



259754

P.- 19.857

RCA 47687

259754

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 19 de Julio de 1.960, con el núm. 259.754

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de RADIO CORPORATION OF AMERICA, entidad norteamericana, establecida en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América, por:

"UN CIRCUITO CONVERTIDOR DE FRECUENCIA"

La presente invención se refiere a sistemas cambiadores de frecuencia de señales ondulatorias, y más particularmente a sistemas conversores de frecuencia del tipo en que se emplean diodos no lineales.

5 Los sistemas receptores de señales del tipo superhete-
rodino necesitan algún medio de convertir una onda portadora mo-
dulado de señal recibida, en una onda correspondiente de frecuen-
cia intermedia. Se han propuesto ya, para desempeñar esta función,
circuitos conversores de frecuencia que incluyen un diodo que po-
10 see una característica no lineal de tensión-corriente. En tales
circuitos, la onda portadora modulada de señal recibida y una see



25975A
ñal de oscilación procedente de un generador local de oscila-
ciones independiente, se aplican al diodo para derivar una se-
ñal de frecuencia intermedia que se genera debido a la intera-
cción de las señales de onda portadora recibida y de oscilador
5 local en la resistencia no lineal del diodo. Tales circuitos no
proporcionan de ordinario una ganancia de conversión igual o
mayor que la unidad, porque la resistencia del diodo disipa una
parte de la energía de señal aplicada al mismo. Esta disipación
produce el indeseable resultado de reducir la relación de señal
10 a perturbación (señal-ruido) de un receptor en el cual se uti-
lice un conversor de frecuencia por diodo, a menos que la señal
sea adecuadamente amplificada antes de ser aplicada a éste.

Un circuito conversor de frecuencia realizado conforme
a la invención incluye un diodo de resistencia negativa, tal co-
15 mo un diodo de túnel, polarizado de modo que presente una resis-
tencia negativa no lineal a las señales aplicadas al mismo. Las
ondas portadoras moduladas recibidas, y las señales de oscila-
ción localmente engendradas, se aplican al diodo; y la intera-
cción no lineal de las corrientes producidas por estas señales
20 da lugar a que se produzcan varias frecuencias de banda lateral.
La energía de señal a una cualquiera de estas frecuencias de
banda lateral que se desee, se escoge acoplando al dispositivo
de resistencia negativa un circuito sintonizado apropiado. La
resistencia negativa que presenta el diodo hace que a los diver-
25 sos circuitos conectados con el mismo se les suministre energía
y, por tanto, puede lograrse una ganancia de energía de conver-
sión mayor que la unidad.

En los adjuntos dibujos:

- la figura 1 es una vista en sección de un diodo que
30 puede utilizarse en conversores de frecuencia realizados confor-



259754

me a la invención;

- la figura 2 es un gráfico ilustrativo de la característica de corriente-tensión de un diodo de resistencia negativa de un tipo como el indicado en la fig. 1;

5 - la figura 3 es un esquema de circuitos de un conversor de frecuencia realizado conforme a la invención;

- la figura 4 es un esquema de circuitos de un conversor auto-oscilante de frecuencia, realizado conforme a la invención;

10 - la figura 5 es un esquema de circuitos que ilustra otro circuito conversor autooscilante de frecuencia realizado conforme a la invención;

- la figura 6 es un esquema de circuitos ilustrativo de otra variante todavía de circuito autooscilante conversor de frecuencia realizado conforme a la invención;

15 - la figura 7 es un esquema de circuitos de un conversor de frecuencia del tipo de resonador de cavidad, para altas frecuencias, realizado conforme a la invención;

20 - la figura 8 es un esquema de circuitos de un convertidor de frecuencia del tipo de línea coaxil de transmisión, para altas frecuencias, construido conforme a la invención; y

- la figura 9 es un esquema de circuitos de un convertidor de frecuencia del tipo de línea de transmisión resonante, realizado conforme a la invención.

25 A continuación se hace referencia a la fig. 1, que es una vista esquemática en sección de un diodo típico de resistencia negativa que puede utilizarse en la disposición del presente invento.

30 Un diodo que fué construido y podría utilizarse en la práctica de la invención incluye una barra monocristalina de germanio tipo N activado con arsénico hasta tener una concen-



259754

tración de donadores de $4,0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, por métodos ya co-
nocidos en la técnica de los semiconductores. Esto puede lo-
grarse, por ejemplo, obteniendo un cristal procedente de ger-
manio fundido con la necesaria concentración de arsénico. De
5 la barra se corta una galleta 10, según el plano III, ésto es,
un plano perpendicular al eje cristalográfico III del cristal.
La galleta 10 se reduce por tratamiento ácido a un espesor de
aproximadamente 0,05 mm, con una solución de ataque usual. De
esta galleta 10 se suelda una de sus superficies mayores a
10 una tira 12 de un conductor tal como níquel, con soldadura blan-
da usual del tipo de plomo-estaño-arsénico, para obtener un con-
tacto no rectificador entre la galleta 10 y la tira 12. La ti-
ra de níquel 12 sirve eventualmente como conductor o toma de
base. Sobre la superficie libre 16 de la galleta 10 de germa-
15 nio se coloca, con una pequeña cantidad de fundente comercial,
un "lunar" o punto 12 de 0,13 mm de diámetro, de 99% en peso
de indio, 0,5% en peso de cinc y 0,5% en peso de galio, calen-
tando luego a una temperatura próxima a los 450° C. durante
un minuto en atmósfera de hidrógeno seco, para alear una par-
20 te del punto a la superficie libre 16 de la galleta 10, y a
continuación se enfría rápidamente. En la etapa de aleación,
el dispositivo unitario se caldea y enfría lo más rápidamente
posible para producir una brusca unión P-N. Al dispositivo se
le da luego un baño de ataque final durante 5 segundos en una
25 solución corrosiva lenta de yoduro, seguido de un lavado y
aclarado en agua destilada. Una solución corrosiva lenta de
yoduro apropiada se prepara mezclando una gota de una solu-
ción que comprende 0,55 gramos de yoduro potásico y 100 cm³
de ácido acético concentrado, y 100 cm³ de ácido fluorhídrico
30 concentrado. Al punto se le puede soldar un "rabo" o conexión

