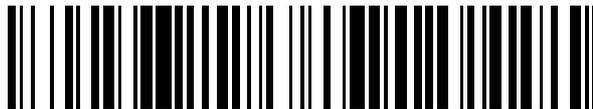


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 331**

51 Int. Cl.:

H03C 3/22

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2007 PCT/EP2007/058876**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2008 WO08031717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2007 E 07802915 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 2076960**

54 Título: **Oscilador de microondas con tecnología de circuitos integrados**

30 Prioridad:

12.09.2006 FR 0607963

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

01.07.2020

73 Titular/es:

**UNITED MONOLITHIC SEMICONDUCTORS S.A.
(100.0%)**

**Route Départementale 128
91401 Orsay Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**DOMNESQUE, DENIS;
GOURDON, CYRIL y
SEVIN, RÉMI**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 770 331 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Oscilador de microondas con tecnología de circuitos integrados

5 La invención se refiere a un oscilador de microondas con tecnología de circuitos integrados y en particular a los MMIC es decir en lengua inglesa "*Monolithic Microwave Inegrated Circuit*" que funcionan en las gamas de frecuencias comprendidas entre 1 GHz y 100 GHz.

Estos osciladores integrados de microondas son utilizados para numerosas aplicaciones en telecomunicaciones, en radar y en particular en el campo de los radares para automóvil. En las aplicaciones para automóvil un radar envía una onda de microondas que se encuentre reflejada por uno o más objetivos cuyas distancias y velocidades puedan ser deducidas de los retardos y variaciones de fase medidos en la señal reflejada.

10 La sensibilidad es un rendimiento fundamental para los radares, en particular para las aplicaciones automóviles. Esta sensibilidad es definida como la capacidad de detectar los objetivos distantes (una superficie equivalente de radar baja) así como la capacidad de discriminar los objetivos próximos entre ellos.

15 Para ello hace falta que el espectro de la señal de retorno del radar sea lo más restringido posible alrededor de su frecuencia de emisión, o expresado de otra manera, la anchura de banda de la señal a -3dB debe ser lo más baja posible.

20 Por ejemplo, la figura 1 representa el espectro de una señal recibida de banda de base (demodulada) por un radar del estado de la técnica sin ningún dispositivo de servocontrol o de precorrección de su frecuencia de emisión. En ordenadas el nivel relativo en dB de la señal recibida y en abscisas la frecuencia F en kHz. La anchura de banda es importante del orden de 80 kHz a -3dB con respecto al máximo de potencia de la señal recibida. Dicha anchura de banda es incompatible con la sensibilidad necesaria para una discriminación de objetivos.

Existe una relación directa entre la linealidad del oscilador generador de frecuencia del radar y la sensibilidad del mismo.

25 La figura 2a muestra un esquema simplificado de un oscilador controlado por tensión designado también según el acrónimo VCO, en lengua inglesa "*voltaje controlled oscillator*". El VCO comprende una salida Sf de oscilación de microondas de frecuencia F_{out} y una entrada Ec de control de la frecuencia del VCO.

El cambio de la frecuencia F_{out} del VCO se obtiene por la evolución de la capacidad de un varactor 10 integrado en el VCO. La variación de la tensión Vt1 de control aplicada al varactor, por la entrada Ec de control del VCO, resulta en una modificación de la capacidad del varactor y por tanto de la frecuencia de resonancia del VCO.

30 La figura 2b muestra un esquema equivalente del varactor 10 del circuito de oscilación del VCO de la figura 2a. El esquema es equivalente al de una capacidad variable en función de una tensión Vt1 de control aplicada a sus bornes.

La figura 2c ilustra la variación de la frecuencia (F_{out}) del VCO en función de la tensión Vt1 de control aplicada al varactor 10 de la figura 2a. Esta variaciones no lineal, lo que presenta el inconveniente de reducir la sensibilidad del radar.

35 El oscilador de un radar automóvil está controlado en frecuencia por una entrada de control que asegura un cambio de la frecuencia de emisión del oscilador pero también para efectuar una modulación de la frecuencia de emisión alrededor de una frecuencia Fc central.

