. La ganancia de tensión
 15 viene determinada por una resistencia de carga exteriormen-
 te conectada, además del control ejercido en la corriente
 de trabajo del transistor. El circuito presenta característi-
 cas de fuerte reyección o rechazo del modo común y de buena
 respuesta del amplificador. Un amplificador diferencial
 20 realizado conforme a este invento incluye un par de eta-
 pas amplificadoras dotadas cada una de electrodos de en-
 trada, comunes y salida, y un circuito de carga acoplado
 a los electrodos de salida. El circuito de carga incluye
 unos transistores primero y segundo dotados cada uno de
 25 electrodos de base, emisor y colector, de los cuales los
 electrodos de emisor están conectados en común a una fuente
 de potencial de trabajo, en tanto que cada uno de los elec-
 trodos de colector va respectivamente conectado a uno de
 los electrodos de salida. Se prevén medios de interconexión
 30 de los electrodos de base de los transistores en común, de



modo que aparezcan tensiones iguales entre los electrodos de base y de emisor de ambos transistores. Finalmente, entre los electrodos de salida y los de base conectados en común hay conectados unos medios de acoplamiento del modo común, que incluyen un par de dispositivos conductores, de umbral de tensión, que dan una característica de acoplamiento de corriente en función de la tensión según la cual circula corriente cuando las tensiones exceden de un valor de umbral.

10 En los dibujos adjuntos:

- la figura 1 es un esquema de circuitos de un amplificador diferencial realizado conforme a los principios del presente invento;

15 - la figura 2 es un esquema del amplificador diferencial de la fig. 1, que incluye una etapa de amplificación de entrada de alta ganancia y un circuito de polarización; y

20 - la figura 3 es un esquema de un amplificador operacional de transconductancia, que incluye el amplificador diferencial de la fig. 1.

Con referencia a los dibujos, y más especialmente a la fig. 1, la totalidad de los elementos representados dentro del rectángulo 10 de trazo interrumpido están hechos en forma de circuito integrado en una sola pastilla semiconductor. El circuito integrado es un amplificador diferencial que incluye un par de transistores 11 y 12, un transistor 13 como fuente de alimentación de corriente, y un circuito activo de carga que comprende los cinco transistores 14, 15, 16 y 17 más el 18 que funciona como diodo.

25

30 Una fuente exterior de suministro de corriente, no repre-

6.11.69

- 5 -

371704

12 NOV.



sentada, puede estar acoplada entre el terminal 19 y el terminal común 20, para establecer una tensión en bornes del diodo 21, estando el diodo 21 conectado entre los electrodos de base y de emisor del transistor 13.

5 El diodo 21 comprende un transistor con sus electrodos de colector y de base conectados entre sí. Como los transistores 13 y 21 (este último como diodo) se forman en la misma oblea semiconductora al mismo tiempo durante la fabricación, sus características eléctricas estarán
10 igualadas o acordadas con precisión. Si el transistor 13 y el diodo 21 son dispositivos de igual área, fabricados en una sola pastilla semiconductora, las inyecciones de corriente de emisor en las regiones de base serán iguales.

15 El paso de corriente que polariza en sentido directo los transistores 13 y 21 (éste como diodo) establece caídas de tensión iguales de base-emisor y, por lo tanto, corrientes de emisor iguales. La corriente de emisor del transistor 13 es igual a la suma de sus corrientes de base y de colector, y la mayor parte de la corriente de emisor
20 afluye a su colector.

El paso de corriente entre el terminal 19 y el 20 es igual a la corriente de emisor del diodo 21, más la pequeña corriente de base que entra en el transistor 13. Debido a la elevada relación existente entre las corrientes de base y de colector en el transistor 13, y la igualdad de las áreas del transistor 13 y el diodo 21, el paso de corriente entre el terminal 19 y el 20, y en el colector del transistor 13, son sensiblemente iguales. Por consiguiente, la corriente suministrada por el transistor 13
25 que hace de fuente de corriente viene determinada con faci
30

371704



lidad y exactitud por los parámetros de una fuente exterior, no representada, que puede estar conectada entre el terminal 19 y el de referencia común 20.

5 La combinación de un transistor conectado en diodo entre los electrodos de base y de emisor de un segundo transistor se designará en lo que sigue con la denominación de conjunto compuesto de diodo y transistor. La caída de tensión desarrollada entre los electrodos de base y de emisor de un transistor, cuando éste se halla sometido a
10 una corriente de polarización apreciable en sentido directo, se designará aquí con el símbolo V_{be} .

La corriente de colector del transistor 13 es suministrada a los electrodos de emisor de los transistores 11 y 12. La corriente se dividirá entre los transistores 11 y 12, según la diferencia entre las tensiones de entrada
15 de señal aplicadas a los electrodos de base de los transistores 11 y 12 por medio de los terminales de entrada 22 y 23, respectivamente. Si las tensiones aplicadas a los terminales de entrada 22 y 23 son iguales, la corriente suministrada por el transistor 13 se dividirá por igual entre
20 los transistores 11 y 12. Es decir, los transistores 11 y 12 tienen también características iguales, ya que están fabricados en la misma pastilla de circuito integrado, y al mismo tiempo.