259754



flexible cuando el dispositivo se haya de utilizar a frecuencias ordinarias. Cuando el dispositivo vaya a emplearse en altas frecuencias, puede hacerse contacto con el punto por medio de un conductor de baja impedancia.

- 5 Un dispositivo semiconductor, preparado con arreglo al ejemplo expuesto, presenta las características siguientes:

$$\bar{R} = 1 \text{ ohmio } (\Omega)$$

$$C = 500 \text{ picofaradios (pF)}$$

$$\bar{RC} = 0,5 \text{ milimicrosegundos (m/us),}$$

- 10 siendo \bar{R} el valor medio de la resistencia negativa desde el máximo al mínimo de corriente; C , la capacidad de la unión en el punto de trabajo del diodo; y \bar{RC} la constante de tiempo aproximada que determina la característica de frecuencia del diodo.

- 15 En lugar del germanio pueden utilizarse otros semiconductores, y en particular el silicio y los compuestos III-V. Un compuesto III-V es un compuesto de un elemento procedente del Grupo III y otro del Grupo V de la Tabla periódica de elementos químicos, como el arseniuro de galio, el arseniuro de indio y el antimoniuro de indio. Cuando se utilicen compuestos
- 20 III-V, las impurezas de tipos P y N utilizadas de ordinario en dichos compuestos se emplean también para formar el diodo descrito. Así, el azufre es una adecuada impureza de tipo N, y el cinc una impureza apropiada del tipo P, siendo ambas asimismo adecuadas para la aleación.

- 25 La característica de corriente-tensión de un diodo apropiado para su empleo con circuitos realizados conforme a la invención se ilustra en la fig. 2. Las escalas de intensidad de corriente dependen del área y de la activación de la unión, pero las intensidades representativas se encuentran en
- 30 el margen de los miliamperios.



25 115 4

Para una pequeña tensión en sentido inverso, la corriente inversa del diodo aumenta en función de la tensión, como es puesto de relieve por la región b de la fig. 2.

5 Para pequeñas tensiones de polarización directa, la característica es simétrica (fig. 2, región c). Conforme a la presente teoría, la corriente directa proviene de una horadación (formación de túnel) mecánica cuántica. A mayores tensiones de polarización directa, la corriente directa (que se cree debida a horadación mecánica cuántica) alcanza un máximo (región d, fig. 2) y empieza luego a decrecer. Esta caída continúa (fig. 2, región e) hasta que eventualmente adquiere importancia la inyección normal sobre la barrera y la característica vuelve a adquirir su sentido directo usual (región f, fig. 2).

15 La resistencia negativa del diodo es el cambio incremental de tensión dividido por el cambio incremental de corriente (o pendiente recíproca) de la región e de la fig. 2. El diodo puede ser polarizado para un funcionamiento estable en la región de resistencia negativa mediante el uso de un manantial de tensión que tenga una impedancia interna más pequeña que la resistencia negativa del diodo. Como se indica en la fig. 3, el manantial 18 de tensión puede comprender una batería 22 y una resistencia variable 24, siendo la resistencia interna del manantial la suma de la resistencia interna de la batería 22 y del valor óhmico ajustado en la resistencia variable 24. Tal manantial de tensión tiene una línea de carga 25 en corriente continua como se indica en la fig. 2, línea que se caracteriza por una relación de corriente-tensión de pendiente mayor que la pendiente negativa de la característica del diodo, y que corta a la característica del diodo en un solo punto. Si el manantial de tensión 18
25
30 tuviera una resistencia interna mayor que la resistencia negati-



24 34

va del diodo, el manantial tendría una línea de carga 26 de pendiente menor que la pendiente negativa de la característica del diodo como se indica en la fig. 2, y cortaría a la curva característica del diodo en tres puntos. En estas últimas condiciones, el diodo no queda polarizado de modo estable en la región de resistencia negativa. Esta falta de estabilidad surge debido a que un cambio incremental de corriente a través del diodo, debido a corrientes transitorias o de perturbación (ruido) o similares, produce una reacción regenerativa que hace que el diodo adopte uno de sus dos estados estables representados por la intersección de la línea de carga 26 con las partes de resistencia positiva de la curva característica del diodo.