Para concebir un radar de sensibilidad fuerte, hace falta una muy buena linealidad de la variación de la frecuencia de emisión durante la modulación de la misma por el control por tensión del VCO.

40 Los osciladores de microondas del estado de la técnica de tecnología de circuitos integrados no son suficientemente lineales para obtener buenos rendimientos en las aplicaciones de radares automóviles. Para mejorar esta linealidad se utilizan dispositivos externos al circuito integrado, tales como un bucle de servocontrol en la frecuencia del oscilador o bien una predistorsión de la señal Vt1 de control del VCO. Estas soluciones existentes para mejorar la linealidad del oscilador comprenden los defectos:

- 45
- un coste del sistema de compensación suplementario,
 - un nivel de integración de la parte de generación de frecuencia,
 - una complejidad mayor de la arquitectura del radar,
 - una pureza espectral deficiente del radar con respecto a las regulaciones de las emisiones de radiación,
 - una banda pasante de modulación de la fuente limitada por los dispositivos alternativos de mejora de la
- 50 linealidad,

- una distorsión de la señal recibida por el radar debido a la discretización de los dispositivos alternativos de mejora de la linealidad.

El documento US2002/0089387 A1 describe un oscilador controlado por tensión para la modulación de frecuencia.

5 Con el fin de paliar los inconvenientes de los osciladores de microondas integrados de la técnica anterior, la invención propone un oscilador de microondas con tecnología de circuitos integrados, comprendiendo el oscilador una salida de microondas que proporciona una frecuencia F_{out} de oscilación función de una señal V_t de control,

10 caracterizado porque la frecuencia F_{out} de oscilación puede ser modulada alrededor de una frecuencia F_c central a través de dos entradas de control del oscilador, una primera entrada E_{c1} de control activada por una primera señal V_{t1} de control que fija la frecuencia F_c central del oscilador y una segunda entrada E_{c2} de control activada por una segunda señal V_{t2} de control que permite la modulación lineal de esta frecuencia F_c central, siendo la señal V_t de control del oscilador una función de las dos señales V_{t1} y V_{t2} de control, la señal V_t de control aplicada al varactor del oscilador resultante de la suma:

$$V_t = V_{t1} - k.V_{t2}$$

15 siendo k un parámetro arbitrario comprendido entre 0 y 1 seleccionado en función de la aplicación, siendo k una función de la segunda señal V_{t2} , expresada por $k(V_{t2})$, siendo la señal V_t de control por tanto:

$$V_t = V_{t1} - F(V_{t2})$$

con $F(V_{t2}) = k(V_{t2}).V_{t2}$

generando la función F , a partir de la segunda tensión V_{t2} de control, la tensión $F(V_{t2}) = k(V_{t2}).V_{t2}$

Un objetivo principal de la invención es mejorar la linealidad del oscilador controlado por tensión.

20 Otros objetivos son una simplificación de la realización del oscilador así como una bajada de los costes de fabricación.

25 La solución propuesta por la invención está basada en la adición de un sistema integrado analógico no lineal en el MMIC. Esta solución aumenta la linealidad de la variación de frecuencia en función de una tensión de control destinada a modular la emisión, y por tanto mejora la sensibilidad del radar. Un oscilador controlado por tensión es lineal cuando su frecuencia de salida es proporcional a su tensión de control. Además, el oscilador así realizado conserva otra tensión de control estándar que permite fijar la frecuencia central de funcionamiento.

La invención se comprenderá mejor con la ayuda de los ejemplos de realización de osciladores de microondas con tecnología de MMIC en referencia las figuras adjuntas en las cuales:

- la figura 1, ya descrita, representa el espectro de una señal recibida por un radar del estado de la técnica;
- 30 - la figura 2a, ya descrita, muestra un esquema simplificado de un oscilador controlado por tensión;
- la figura 2b, ya descrita, muestra un esquema equivalente del varactor del circuito de oscilación del VCO de la figura 2a;
- la figura 2c, ya descrita, ilustra la variación de la frecuencia del VCO en función de la tensión V_{t1} de control aplicada al varactor de la figura 2a;
- 35 - la figura 3a muestra una primera realización de un VCO según la invención;
- la figura 3b muestra un punto divisor de tensión para la obtención del parámetro k ;
- la figura 3c muestra la tensión V_t aplicada a los bornes de la capacidad del varactor del VCO de la figura 3a;
- la figura 3d muestra la variación de la frecuencia de oscilación del VCO en función de la tensión V_{t1} para una tensión V_{t2} constante;
- 40 - la figura 3e muestra la variación de frecuencia F_{out} de oscilación en la salida del VCO en función de la segunda tensión V_{t2} de control para una tensión V_{t1} constante;
- la figura 4a muestra otra realización del VCO según la invención;
- la figura 4b muestra la tensión V_t aplicada a los bornes de la capacidad del varactor del VCO de la figura 4a;
- 45 - la figura 4c muestra la variación de frecuencia del VCO de la figura 4a en función de la segunda tensión V_{t2} , tensión aplicada al varactor con V_{t1} constante;

- la figura 5a muestra la tensión $F(Vt2) = k(Vt2).Vt2$ obtenida a partir de la segunda tensión $Vt2$ de control en la salida de la función F ;
- la figura 5b muestra la tensión aplicada a uno de los bornes de la capacidad del varactor, es decir $k(Vt2).Vt2$ en función de la segunda tensión $Vt2$ de control;

5 - la figura 5c muestra una realización práctica de la función F y

- la figura 6 muestra el espectro de la señal recibida por un radar que comprende un VCO según la invención.

La figura 3a muestra una realización de un VCO que comprende, como en el VCO de la figura 2a, la salida Sf de oscilación de microondas de frecuencia F_{out} y una entrada $Ec1$ de control de la frecuencia del VCO y según una característica principal de la invención, una segunda entrada $Ec2$ para la aplicación al VCO de una segunda señal $Vt2$ de control.

10 El cambio de la frecuencia F_{out} del VCO es obtenido bajo el efecto de la variación de la tensión Vt de control aplicada al varactor (10) del VCO.

Según otra característica de esta invención, la señal Vt de control aplicada al varactor del VCO resulta de la suma:

$$Vt = Vt1 - k.Vt2$$

15 En esta primera realización k es un parámetro comprendido entre 0 y 1, seleccionado en función de la aplicación.

El valor de k puede, por ejemplo, ser obtenido por un simple punto divisor de tensión. La figura 3b muestra dicho punto divisor de tensión para la obtención del parámetro k que comprende dos resistencias $R1$ y $R2$ en serie, la tensión $k.Vt2$ es obtenida en el punto de conexión de las dos resistencias $R1$, $R2$ en serie.

20 La figura 3c muestra la tensión Vt aplicada a los bornes de la capacidad del varactor del VCO de la figura 3a, la tensión $Vt1$ en uno de los bornes y la tensión $k.Vt2$ en el otro borne de de la capacidad del varactor.

25 La figura 3d muestra la variación de la frecuencia F_{out} de oscilación del VCO en función de la tensión $Vt1$ para una tensión $Vt2$ constante. Se constata que esta variación es similar a la del VCO del estado de la técnica de la figura 2a. Por tanto esta configuración de dos tensiones $Vt1$ y $Vt2$ de control no perturba el funcionamiento descrito para el VCO del estado de la técnica de la figura 2a. Esto permite además conservar un gran intervalo de funcionamiento de frecuencia.

La figura 3e muestra una variación de la frecuencia F_{out} de oscilación en la salida del VCO en función de la segunda tensión $Vt2$ de control para la primera tensión $Vt1$ de control constante.

30 Se señala en la figura 3e que la característica dependiente está invertida, y cuanto menos esta el factor k delante de 1, más lineal es la variación de frecuencia en función de $Vt2$. Se realiza de dicho una variación de la frecuencia F_{out} más o menos importante según el valor de k alrededor de F_{out} ($Vt1=cte$) en función de $Vt2$. La pendiente de la curva de la línea 3e varía de hecho menos en lo que se refiera su valor medio cuanto más pequeño sea el intervalo de variación considerado.

Este dispositivo proporciona un gran intervalo de funcionamiento para el radar en función de $Vt1$, y un modo de funcionamiento en función de $Vt2$ más apropiado para la modulación de frecuencia del radar.