25 El circuito activo de carga que comprende los transistores 14, 15, 16 y 17 conecta los electrodos de colector de los transistores 11 y 12 a una fuente de potencial de trabajo (no representada) conectada entre los terminales 24 y 20. Los transistores 14, 15, 16 y 17 son de tipos de
30 conductividad contrarios, a los de los transistores 11 y 12.

371704



Los transistores 14 y 15 están conectados en serie con los transistores 11 y 12, respectivamente. Los transistores 16 y 17, que están conectados en configuración diferencial, tienen sus electrodos de emisor conectados en común a los electrodos de base de los transistores 14 y 15, y por medio de un transistor ó diodo 18 al terminal 24 de alimentación de potencial de trabajo. Los electrodos de base de los transistores 16 y 17 van respectivamente conectados a los electrodos de colector de los transistores 11 y 12.

El electrodo de colector del transistor 16 está conectado, por medio de un transistor 25 conectado en diodo, al terminal de referencia 20. El diodo 25 está conectado entre los electrodos de base y de emisor de un transistor de salida 26. El transistor 26 y el 17, que son de tipos de conductividad contrarios, van conectados en serie, habiendo un terminal de salida 27 conectado a los electrodos de colector de estos transistores.

La conexión de los transistores 14, 16, 15 y 17 proporciona un mecanismo merced a lo cual las conductancias de los transistores 14 y 15 se ajustan automáticamente dando acomodo a la corriente que viene del transistor 13, establecida por la fuente exterior conectada entre los terminales 19 y 20. Esto sucede así porque la excitación de base para los transistores 14 y 15 viene controlada por los transistores 16 y 17, en función de la corriente que pasa por los transistores 11 y 12. Aun cuando la corriente que pasa por el transistor 13 puede establecerse en cualquier punto, en una gama relativamente amplia de variación de las intensidades de corriente, la tensión en bornes de los



12 NO

transistores de carga 14 y 15 no varía apreciablemente.

El voltaje o tensión de colector a emisor del transistor 14 es de dos V_{be} (esto es, $2V_{be}$), que es la suma de las tensiones en bornes de las uniones de base-emisor de los transistores 14 y 16. De igual modo, la tensión de colector a emisor del transistor 15 es $2V_{be}$, debido a la tensión existente en las uniones de base-emisor de los transistores 15 y 17. Como consecuencia, en los transistores 14 y 15 se desarrolla una tensión insignificante de señal del modo común.

La impedancia de colector de los transistores 14 y 15 es relativamente baja, para ser de modo común, ya que la tensión de colector a emisor de estos transistores es sensiblemente constante aunque haya una amplia variación en la corriente de modo común. Para corrientes diferenciales, los transistores 16 y 17 tienen variaciones de corriente iguales y opuestas, de manera que la excitación de base a los transistores 14 y 15 permanece igual e invariable. Como consecuencia, es muy elevada la impedancia de colector de los transistores 14 y 15 a las corrientes de modo diferencial, circulando esencialmente toda la corriente en el modo diferencial por los caminos de base-emisor de los transistores 16 y 17.

El circuito de carga descrito da una conductancia modulada de acuerdo con las variaciones de corriente de modo común, y una elevada impedancia de carga para una circulación de corriente diferencial. Este circuito de carga proporciona una supresión de señales de modo común muy por encima de la supresión de modo común normalmente proporcionada por las configuraciones de circuitos ampli

7.11.69

ficadores diferenciales.

12 NO



Como antes se ha dicho, los transistores 16 y 17 están conectados con sus emisores en común, y funcionan como un segundo amplificador diferencial. La amplitud de las corrientes de colector de este amplificador diferencial es igual a beta multiplicado por la corriente de señal diferencial aplicada a sus electrodos de base. En la figura 1 se representa un transistor conectado como diodo 18, en serie con el camino de corriente de emisor-colector de los transistores 16 y 17, y entre los electrodos de base y de emisor de ambos transistores 14 y 15.

El diodo 18 está polarizado en sentido directo por la corriente de emisor-colector en modo común de los transistores 16 y 17 y forma, en unión del transistor 14 y del 15, un conjunto mixto de diodo-transistor. Cuando el área de la unión semi-conductora del diodo 18 se haga igual al doble del área de unión del transistor 14 y del 15, un paso de corriente de dos microamperios por el diodo 18 establecerá un paso de corriente de un microamperio por cada uno de los transistores 14 y 15.

A título de ejemplo, si en el diodo 21 se establece una corriente de polarización de dos microamperios, circulará un microamperio por cada uno de los transistores 11 y 12, y un microamperio por cada uno de los transistores 14 y 15. Como el área de unión del diodo 18 es doble del área de unión de base-emisor del transistor 14 y 15, y está conectada en serie con los transistores 16 y 17, la corriente en el diodo 18 es de dos microamperios, e igual a la suma de un microamperio en cada uno de los transistores 16 y 17.