En el circuito conversor de la fig. 3, hay un diodo de resistencia negativa 20, que puede ser del tipo descrito, conectado en paralelo con tres circuitos sintonizados 26, 28 y 30. El circuito 26 que está acoplado al diodo 20 por medio de un par de condensadores 38 y 40 de bloqueo de la corriente continua, incluye una bobina de inductancia 32 y un condensador 34 sintonizados a la frecuencia de una onda portadora, de radiofrecuencia (r.f.) modulada, de señal entrante, aplicada entre un par de terminales de entrada 36 y 37. La impedancia de los condensadores 38 y 40 se hace lo bastante alta para impedir una carga excesiva de los circuitos sintonizados 28 y 30. El terminal de entrada 36 va conectado a una toma de la bobina de inductancia 32 para adaptar la impedancia del manantial de onda de r.f. portadora a la resistencia del diodo.

El circuito sintonizado 28 incluye una inductancia 42 que resuena con la capacidad del diodo 20 a la frecuencia de una señal de oscilador local aplicada al diodo desde un genera-



25354

5 dor externo 44 de oscilaciones. La interacción de la señal del oscilador y la onda de r.f. portadora, modulada por la señal, en la resistencia negativa no lineal del diodo 20, da lugar a la producción de varias señales de banda lateral poseedoras de frecuencias de las señales originarias, de la suma y diferencia de estas señales, y de otras frecuencias producidas por armónicos de las señales originarias y por interacciones entre ellos.

10 El circuito 30 que incluye un condensador 46 y una inductancia 48, resuena a la frecuencia de la banda lateral deseada o señal de frecuencia intermedia (f.i.), y es acoplado al diodo 20 por medio de un par de condensadores de bloqueo 50 y 52. Para adaptar la pequeña resistencia negativa del diodo 20 a las impedancias de los circuitos 26 y 30, se conecta el diodo 15 a unas tomas de estos circuitos. En el circuito indicado, la frecuencia de la señal de f.i. deseada es igual a la diferencia entre las frecuencias de la onda portadora modulada por señal y las señales del oscilador, y aparece en un par de terminales de salida 56 y 57. Para obtener estabilidad, la conductancia 20 positiva efectiva de cada uno de los circuitos 26, 28 y 30 sobrepasa, en valor absoluto, a la conductancia negativa del diodo 20.

25 El manantial de tensión 18 de corriente continua (c.c.) va conectado al ánodo del diodo 20 por medio de la inductancia 42, y directamente al cátodo del diodo en el sentido de dar una polarización directa al diodo 20. El condensador 40 se conecta en paralelo con el manantial 18 de tensión para completar el circuito oscilador y amortiguar las oscilaciones parásitas que pueden tener a producirse en el circuito de polarización 30 de c.c. La resistencia total del elemento resistivo 24, la ba-



25054

tería 22 y la bobina de inductancia 42 es menor que la resistencia negativa del diodo 20, de modo que el diodo puede estar polarizado de manera estable en su región de resistencia negativa. Para obtener el máximo grado de no linealidad para la generación de señales heterodinas, el valor óhmico de la resistencia 24 puede ajustarse de modo que polarice el diodo a un punto de la pendiente negativa próximo al mínimo de corriente o, como alternativa, próximo al máximo de corriente. Si así conviene, el diodo puede ser polarizado en una región de resistencia positiva de su característica, tal que las señales aplicadas trasladen el punto de trabajo a una región de resistencia negativa al menos en una parte de su ciclo de trabajo.

Como el diodo 20 presenta una resistencia negativa, tiende a suministrar energía a cada uno de los tres circuitos 26, 28 y 30. Esto permite al circuito conversor de frecuencia de la invención proporcionar una ganancia de energía de conversión mayor que la obtenible con otros conversores de frecuencia, de este tipo general, ya conocidos. Parece que el refuerzo de ganancia de conversión obtenido con circuitos realizados conforme al invento puede explicarse mediante la siguiente consideración simplificada. Las señales de r.f. y de oscilador, procedentes de los circuitos 26 y 28 respectivamente, actúan mutuamente en la resistencia no lineal del diodo 20 produciendo una señal de frecuencia intermedia. Así, los circuitos 26 y 28 pueden ser considerados como equivalentes a un manantial de señal de frecuencia intermedia conectado a los terminales del diodo 20 y también a los terminales del circuito sintonizado 30. Una tensión de f.i. desarrollada por este manantial tiende a producir una corriente en un sentido a través



253754

del circuito 30. Puede suponerse que el manantial está adaptado al circuito 30 a la f.i., de modo que se produce un máximo de transmisión directa de energía.

5 La tensión de f.i. se aplica asimismo al diodo de resistencia negativa 20, y produce un cambio en la intensidad de la corriente que lo atraviesa, cuyo sentido instantáneo es opuesto al sentido del cambio de intensidad de la corriente que atraviesa el circuito 30. El camino de circulación de la corriente del diodo incluye el circuito 30, y la corriente del
10 diodo circula en el sentido de ayudar a la corriente directamente producida en el circuito 30 por la aplicación de la tensión de f.i. Así, a través del circuito 30 fluye una corriente de f.i. mayor que la que puede ser producida por el manantial de f.i. efectivo por sí solo, de modo que es posible lograr
15 una ganancia de energía de conversión. Un conversor del tipo descrito, que presentaba excelentes características de trabajo, fué proyectado para funcionamiento con un manantial de señal de r.f. de 70 Mc/s, utilizándose un generador de oscilaciones a 40 Mc/s para derivar una señal de f.i. de 30 Mc/s.