35 La figura 4a muestra una realización del VCO según la invención.

En esta realización del VCO, k es una función de la segunda tensión $Vt2$, referida como $k(Vt2)$, estando comprendido el valor de esta función entre 0 y 1. La tensión Vt de control resultante aplicada al varactor del VCO será expresada por:

$$Vt = Vt1 - k(Vt2).Vt2$$

40 expresada de otra forma:

$$Vt = Vt1 - F(Vt2)$$

con $F(Vt2) = k(Vt2).Vt2$

En esta otra realización la función F genera, a partir de la segunda tensión $Vt2$ de control, la tensión $F(Vt2) = k(Vt2).Vt2$.

La figura 4b muestra la tensión V_t aplicada a los bornes de la capacidad del varactor del VCO de la figura 4a, la tensión V_{t1} en uno de los bornes y la tensión $k(V_{t2}) \cdot V_{t2}$ en el otro borne de la capacidad del varactor.

La totalidad de la invención es utilizada en esta realización de la figura 4a con una adición de la segunda tensión V_{t2} de control a través de la función F . La función k depende en esta otra realización de la tensión V_{t2} .

- 5 La función F que proporciona la tensión $F(V_{t2}) = k(V_{t2}) \cdot V_{t2}$ al varactor es una función no lineal que permite compensar de manera analógica la variación de la pendiente de la frecuencia F_{out} en función de la segunda tensión V_{t2} con la primera tensión V_{t1} constante.

La figura 4c muestra la variación de frecuencia F_{out} del VCO de la figura 4a en función de la segunda tensión V_{t2} aplicada al varactor con una V_{t1} constante.

- 10 Se obtiene por tanto como se ilustra en la figura 4c una pendiente casi constante de F_{out} en función de V_{t2} y V_{t1} constante.

Este oscilador controlado por tensión, según la invención, proporciona siempre un gran intervalo de funcionamiento para el radar en función de V_{t1} , y un modo de funcionamiento en función de V_{t2} incluso más apropiado a la modulación de la frecuencia del radar, ya que tiene una linealidad aumentada de $F(V_{t2})$ a V_{t1} constante. Lo cual mejora directamente la sensibilidad del radar sin añadir una compensación externa al VCO.

- 15

La figura 5a muestra la tensión obtenida $F(V_{t2}) = k(V_{t2}) \cdot V_{t2}$ a partir de la segunda tensión V_{t2} de control en la salida de la función F y la figura 5b la curva de tensión aplicada uno de los bornes de la capacidad del varactor, es decir $k(V_{t2}) \cdot V_{t2}$ en función de la segunda tensión V_{t2} de control.

La función F es típicamente no lineal.

- 20 En una gama de tensión V_{t2} dada y finita, la tensión $F(V_{t2})$ puede ser descrita por la serie:

$$F(V_{t2}) = a_1 \cdot V_{t2} + a_2 \cdot V_{t2}^2 + a_3 \cdot V_{t2}^3 + \dots + a_i \cdot V_{t2}^i + \dots + a_n \cdot V_{t2}^n$$

con

$$\begin{aligned} n &\in \{1; +\infty\} \\ a_i &\in \{-\infty; +\infty\} \\ i &\in \{1; n\} \end{aligned}$$

siendo n e i números enteros positivos, a_i es un número real.

- 25 La figura 5c muestra una realización práctica de la función F a partir de elementos lineales como resistencias, y de elementos no lineales como diodos.

En este ejemplo, la función F es realizado por un cuadripolo que comprende:

- 30 - una entrada E_{f1} y una salida S_{f1} conectadas por una resistencia R_0 . La salida S_{f1} está conectada a un potencial de referencia, por ejemplo una masa M , por p redes (0, 1, 2, ..., p) en paralelo, cada una de las redes que comprende una resistencia $R_1, R_2, R_3, \dots, R_i, \dots, R_p$ en serie con un número j de diodos D , estando j comprendido entre 0 y q .

Por ejemplo, en esta realización, la red de rango $i=1$ comprende una resistencia R_1 en serie con un diodo D , la red de rango $i=2$ comprende una resistencia R_2 en serie con dos diodos D , la red de rango i comprende una resistencia R_i con i diodos y así sucesivamente.