371704



El transistor conectado como diodo 25 y el transistor 26 constituyen un conjunto mixto de diodo y transistor que tiene una ganancia de corriente igual a la unidad. Las corrientes iguales, de régimen estático, que vienen de los colectores de los transistores 16 y 17 establecen en el transistor 26 una corriente de colector igual a la corriente de colector del transistor 16. La impedancia de salida de colector de los transistores 17 y 26 puede ser muy elevada, según la fabricación del dispositivo. Entonces se acopla un circuito de carga de los transistores a un terminal de salida 27 que está conectado en común a los colectores de los transistores 17 y 26.

Como más arriba se ha descrito, en los transistores 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 25 y 26 pueden establecerse amplios márgenes de variación en la corriente de trabajo. A título de ejemplo, baste decir que el circuito integrado de la fig. 1 se ha hecho funcionar en el intervalo de corriente de emisor a colector que va de 20 nanoamperios (20 nA) a 400 microamperios (0,4 mA).

Como la impedancia de salida de colector de los transistores 17 y 26 es elevada, la ganancia de tensión del amplificador operacional viene determinada por la resistencia exterior de carga utilizada, y puede ser determinada por el cálculo, empleando la transconductancia del amplificador. La transconductancia puede definirse como variación de la corriente de salida para una variación en la tensión diferencial existente entre los terminales de entrada 22 y 23.

La transconductancia (g_m) de la parte del amplificador diferencial que incluye solo los transistores 11



y 12 es:

$$g_m = \frac{39 \cdot I_e}{2} \text{ mhos,}$$

donde I_e es la corriente de emisor para uno de los transistores 11 y 12, en amperios; y la transconductancia viene definida como variación en una de las corrientes de colector de salida, para una variación de tensión entre los terminales 22 y 23.

Como la corriente de colector diferencial circula por los caminos de base-emisor de los transistores 16 y 17, estos transistores 16 y 17 son los que dan el multiplicadôr beta a la ganancia de corriente del amplificador diferencial. La corriente de salida del transistor 16 circula por el diodo 25, desarrollando una salida igual y de fase contraria, desde el transistor 26. La corriente de salida del transistor 17 se combina luego con la corriente de salida del transistor 26, excitando la carga acoplada a los mismos por medio del terminal 27. La transconductancia total es entonces:

$$g_m = 39 \beta I_e \text{ mhos,}$$

siendo β la beta de los transistores 16 y 17, e I_e la corriente de emisor de uno de los transistores 11 y 12.

Como ejemplo de la transconductancia de amplificador disponible para una corriente de 1 microamperio en el transistor 11, si la beta del transistor 16 es igual a 50, se tiene:

$$g_m = 39 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ mhas} = 1950 \text{ micromhos.}$$

La ganancia de tensión, entonces, no es más que la tensión de salida dividida por la de entrada, o sea:

$$V_o/V_i = g_m \cdot R_L,$$

siendo R_L la resistencia de carga de salida conectada al

371704



terminal 27.

La máxima entrada en modo común que trastorna el funcionamiento de la etapa de entrada del amplificador diferencial viene determinada por las características de tensión de sostenimiento de la fuente de corriente que comprende el transistor 13, y por la caída de tensión necesaria en los transistores de carga 14 y 15, que se restan ambas de la tensión de alimentación disponible. En el circuito representado en la fig. 1, las tensiones de entrada de modo común en los terminales 22 y 23 pueden llegar a tomar valores de oscilación con un límite negativo igual a la tensión de alimentación negativa en el terminal 20 más 0,8 voltios, y con un límite de señal positivo igual a la tensión positiva de alimentación en el terminal 24 menos 1,4 voltios, sin trastornar el funcionamiento del amplificador diferencial.

La máxima entrada en modo común viene determinada principalmente por la tensión de alimentación reducida en pequeñísimas magnitudes, ya que tanto el transistor de fuente o alimentación 13 como los transistores de carga 14 y 15 necesitan pequeñísimas caídas de tensión para un funcionamiento efectivo.

La fig. 2 ilustra un amplificador diferencial que incluye unas parejas de transistores 28, 29 y 30, 31 conectados en cascada, que dan una mejor supresión de modo común y mejor funcionamiento con bajo ruido. Los transistores 28 y 30 son amplificadores de entrada de diseño especial, y están acoplados a unos terminales de entrada 22' y 23'. Los transistores 28 y 30 son de gran beta (superbeta), y tienen valores de beta del orden de 1000 y muy

7.11.69

371704

12 No



bajas tensiones de ruptura de colector a emisor, del orden de un voltio. En los transistores usuales de mayores voltajes, la beta del transistor es sensiblemente constante, en función de la tensión de colector cuando se trabajan en el intervalo de bajas tensiones. En cambio, con mayores tensiones, comprendidas en el intervalo de valores próximos a V_{ceo} , la corriente de colector es a la vez función de la corriente de base y de la tensión de colector. V_{ceo} se define como tensión de ruptura de colector a emisor, con el electrodo de base en circuito abierto y sin conectar,

Los transistores en general se caracterizan por una corriente de fuga de colector a base, proporcional a la tensión de colector a base, para valores menores de 50 milivoltios. Esta característica de fuga de colector a base contribuye a un mal comportamiento ante el ruido para pequeñas señales de entrada, y presenta una indeseable característica de dependencia de la temperatura.