20 La fig. 4 es un esquema de principio de un circuito conversor por diodo de resistencia negativa autooscilante. En este circuito no hace falta generador externo alguno de oscilaciones. En paralelo con un diodo 20' de resistencia negativa van conectados tres circuitos resonantes en paralelo 26', 28' y
25 30', sintonizados a frecuencias correspondientes respectivamente a las señales de r.f., oscilador y f.i. Las ondas portadoras de r.f. modulada de señal, procedentes de un manantial no indicado, se aplican a un par de terminales de entrada 36' derivados del circuito 26'. Las señales desarrolladas en bornes del
30 circuito 26' se acoplan al diodo de resistencia negativa 20' por



250754

medio de los condensadores 38' y 40' de bloqueo de la c.c.

El circuito oscilador 28' incluye una inductancia 42' que resuena con la capacidad propia del diodo 20' a la frecuencia de oscilación deseada, y el circuito de f.i. 30' va acoplado al diodo por medio de los condensadores de bloqueo 50' y 52'.

El diodo está polarizado de manera estable mediante un manantial adecuado 18' de tensión, que incluye una resistencia variable 24' y una batería 22', presentando una resistencia negativa no lineal a las tensiones de señal aplicadas. Los valores del circuito se escogen de modo que la conductancia negativa del diodo 20' es menor que la conductancia positiva de uno u otro de los circuitos de entrada de r.f. 26' o de salida de f.i. 30', de modo que el convertor es estable a la entrada de r.f. y a las frecuencias intermedias. Ahora bien, la conductancia positiva de los elementos resonantes del circuito oscilador 28' es menor que la conductancia negativa presentada por el diodo 20', de modo que el circuito oscila a la frecuencia sintonizada del circuito oscilador 28'.

La onda portadora de r.f. modulada, aplicada como señal, y la señal de oscilación local engendrada, que se aplican al diodo 20', actúan una sobre otra en la resistencia no lineal del diodo dando una señal de f.i. que puede desarrollarse en bornes del circuito de f.i. 30' y aparece en los terminales de salida 56'. Como antes se ha expuesto, la resistencia negativa del diodo suministra energía al circuito de f.i., permitiendo con ello que el circuito presente un excelente factor de ganancia de energía de conversión.

La fig. 5 es un esquema de un circuito autooscilante convertor de frecuencia que proporciona mayor independencia o



259754

separación entre los terminales de entrada y de salida. Una
onda de señal portadora, de r.f. modulada, procedente de un
manantial que no se indica, es aplicada entre dos terminales
de entrada 60 y 61, estando el terminal 61 conectado con un
5 punto de potencial de referencia, o con masa. Entre el ter-
minal de entrada 60 y un terminal de un diodo 66 de resis-
tencia negativa se conecta un circuito serie que incluye una
bobina de inductancia 62 y un condensador 64, resonantes a la
frecuencia de la señal de entrada (r.f.). El conversor de
10 frecuencia incluye asimismo un par de terminales de salida
de f.i. 68 y 69, con el terminal 69 puesto a masa. Entre el
terminal 68 y el diodo de resistencia negativa 66 van conec-
tados una bobina de inductancia 70 y un condensador 72, re-
sonantes a la f.i. La capacidad propia del diodo 66 está
15 sintonizada por una bobina de inductancia 74 conectada en pa-
ralelo con el diodo formando un circuito resonante en para-
lelo a la frecuencia deseada del oscilador local.

El diodo está polarizado de modo que presenta una ca-
racterística de resistencia negativa, no lineal y estable,
20 por medio de un manantial de tensión adecuado que incluye una
batería 76, una resistencia variable 78 en serie con la bate-
ría, y una resistencia 80 divisora de tensión, conectada en-
tre la bobina de inductancia 74 y el cátodo del diodo 66.
La resistencia positiva del elemento resistivo 80 es menor
25 que la resistencia negativa del diodo 66; por tanto, el cir-
cuito de polarización de corriente continua ve una resisten-
cia resultante positiva de modo que no se producirán osci-
laciones parásitas. La resistencia 80 está desacoplada, pa-
ra las frecuencias de señal, por un condensador 82, y está
30 por tanto en puntos equipotenciales a la corriente alterna



25

(a.c.). Así, la resistencia tiene poco o ningún efecto en el funcionamiento del circuito de c.a., y el diodo aparece como una resistencia negativa para los circuitos de c.a.

La resistencia positiva efectiva total del circuito de r.f. 62-64, y del circuito de f.i. 70-72 (cada uno de los cuales está en serie con el diodo 66) es mayor que la resistencia negativa del diodo, de modo que el conversor es estable a estas frecuencias. En cambio, la resistencia efectiva del circuito sintonizado 74, 66 del oscilador, que está en paralelo con el diodo 66, es mayor que la resistencia negativa del diodo, de modo que el circuito oscilará a la frecuencia del oscilador. Esta disposición proporciona la señal local deseada para la heterodínación con la portadora de r.f., aplicada, en la resistencia no lineal del diodo 66, para producir la señal de f.i. resultante. El circuito de entrada 62-64 de r.f. es resonante en serie a la frecuencia de la onda portadora modulada de señal, y presenta por tanto una impedancia mínima a estas frecuencias. En cambio este circuito presenta una relativamente alta impedancia a la frecuencia del oscilador y a la intermedia. De manera semejante, el circuito de salida de f.i., resonante en serie, 70-72, presenta a la f.i. un mínimo de impedancia, pero presenta una impedancia relativamente más elevada a las frecuencias de oscilador y de señal de r.f. Esta configuración de circuitos tiende a impedir que las señales de f.i. y del oscilador lleguen a los terminales de entrada 60 y 61, y asimismo tiende a impedir que las señales de r.f. y del oscilador lleguen a los terminales de salida 68 y 69.