- 35 Por supuesto, el número de diodos D en una red puede ser diferente del rango de la red. Por ejemplo la red de rango i puede comprender una resistencia R_i con j diodos D .

Por supuesto en teoría el número de red no está limitado y se puede expresar que:

$$p \in \{1; +\infty\}$$

$$q \in \{0; +\infty\}$$

$$R_i \in \{0; +\infty\}$$

$$i \in \{0; p\}$$

$$j \in \{0; q\}$$

siendo p, q, i, j números enteros positivos. R_i es un número real positivo.

Sin embargo la función puede también ser realizada a partir de cualquier elemento que tenga un comportamiento no lineal de su corriente en función de la tensión que les aplicada (por ejemplo transistores,...).

- 5 La figura 6 muestra el espectro de la señal recibida de banda de base (demodulada) por un radar que comprende un VCO según la invención a comparar al espectro de la señal de la figura 1 de un radar que no comprende tal VCO. La anchura de banda a -3dB de la potencia máxima de la señal recibida por el radar que comprende el VCO según la invención es de 10 kHz a comparar con la del radar del estado de la técnica que presenta una anchura mucho mayor del orden de 80 kHz.

REIVINDICACIONES

5 1. Oscilador de microondas con tecnología de circuitos integrados, comprendiendo el oscilador una salida (Sf) de microondas que proporciona una frecuencia F_{out} de oscilación función de una señal V_t de control, siendo obtenido el cambio de la frecuencia F_{out} del oscilador bajo el efecto de la variación de la tensión V_t de control aplicada a un varactor (10) del oscilador (VCO),

10 **caracterizado porque** la frecuencia F_{out} de oscilación puede ser modulada alrededor de una frecuencia F_c central a través de dos entradas de control del oscilador, comprendiendo el oscilador una primera entrada E_{c1} de control activada por una primera señal V_{t1} de control que fija la frecuencia F_c central del oscilador y una segunda entrada E_{c2} de control activada por una segunda señal V_{t2} de control que permite la modulación lineal de esta frecuencia F_c central, siendo la señal V_t de control del oscilador una función de las dos señales V_{t1} y V_{t2} de control, siendo la señal V_t de control aplicada al varactor del oscilador resultante de la suma:

$$V_t = V_{t1} - k.V_{t2}$$

siendo k un parámetro comprendido entre 0 y 1 seleccionado en función de la aplicación,

siendo k una función de la segunda señal V_{t2} , expresada por $k(V_{t2})$, siendo la señal V_t de control por tanto:

15
$$V_t = V_{t1} - F(V_{t2})$$

con $F(V_{t2}) = k(V_{t2}).V_{t2}$

generando la función F , a partir de la segunda tensión V_{t2} de control, la tensión $F(V_{t2}) = k(V_{t2}).V_{t2}$

2. Oscilador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la función F es realizada a partir de elementos lineales como resistencias ($R_0, R_1, R_2, \dots, R_p$), y elementos no lineales como diodos (D) o transistores.

20 3. Oscilador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en una gama de tensiones V_{t2} de control dada y finita, la tensión $F(V_{t2})$ puede ser descrita por la serie:

$$F(V_{t2}) = a_1.V_{t2} + a_2.V_{t2}^2 + a_3.V_{t2}^3 + \dots + a_i.V_{t2}^i + \dots + a_n.V_{t2}^n$$

con

$$\begin{aligned} n &\in \{1; +\infty\} \\ a_i &\in \{-\infty; +\infty\} \\ i &\in \{1; n\} \end{aligned}$$

25 siendo n e i números enteros positivos, a_i es un número real.

4. Oscilador según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la función F es realizada por un cuadripolo que comprende:

30 - una entrada E_{f1} y una salida S_{f1} conectadas por una resistencia R_0 , estando la salida S_{f1} conectada a un potencial de referencia, por ejemplo una masa M , por p redes (0, 1, 2, ..., i, \dots, p) en paralelo, comprendiendo cada una de las redes una resistencia $R_1, R_2, R_3, \dots, R_i, \dots, R_p$ en serie con un número j de diodos D , estando j comprendido entre 0 y q , con

$$p \in \{1; +\infty\}$$

$$q \in \{0; +\infty\}$$

$$R_i \in \{0; +\infty\}$$

$$i \in \{0; p\}$$

$$j \in \{0; q\}$$

siendo p, q, i, j números enteros positivos. R_i es un número real positivo.