El mal comportamiento respecto al ruido y la dependencia de la temperatura se suprimen mediante un circuito de polarización único en su género, que no sólo establece una tensión de colector pequeña y relativamente fija para el funcionamiento de los transistores 28 y 30, sino que establece una tensión de colector a base esencialmente nula en los transistores 28 y 30, de tal modo que la corriente de fuga de colector a base se reduce también a cero. El funcionamiento en relación con los ruidos se refuerza grandemente, siendo por tanto posible el uso del transistor de gran beta en la etapa de entrada de un amplificador operacional.

371704



Los transistores 28, 29 y 30, 31 están conectados en cascada, de modo que el 28 y el 30 se hacen trabajar con emisor común, derivando corriente de emisor del transistor de fuente o alimentación 13', que puede ser semejante al descrito en relación con la fig. 1. Los transistores 29 y 31 se hacen funcionar en base común, de modo que los electrodos de base están conectados en retorno a los emisores de los transistores 28 y 30 a través de una alimentación de polarización que comprende unos transistores 32 y 33 conectados como diodos. La salida de colector de los transistores 29 y 31 va acoplada a un circuito de carga que comprende los transistores 14', 15', 16', 17' y 18', similar al descrito en la fig. 1.

Los diodos 32 y 33 están polarizados en sentido directo, y desarrollan $2V_{be}$ de polarización entre los electrodos de base, conectados en común, de los transistores 29 y 31 y los emisores de los transistores 28 y 30. La caída de tensión en la unión de base-emisor de los transistores 29 y 31 es de un V_{be} , de modo que entre los electrodos de colector y emisor de los transistores 28 y 30 se desarrolla asimismo un V_{be} . Los transistores 28 y 30 están polarizados a conducción, de modo que entre los electrodos de base y emisor de los mismos se desarrolla un V_{be} de tensión de polarización directa. Entre el colector y la base de los transistores 28 y 30 aparece entonces una tensión insignificante, que da lugar a muy poca corriente de fuga, como antes se ha dicho.

Para reducir al mínimo la tensión entre los electrodos de colector y de base de los transistores 28 y 30, las áreas de unión de base-emisor de los transistores 29,

7.11.69

371704

12 NOV



31 y 33 se hacen iguales y se tratan idénticamente, y el transistor 32 es un dispositivo de gran beta y baja tensión de ruptura, de área igual e idéntico tratamiento que los transistores de gran beta 28 y 30. Las corrientes medias que pasan por los dos caminos 28, 29 y 30, 31 se hacen cada una igual a la corriente que pasa por los diodos 33, 32.

Las caídas de tensión V_{be} entre colector y emisor de los transistores 28, 30 se hacen igual a una unidad V_{be} de caída de tensión desarrollada en el transistor 32 de superbeta. Como la tensión de base a emisor de los transistores 28 y 30 es también igual a la tensión V_{be} desarrollada en el diodo 32, es nula la caída de tensión entre los electrodos de colector y de base de los transistores 28 y 30.

La alimentación de polarización que comprende los diodos 32 y 33 está activada por la corriente suministrada por un transistor adicional 34 que está polarizado en sentido directo por la caída de tensión existente en el diodo 18'. La relación de áreas de unión entre el diodo 18' y la unión de base-emisor del transistor 34 establece el paso de corriente por los diodos 32 y 33, que debe también circular por el transistor de fuente 13'. Por consiguiente, la unión de base-emisor del transistor de fuente 13' se hace un 50% mayor en área que la del transistor 13 descrito en la fig. 1, porque debe suministrar un 50% más de corriente.

Si por el transistor 13' circulan 3 microamperios, pasa un microamperio por cada uno de los transistores 28 y 30 y por el diodo 32. La corriente en el tran-

371704



12

sistor 14' y en el 15' es de 1 microamperio en cada uno, y los transistores 16' y 17' conducen cada uno 1 microamperio. Con los transistores 16' y 17' conduciendo cada uno 1 microamperio, el diodo 18' conduce 2 microamperios.