Como antes se ha señalado, la resistencia negativa del diodo 66 refuerza la característica de ganancia de conver-



25 34
sión del convertor de frecuencia, por encima de otros tipos de convertidores ya conocidos, ya que el diodo parece suministrar energía a cada uno de los tres circuitos sintonizados conectados con el mismo.

5 Otro convertor de frecuencia de tipo autooscilante, conforme a la invención, es el que se representa en la fig. 6. Un circuito de entrada 90 sintonizado a la frecuencia de las ondas portadoras de señal, de r.f. modulada, y un circuito de salida 92 sintonizado a la f.i., van conectados en serie con
10 un diodo de resistencia negativa 94. Con el diodo 94 va conectada en paralelo una bobina de inductancia 96 que resuena con la capacidad del diodo a la frecuencia de oscilación deseada. Las constantes de los circuitos de r.f. y de f.i. se escogen de modo que cargan suficientemente el diodo 94 para que
15 el circuito convertor sea estable a las frecuencias de sintonía de estos circuitos. El circuito sintonizado que incluye la bobina de inductancia 26 está proyectado de mayor factor Q que el Q efectivo del diodo, que puede expresarse mediante la fórmula

20
$$Q = 1/\omega RC,$$

en la cual ω es 2π veces la frecuencia, R es la resistencia negativa del diodo, y C es la capacidad en bornes del diodo. En estas circunstancias, la carga positiva de utilización del circuito sintonizado no equilibra la resistencia negativa del
25 diodo, y el circuito oscilará a la frecuencia de resonancia del circuito.

El diodo 94 está polarizado por medio de un circuito adecuado de c.c. de polarización que incluye una batería 98 y una resistencia variable 100, para presentar una resistencia
30 negativa no lineal. La tensión de polarización se aplica al



259.5A

al diodo desde terminales opuestos de un condensador 106 de
bloqueo de la c.c. Las ondas portadoras de señal, de r.f. mo-
dulado, que se acoplan al circuito de entrada 90 desde un cir-
cuito resonante en paralelo 102, producen acción mútua con las
5 oscilaciones del generador local en la resistencia negativa no
lineal del diodo 94, obteniéndose unas señales resultantes de
banda lateral o de f.i. Las señales a la f.i. deseada se des-
arrollan en bornes del circuito 92 de salida de f.i., y se ac-
oplan a un circuito de utilización que incluye el arrollamiento
10 104.

Cada uno de los conversores de frecuencia autoosci-
lantes por diodo tiene la ventaja de no necesitar un generador
de oscilaciones por separado, con lo cual proporciona además
la ventaja de un circuito único que precisa menos partes com-
15 ponentes. Además, el diodo proporciona no sólo una resistencia
no lineal que da lugar a la producción de las bandas laterales
deseadas, sino que presenta también una resistencia negativa
que permite obtener una ganancia de conversión reforzada. Si
así conviene, los conversores de frecuencia autooscilantes,
20 realizados conforme a la invención, pueden hacerse sintoniza-
bles variando simultáneamente las frecuencias de sintonía de
los circuitos de r.f. y oscilador. Por ejemplo, esta variación
simultánea puede lograrse en un sintonizador de torreta comu-
tando las partes de bobina de autoinducción de estos circuitos.
25 Además, como la característica del diodo es no lineal, la sa-
lida del oscilador es rica en armónicos. Por tanto, la frecuen-
cia fundamental de oscilación puede fijarse como subarmónica
de la frecuencia de señal de batido de oscilador deseada. Como
la amplitud de armónicos es inferior en tanto como un orden de
30 magnitud, los problemas anejos a la reducción de radiación del



259754

oscilador se reducen materialmente.

Otra forma de realización del convertor de frecuencia de la invención, adecuado para su uso en las gamas de frecuencias de hasta unos 5000 Mc/s, es el que se ilustra en la fig. 7.

5 De material conductor se construye un resonador de cavidad 110 cilíndrico, que resuena a una deseada alta frecuencia de trabajo en el margen de los kilomegaciclos. Las dimensiones del resonador 110 pueden ser del orden de los centímetros. Un órgano coaxial 112, hecho de material conductor, se conecta conductivamente por uno de sus extremos a una pared 110a del resonador, de manera adecuada. El órgano sobresale por el interior del resonador de cavidad 110. Un diodo 114 de unión P-N, de conductancia negativa, que puede ser semejante al diodo descrito en relación con la fig. 1, se conecta por un lado de la
10 unión del diodo al órgano 112.
15