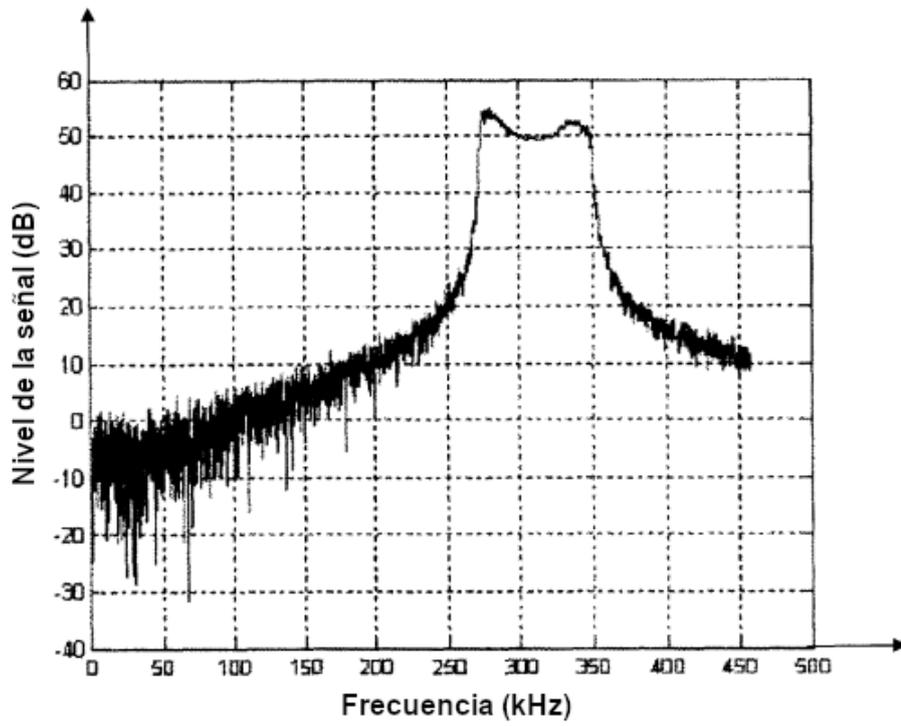


FIG.1

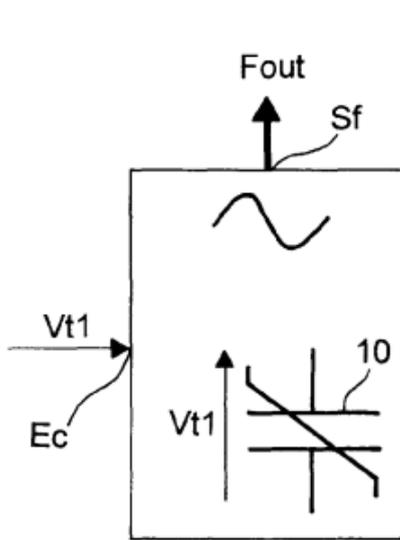


FIG.2a

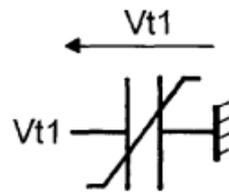


FIG.2b

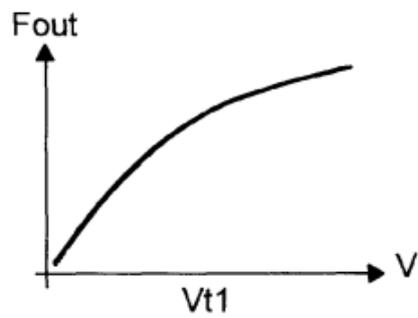


FIG.2c

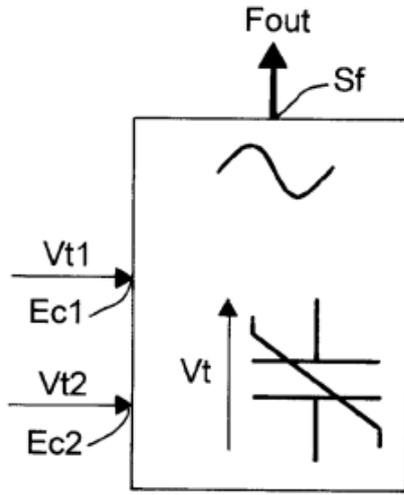


FIG. 3a

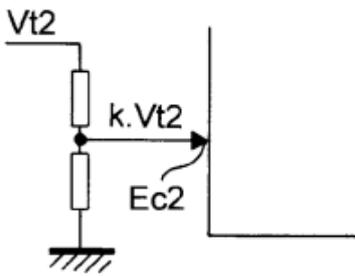


FIG. 3b

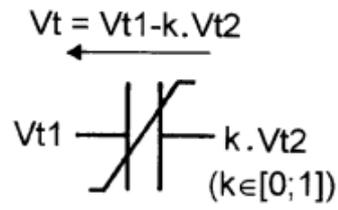


FIG. 3c