5 El área de unión de base-emisor del transistor 34 es la mitad de la del diodo 18 y, por tanto, se le hace conducir un microamperio, que circula luego por los diodos de polarización 32 y 33. La magnitud de todas estas corrientes viene controlada desde el único terminal de entrada 19', por donde se suministra al diodo 21' una corriente de polarización, para controlar la corriente su-

10 ministrada por el transistor 13'.
Cuando a los terminales 24' y 20' se les aplica una tensión de alimentación, y al diodo 21' se le aplica una polarización de trabajo, el transistor 13 conduce corriente hasta los transistores 28 y 30. Ahora bien, al aplicárseles una alimentación a los terminales 24' y 20', no se suministrará a los diodos de polarización 32 y 33 corriente de polarización inicial alguna que dé origen a la conducción en los transistores 29 y 31, y, por consiguiente, no se producirá la conducción en los transistores 14, 15 y 18.

20 En ausencia de conducción del diodo 18' y, por lo tanto, de conducción en el transistor 34, se desarrollará una tensión de colector a emisor nula en los transistores 28 y 30, Por consiguiente, en ausencia de tensión de colector a emisor, toda corriente que llegue del transistor 13' circulará por el camino de base-emisor de los transistores 28 y 30, hasta las fuentes de señal acopladas a los terminales 22' y 23'.

30

7.11.69

371704

12 NOV.



Para obtener una conducción inicial en el diodo 18' se añade un transistor de pequeña área 41 que tiene su entrada de base-emisor acoplada al diodo 21', y su colector conectado al diodo 18'. El transistor 41 sólo necesita suministrar una pequeñísima corriente de arranque al diodo 18' para iniciar el ciclo de puesta en conducción, y su contribución de corriente sólo tiene que ser tan pequeña que no necesite afectar a la especificación de relaciones de área del diodo 18' y los transistores 14, 15, 16 y 17.

Como la caída de tensión en los transistores 28 y 30 es baja, las tensiones de entrada de cresta a cresta en modo común en los terminales 22' y 23' puede ser casi tan grande como la tensión de alimentación de potencia utilizada, sin que ello afecte al funcionamiento del amplificador antes descrito.

Con un transistor de entrada de gran beta, las impedancias de entrada son correspondientemente superiores, de tal modo que en una aplicación dada puede desarrollarse una mayor corriente de emisor y, por consiguiente, es posible establecer una mayor transconductancia, compatible con la elevada corriente de emisor. Se han logrado factores beta del orden de 1000, con satisfactorio funcionamiento de bajo ruido. Este funcionamiento depende en la práctica de dos factores: (1) el de mantener la tensión de colector constante dentro de estrechos límites; y (2) el de establecer una tensión nula de colector a base, para corrientes de fuga nulas.

Se mantienen elevados órdenes de supresión o rechazo del modo común, porque el uso de circuitos integrados

7.11.69

- 18 -

371704

12 NOV.



da lugar a que se consiga fácilmente el equilibrio entre las dos mitades del amplificador diferencial. La forma de construcción utilizada para fabricar los transistores PNP en forma de circuito integrado es de tipo lateral, a lo largo de la superficie de la pastilla semiconductor. Los transistores laterales PNP se caracterizan por un bajo coeficiente beta y por unas corrientes de emisor a colector que son función de la tensión de emisor a colector. Por consiguiente, la ganancia del transistor 17' puede ser función de la amplitud de oscilación de señal de tensión de salida, que transtorne el equilibrio de la ganancia igual en los transistores 16' y 17'. Ahora bien, para oscilaciones de la tensión de salida relativamente bajas, como las que pueden lograrse utilizando una carga de impedancia relativamente baja conectada al terminal 27', se conservará el equilibrio entre las mitades diferenciales.

La fig. 3 representa una pareja adicional de conexiones en cascada de transistores 16" y 17" con transistores 35 y 36, para establecer una tensión constante de colector a emisor en los transistores 16" y 17" que mantenga la misma ganancia en cada mitad del amplificador diferencial. Un circuito de polarización que comprende unos diodos 37, 38 y 39 proporciona la polarización de base para los transistores 35 y 36 cuando en los diodos circula una corriente derivada de un segundo transistor de alimentación de corriente 40.

La magnitud de la corriente de polarización en los diodos 37, 38 y 39 no es crítica para proporcionar la tensión de base a los transistores 35 y 36. Ahora bien, polarizando el transistor 40 desde el diodo 21", cómo su-

7.11.69

371704

12 NOV 1968



cede en el caso del transistor 13" de la figura 2, puede hacerse que la corriente en los diodos 37, 38 y 39 siga las vicisitudes de las corrientes de todos los demás transistores.

5 Se incluye un circuito de arranque que comprende el transistor 41', para dar la corriente de iniciación como se ha descrito en relación con la fig. 2. Es posible fijar una corriente de polarización reducida, para trabajar con poca disipación cuando se hagan funcionar así todos los demás transistores; y recíprocamente, una corriente elevada para trabajar con corrientes intensas.