El diodo 114 se extiende a través de una abertura que hay en el eje del resonador 110 proporcionando un hueco o intervalo 116, correspondiendo la capacidad que a través de él se desarrolla al condensador 40 supresor de oscilaciones parásitas de la fig. 3. El hueco puede estar lleno de un material dieléctrico adecuado, tal como Teflon. El otro lado de la unión del diodo va acoplado a un punto de potencial de referencia, por un camino que incluye un choque de r.f. 118, una resistencia 120 y una batería u otro manantial de tensión unidireccional 122. El resonador 110 va asimismo acoplado a un punto de potencial de referencia, merced a unos medios adecuados.
20
25

Las ondas portadoras de señal, de radiofrecuencia modulada, se aplican al resonador 110 mediante un cable coaxial 124. El cable 124 incluye un conductor interno que penetra en la cavidad terminando en un bucle que se conecta conductivamente
30



25 3454

con la pared interna del resonador 110 para acoplar el circuito de entrada al campo existente en el interior de la cavidad. Al resonador 110 se le aplica asimismo una señal de oscilador local, por medio de un cable coaxial 126, que incluye un conductor central, el cual termina en un bucle conductivamente conectado a la pared interna de la cavidad 110 del resonador. La cavidad está diseñada de modo que tenga un paso de banda lo bastante amplio para incluir ambas ondas de señal de r.f. y de oscilador. A manera de ejemplo, la frecuencia del oscilador puede ser de 2030 Mc/s, y la frecuencia de señal de 2000 Mc/s.

La interacción no lineal de la onda portadora de señal de r.f. modulada y de la señal de oscilador local en el diodo 114 produce unas señales de banda lateral que fluyen en un circuito que incluye la inductancia 118, la batería 122, la resistencia variable 120 y el conductor formado por la cavidad 110. La inductancia 118 se sintoniza, mediante las capacidades propias y distribuidas que incluyen la capacidad del diodo 114, a la f.i. que puede, si así conviene, ser la frecuencia diferencia entre las de las ondas de r.f. y de oscilador, ésto es, 30 Mc/s. La señal de salida puede derivarse de un par de terminales 128 conectados a una bobina 130 que se acopla a la inductancia 118.

Otra forma de realización del invento es la representada en la fig. 8. El circuito de la fig. 8 incluye una línea coaxial que comprende unos conductores interno y externo conductivos 140 y 142, respectivamente. Un extremo de la línea coaxial 143 va conectado a un manantial de señal de r.f., no representado. Ese lado de la línea incluye un primer par de secciones de sintonizador o muñones 144 y 146 respectivamente,



259754

que incluyen unas correderas ajustables 148 y 150, respec-
tivamente, para ajustar la longitud eléctrica de los mismos.
Los muñones de sintonía del primer par están distanciados a
un cuarto de la longitud de onda a la radio frecuencia, y
5 las correderas 148 y 150 se ajustan de modo que la línea
esté sintonizada a resonancia a la frecuencia de la onda de
r.f. modulada de señal. El otro extremo de la línea 151 va
conectado con un generador local de oscilaciones no indicado.
Este extremo de la línea incluye un segundo par de muñones de
10 sintonía 152 y 154 respectivamente, sintonizados mediante un
par de correderas ajustables 156 y 158. Los dos muñones 156
y 158 del segundo par están separados a un cuarto de longitud
de onda a la frecuencia del oscilador, y se ajustan para sin-
tonizar este extremo de la línea a la frecuencia del osci-
15 lador. La disposición ilustrada y descrita proporciona así-
mismo una óptima adaptación de impedancias entre los manan-
tiales de señal de r.f. y oscilador y un diodo 160 de resis-
tencia negativa no lineal, que se conecta entre el conductor
20 central 140 y el conductor externo 142 por medio de una re-
sistencia variable 162 y una batería 164.

El diodo 160 está polarizado de modo estable en sentido
directo, para presentar una resistencia negativa no lineal,
mediante ajuste de la resistencia 162. Las señales de osci-
25 lador y de r.f. aplicadas al conductor 140 a extremos opues-
tos 151 y 143 de la línea coaxial aparecen en bornes del diodo
161 y son desacopladas hasta el conductor externo 142 por medio
de un condensador de paso 161. La interacción de las señales
de oscilador y de r.f. en la resistencia no lineal del diodo
30 produce muchas bandas laterales resultantes como antes se ha



259754

expuesto. Una sección 166 de línea coaxil incluye un conductor interno 168 conectado al conductor interno 140 en un punto próximo a la conexión del diodo 160. La sección 166 de línea va sintonizada, mediante adecuadas constantes de circuito acumuladas, no indicadas, a la señal de f.i., con lo cual la salida de señal de f.i. se toma a través de la sección 166 de línea coaxil.

En la fig. 9 se ilustra otro circuito conversor de frecuencia realizado conforme a la invención. Las ondas de señal de r.f. moduladas y las ondas de oscilador, procedentes de mantenciales no indicados se acoplan a una línea coaxil de transmisión 170 que incluye un conductor interno 172. La línea coaxil de transmisión 170 va conectada excitando una línea de transmisión resonante en cuarto de longitud de onda, que comprende un par de conductores de pletina o tira 174 y 176. A modo de ejemplo, la línea de transmisión en cuarto de longitud de onda puede ser resonante a 1015 Mc/s, con la entrada de r.f. a 1000 Mc/s y la entrada de oscilador a 1030 Mc/s. Cerca del extremo de la línea en cuarto de onda, al cual va conectada la línea coaxil 170, existe un máximo de tensión de onda estacionaria. Al extremo opuesto de la línea en cuarto de onda va montado un diodo 178 de resistencia negativa no lineal. El cuerpo del diodo puede ir directamente conectado entre los conductores de la línea de transmisión de modo que el ánodo coopere en contacto con el conductor superior 174. Entre los conductores 174 y 176 de la línea en cuarto de onda hay conectado un circuito combinado de señal y de polarización en c.c., de modo que de la interacción no lineal de las señales de r.f. portadora, y de oscilador local, puede derivarse una onda de f.i. El diodo está polarizado en sentido directo por medio de una batería 180 conectada en