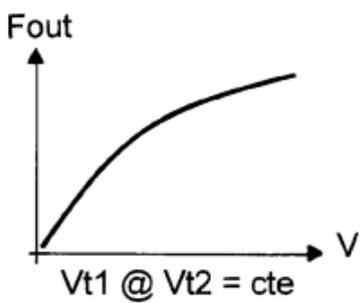


FIG. 3d

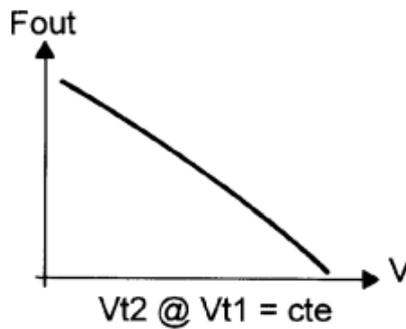


FIG. 3e

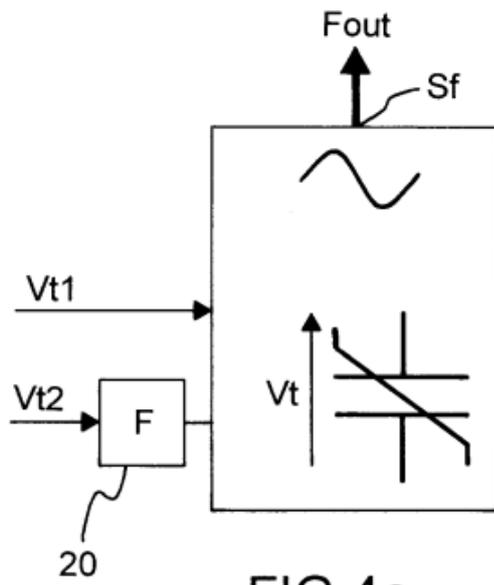


FIG.4a

$$V_t = V_{t1} - k(V_{t2}) \cdot V_{t2}$$

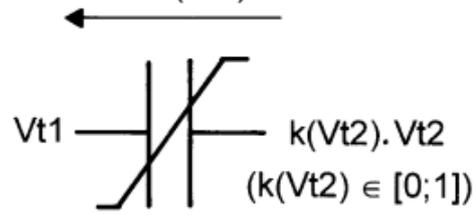


FIG.4b

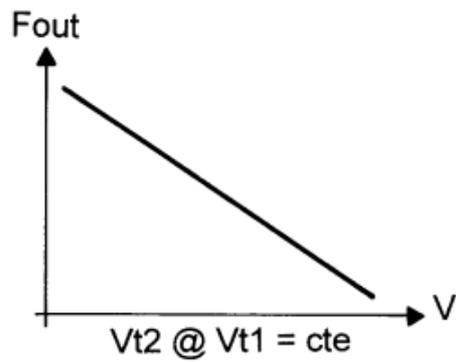


FIG.4c

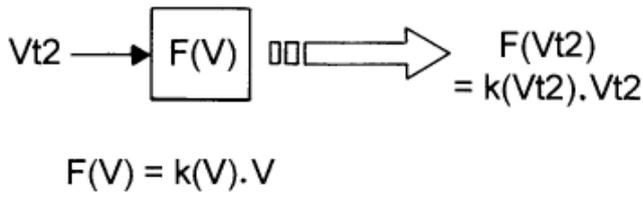


FIG.5a

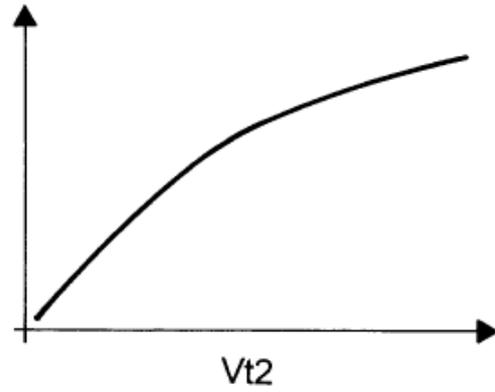