10 Los transistores 35 y 36 están acoplados al terminal de salida 27" por medio de un juego o conjunto mixto de diodo 25" y transistor 26", como se ha descrito en relación con la fig. 1, a fin de excitar una carga en contrafase respecto a una referencia de masa. El amplificador está caracterizado por poseer un factor de ganancia de transconductancia, ya que la ganancia de tensión viene determinada por la carga exterior que se use. Tal funcionamiento establece un grado adicional de libertad para el usuario, con el cual se acrecienta grandemente la gama de aplicabilidad a diversos problemas de función.

15 Esta solicitud que corresponde a la presentada en Gran Bretaña, el 27 de Septiembre de 1968, Nº 46151/68, se acoge a los beneficios del artículo 51, del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

30

371704

7.11.69

- 20 -



- N O T A -

5 Los puntas de invención propia y nueva que se
 presentan para que sean objeto de esta solicitud de pa
 tente de invención en España, por VEINTE AÑOS, son los
 siguientes:

10 1.- Un amplificador diferencial, caracteriza
 do por un par de pasos de amplificador, teniendo cada
 uno de ellos unos electrodos de entrada, común y de sa
 lida y un circuito de carga acoplado a dichos electrodos
 de salida, incluyendo dicho circuito de carga un primer
 y un segundo transistores, teniendo cada uno de ellos
 15 electrodos de base, de emisor y de colector, estando co
 nectados dichos electrodos de emisor en común a una fuen
 te de potencial de trabajo y estando conectado respecti
 vamente, cada uno de dichos electrodos de colector, a uno
 de dichos electrodos de salida, unos medios que conectan
 entre sí dichos electrodos de base de dichos transistores,
 20 de modo que aparece un voltaje igual entre los electrodos
 de base y los de emisor que ambos transistores; unos me
 dios de acoplamiento de modo común conectados entre di
 chos electrodos de salida, y dichos electrodos de base
 conectados en común, que incluyen un par de dispositivos
 25 conductores de umbral de voltaje, que proporcionan una
 característica de acoplamiento de intensidad con relación
 al voltaje, en que la corriente fluye para voltajes su
 periores a un valor de umbral.

30 2.- Un amplificador diferencial según la rei
 vindicación 1, caracterizado porque dicho par de dispo
 sitivos conductores de umbral de voltaje comprenden

7.11.69

72



dispositivos de unión semiconductores.

3.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho par de dispositivos conductores de umbral de voltaje comprende un tercero y cuarto transistores, que tienen una característica de corriente de base a emisor con respecto al voltaje, según la cual la corriente fluye cuando el voltaje excede de un valor de umbral.

4.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 3; caracterizado porque dichos tercero y cuarto transistores tienen electrodos de emisor acoplados en común a dichos electrodos de base conectados en común de dichos transistores primero y segundo y unos electrodos de base, acoplado: cada uno de ellos, respectivamente, a uno de dichos electrodos de salida de dichos pasos de amplificador y tienen un par de electrodos de colector, que proporcionan terminales de salida para acoplamiento a un circuito de salida.

5.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 3, caracterizado porque un diodo está conectado directamente entre dichos electrodos de base y de emisor de dicho primer transistor.

6.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho par de pasos de amplificador incluye cada uno de ellos: un par de transistores conectados en cascada, que tienen electrodos comunes y en el cual los pasos de amplificador tienen un circuito de polarización común, que comprende un par de diodos conectados en serie, conectados entre los electrodos comunes de los transistores conectados en cascada.

7.11.69

371704



7.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 6, caracterizado porque uno de dichos transistores en cada uno de dicho para de transistores conectados en cascada tiene un voltaje de perforación de colector a emisor extremadamente bajo y se caracteriza por una ganancia de corriente beta extremadamente alta.

8.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 7, caracterizado porque uno de dichos diodos en dicho circuito de polarización común es un transistor que tiene unas características eléctricas adaptadas a dichos transistores de alta ganancia, que está conectado como un diodo.

9.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 1, caracterizado porque uno de dicho par de pasas de amplificador incluye un quinto y sexto transistores y el otro incluye unos medios de entrada de señal de séptimo y octavo transistores, conectados entre los electrodos de base y de emisor de dichos transistores quinto y sexto; unos medios que conectan el electrodo de emisor de dicho sexto transistor al electrodo de colector de dicho quinto transistor; unos medios que conectan el electrodo de emisor de dicho octavo transistor al electrodo de colector de dicho séptimo transistor; un par de diodos conectados en serie entre los electrodos de base de dichos transistores sexto y octavo y los electrodos de emisor de dichos transistores quinto y séptimo; unos medios de circuito de salida conectados entre los medios de electrodo de colector de dichos transistores sexto y séptimo y unos medios para polarizar en sentido directo dichos diodos.

12 NOV 1969



5 10.- Un amplificador según la reivindicación 9, caracterizado porque dichos transistores quinto y séptimo son transistores de una alta ganancia beta, que muestran un voltaje de perforación de colector a emisor del orden de un voltio.

11.- Un amplificador según la reivindicación 10, caracterizado porque uno de dicho par de diodos conectados en serie es un transistor de alta ganancia beta conectado como un diodo.