28

serie con una resistencia variable 182 para limitar la tensión aplicada al diodo a un valor que haga que el diodo presente una característica estable de resistencia negativa no lineal. Para derivar la onda de f.i., una inductancia 184, conectada en paralelo con el diodo, resuena a la f.i. con la capacidad del diodo. A la inductancia 184 se le acopla un circuito resonante en paralelo 186 para derivar energía de señal de f.i.

Aún cuando cada uno de los circuitos convertidores de frecuencia descritos en relación con las figuras 7 a 9 incluye elementos de circuito resonante distribuidos, tales como cavidades resonantes y estructuras de línea de transmisión, el funcionamiento de los mismos es esencialmente el mismo de los circuitos convertidores de frecuencia en los que se utilizan elementos de sintonía acumulados o concentrados, como los de las figs. 3 a 6. En cada caso, el diodo está polarizado de modo que presenta una resistencia negativa no lineal estable. La interacción de las ondas de oscilador y de señal de r.f. en la resistencia no lineal del diodo da lugar a la producción de ondas de señal de f.i. modulada correspondientes. Debido a la energía suministrada desde el diodo de resistencia negativa al circuito de f.i., se dispone de una ganancia de conversión mayor que la obtenible con tipos conocidos de circuitos comparables.

Esta Solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América el 20 de Julio de 1.959, bajo el número 828.342, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



N O T A

258054

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5 1ª.- Un circuito convertidor de frecuencia caracterizado por el hecho de comprender un diodo de resistencia negativa no lineal, medios de circuito para aplicar a dicho diodo unas se-
ñales primera y segunda de frecuencias diferentes, y medios de
circuito de salida acoplados a dicho diodo para derivar una
10 tercera señal resultante de la interacción no lineal de di-
chas señales primera y segunda en dicho diodo.

2ª.- Un circuito conforme a la reivindicación 1, caracte-
rizado por unos medios para polarizar dicho diodo haciéndole
que presente a dichas señales una resistencia negativa no li-
15 neal, y que funcione en la región de resistencia negativa de
su característica de trabajo durante al menos una parte del ci-
clo de dicha tercera señal.

3ª.- Un circuito conforme a la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado por el hecho de que los medios de circuito y las
señales son respectivamente: un primer circuito resonante sin-
20 tonizado a la frecuencia de una onda de señal portadora, de
radiofrecuencia modulada; un segundo circuito resonante sinto-
nizado a la frecuencia de dicha energía oscilatoria acoplada
a dicho diodo; y un tercer circuito resonante sintonizado a la
tercera señal acoplada a dicho diodo.

25 4.- Un circuito conforme a la reivindicación 1 ó a la
2, caracterizado por el hecho de que dichos medios de circuito
primero, segundo y de salida son respectivamente: medios para



480/54

aplicar una onda de señal portadora, de radiofrecuencia modulada, a dicho diodo; medios que proporcionan un circuito oscilatorio para producir una onda oscilatoria, que incluyen dicho diodo y una inductancia sintonizada a una frecuencia diferente de la de dicha radiofrecuencia; y un circuito de salida resonante a una frecuencia de batido de dichas ondas de radiofrecuencia y oscilatoria acopladas a dicho diodo.

5.- Un circuito conforme a la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de tener una conductancia positiva menor que la conductancia negativa de dicho diodo, funcionando dicho diodo como elemento activo de dicho circuito oscilatorio para producir una onda oscilatoria que se lleva a interacción con dicha onda portadora de radiofrecuencia en la resistencia negativa no lineal de dicho diodo, siendo el circuito de salida resonante a una frecuencia de una de las señales resultantes de la interacción de dichas ondas de radiofrecuencia y oscilatoria.

6.- Un circuito conforme a las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado por el hecho de que dichos medios de circuito y circuito de salida son unos circuitos resonantes en paralelo, conectados en paralelo con dicho diodo.

7.- Un circuito conforme a la reivindicación 6, caracterizado por el hecho de que la conductancia positiva de dichos circuitos resonantes en paralelo primero y tercero es mayor que la conductancia negativa de dicho diodo, con lo cual dicho circuito es estable a estas frecuencias, y la conductancia de dicho segundo circuito resonante en paralelo es menor que la conductancia negativa de dicho diodo, con lo cual se producen oscilaciones a la frecuencia a la cual resuena dicho segundo circuito.