FIG.5b

$F(V) = a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2 + \dots + a_n \cdot V^n$

$(n \in [1; +\infty[)$
 $(a_i \in]-\infty; +\infty[)$
 $(i \in [1; n])$



$(p \in [0; +\infty[)$
 $(q \in [0; +\infty[)$
 $(R_i \in [0; +\infty[)$
 $(i \in [0; p])$

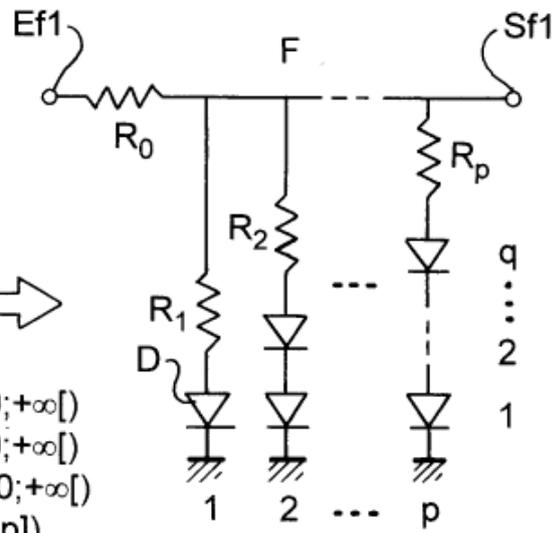


FIG.5c

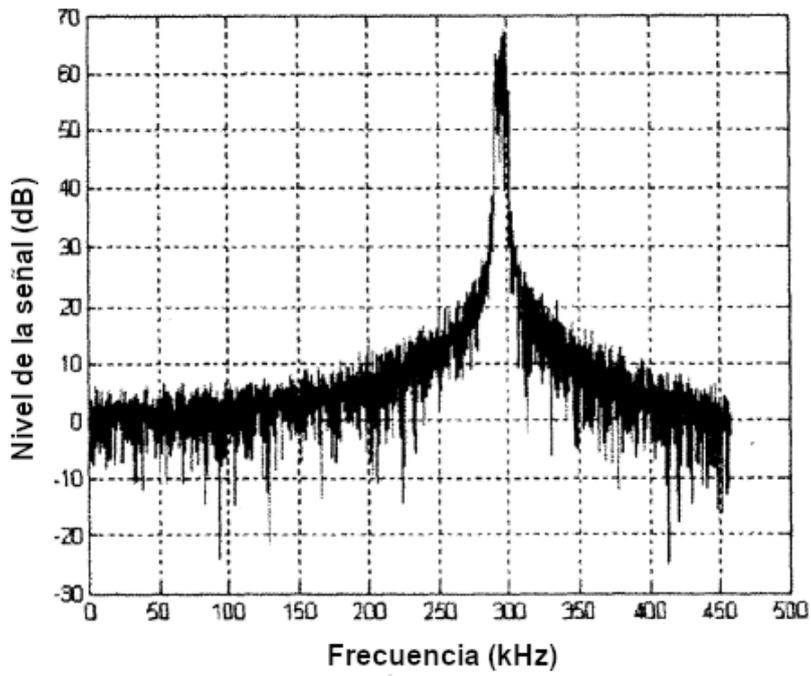


FIG.6