10 12.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 1, caracterizado porque uno de dicho par de pasos de amplificador incluye un quinto y sexto transistores, teniendo, cada uno de ellos, unos electrodos de base, de emisor y de colector; unos medios de entrada de señales conectados entre los electrodos de base y de emisor de dicho quinto transistor; unos medios que conectan el electrodo de emisor de dicho sexto transistor a dicho electrodo de colector de dicho quinto transistor; un par de diodos conectados en serie entre el electrodo de base de dicho sexto transistor y el electrodo de emisor de dicho quinto transistor; unos medios de circuito de salida, acoplados entre el electrodo de colector de dicho sexto transistor y el electrodo de emisor de dicho quinto transistor; y unos medios para polarizar en sentido directo dichos diodos, proporcionando un voltaje sustancialmente igual a cero entre los electrodos de colector y de base de dicho quinto transistor.

20 25 30 13.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 12, caracterizado porque dicho quinto transistor es un transistor de alta ganancia beta que tiene

12 NOV.



un voltaje de perforación de colector a emisor del orden de un voltio.

5 14.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 13, caracterizado porque uno de dicho par de diodos es un transistor de alta ganancia beta conectado como un diodo.

10 15.- Un amplificador diferencial según la reivindicación 12, caracterizado porque dichos medios que conectan el electrodo de emisor de dicho sexto transistor a dicho colector de dicho quinto transistor proporcionan una conexión directa y dicho par de diodos conectados en serie comprende solo dos diodos y están conectados directamente entre el electrodo de base de dicho sexto transistor y el electrodo de emisor de dicho quinto transistor.

15 16.- UN AMPLIFICADOR DIFERENCIAL.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan, y con los fines que se han especificado.

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

Madrid,

12 NOV. 1969

P.A.

Alberto de Elzaburu
Per Pong.

371704

7.11.69
IMF

371704



12 NOV.

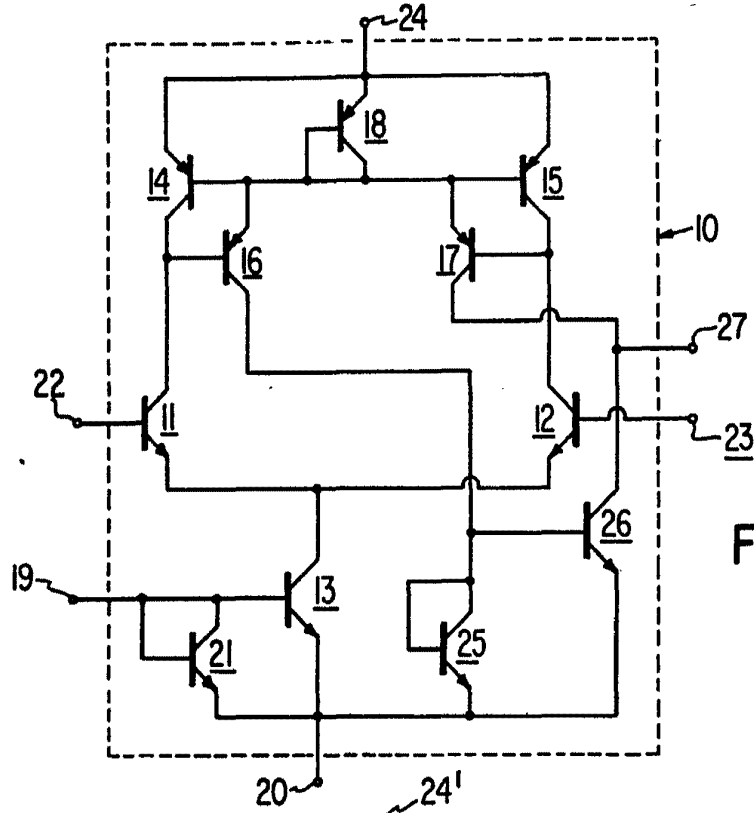


Fig. 1.

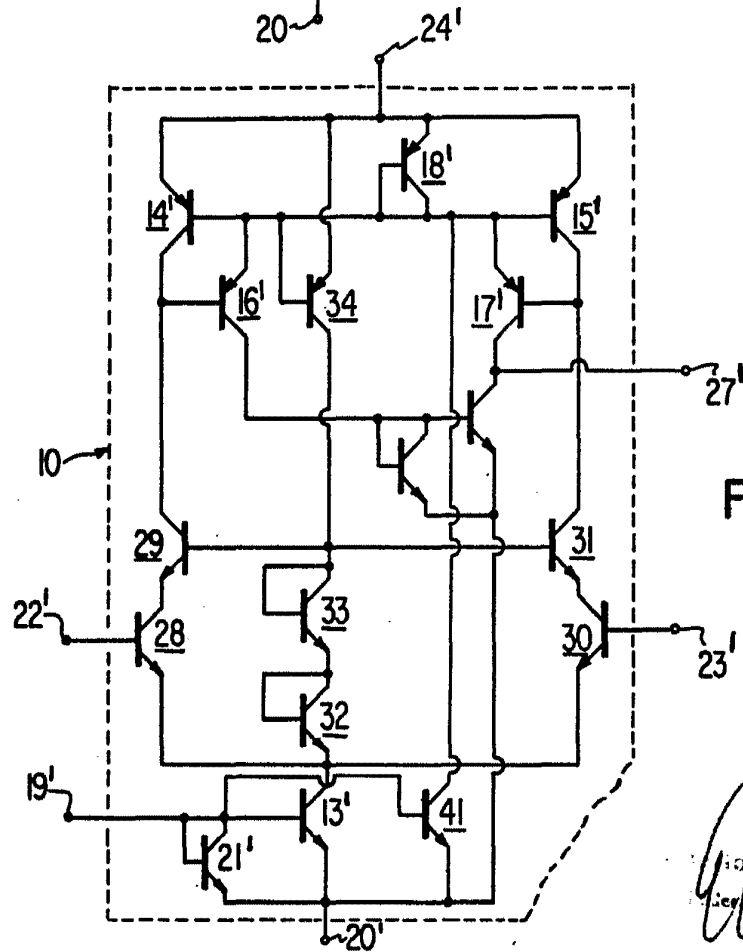


Fig. 2.

W. D. ...
RCA

12 NOV



371704

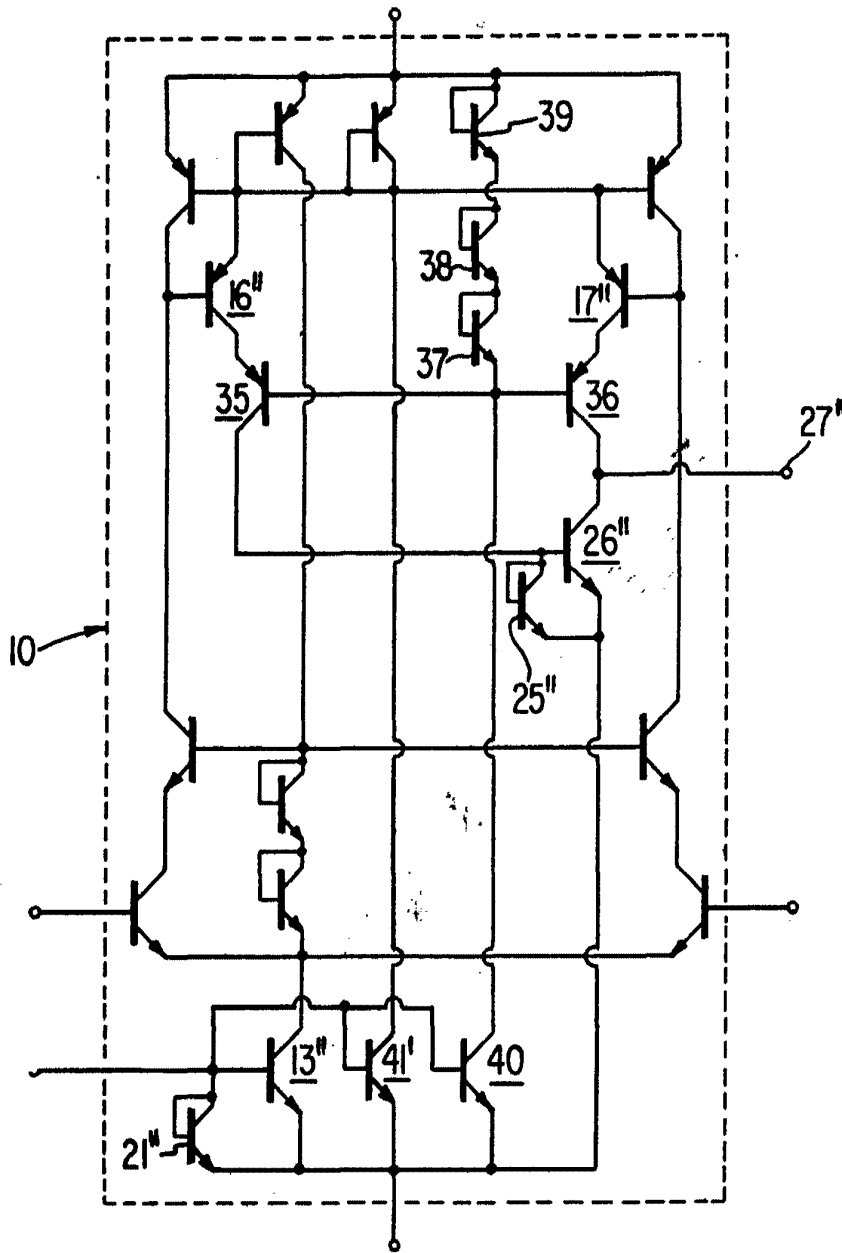


Fig. 3.

Cartier