8.- Un circuito conforme a la reivindicación 1 ó a la 2, caracterizado por incluir: medios que proporcionan un par de ter-



253754

minales de entrada a los cuales se aplica una onda de señal portadora, de radiofrecuencia modulada, y un par de terminales de salida desde los cuales puede derivarse una correspondiente señal modulada de diferente frecuencia; un primer circuito resonante en serie, sintonizado a la frecuencia de dicha onda portadora de radiofrecuencia, acoplado entre uno de dichos terminales de entrada y dicho diodo; un segundo circuito resonante en serie, sintonizado a dicha diferente frecuencia, acoplado entre uno de dichos terminales de salida y dicho diodo; medios que incluyen una inductancia conectada en paralelo con dicho diodo proporcionando un circuito resonante a la frecuencia de una señal oscilatoria, teniendo dicho circuito últimamente mencionado una conductancia positiva menor que la conductancia negativa de dicho diodo de modo que produce una oscilación que interactúa con dichas ondas de radiofrecuencia portadoras para producir dicha señal de diferente frecuencia.

98.- Un circuito conforme a la reivindicación 1 o a la 2, caracterizado por el hecho de comprender: unos circuitos resonantes en paralelo, primero y segundo, conectados en serie con dicho diodo, estando dicho primer circuito resonante sintonizado a la frecuencia de una onda portadora de señal, de radiofrecuencia modulada, a convertir en una onda, correspondientemente modulada, de diferente frecuencia, estando dicho segundo circuito resonante sintonizado a dicha diferente frecuencia; y medios de circuito que incluyen una inductancia conectada en paralelo con dicho diodo constituyendo un circuito resonante a la frecuencia de una señal de heterodinación, siendo la conductancia positiva de dichos medios de circuito últimamente mencionados proporcionada con respecto a la conductancia de dicho diodo para producir una oscilación que interactúa con dicha onda porta-



259754

dora de radiofrecuencia para generar dicha onda de diferente frecuencia.

10a.- Un circuito convertidor de frecuencia para hetero-
dinación de una onda de radiofrecuencia modulada por la señal
5 con una onda oscilatoria al fin de producir una onda de dife-
rente frecuencia, caracterizado por el hecho de comprender:
medios que proporcionan una cavidad resonante respondiente a
las frecuencias de dichas ondas de radiofrecuencia y oscila-
toria; medios de circuito de entrada para aplicar dichas on-
10 das de radiofrecuencia y oscilatoria a dicha cavidad resonan-
te; un diodo de resistencia negativa conectado con dicha cavi-
dad; medios para polarizar dicho diodo haciéndole que presente
una resistencia negativa no lineal; y medios de circuito aco-
plados a dicho diodo, respondientes a dicha onda de diferente
15 frecuencia.

11a.- Un circuito convertidor de frecuencia para heterodi-
nación de una onda de radiofrecuencia modulada por la señal con
una onda oscilatoria al fin de producir una onda de diferente
frecuencia, caracterizado por el hecho de comprender: una línea
20 coaxil de transmisión dotada de un conductor interno y un con-
ductor externo; un diodo de resistencia negativa conectado en-
tre dichos conductores interno y externo en un punto intermedio
a lo largo de dicha línea coaxil; medios para aplicar ondas de
radiofrecuencia modulada por la señal a un extremo de dicha
25 línea; medios para sintonizar dicho extremo de dicha línea
coaxil a la frecuencia de dichas ondas de radiofrecuencia; me-
dios para aplicar ondas oscilatorias al otro extremo de dicha
línea coaxil; medios para sintonizar dicho otro extremo de di-
cha línea a la frecuencia de dichas ondas oscilatorias; medios
30 para polarizar dicho diodo haciéndole que presente una resis-



259754

tencia negativa no lineal a las ondas aplicadas al mismo desde los extremos de dicha línea coaxil de transmisión; y un circuito de salida respondiente a dicha diferente frecuencia, acoplado a dicho diodo.

5 12.- Un circuito convertidor de frecuencia para heterodinación de una onda portadora, de radiofrecuencia modulada por la señal con una onda oscilatoria al fin de producir una onda de diferente frecuencia, caracterizado por el hecho de comprender: una línea resonante de transmisión dotada de un
10 par de conductores paralelos en general, teniendo dicha línea resonante de transmisión una característica de paso de banda lo bastante amplia para ser respondiente a ambas ondas, de radiofrecuencia y oscilatoria; medios para aplicar a dicha línea de transmisión dichas ondas de radiofrecuencia y oscilatoria;
15 un diodo de resistencia negativa conectado entre los conductores de dicha línea de transmisión; medios para polarizar dicho diodo haciéndole que presente una resistencia no lineal; y medios de circuito de salida respondientes a dicha diferente frecuencia, acoplados a dicho diodo.

20 13.- Un circuito convertidor de frecuencia.

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

25 Esta Memoria consta de veinticinco hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid,

P. A.
[Illegible signature]



259754

Fig. 1.

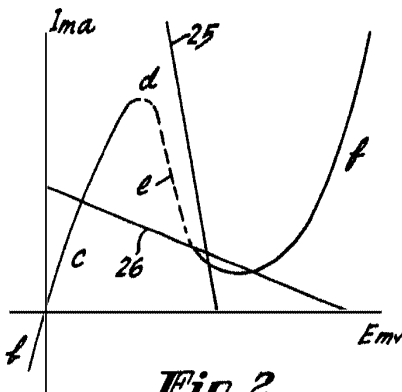
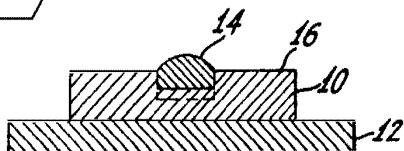


Fig. 3.

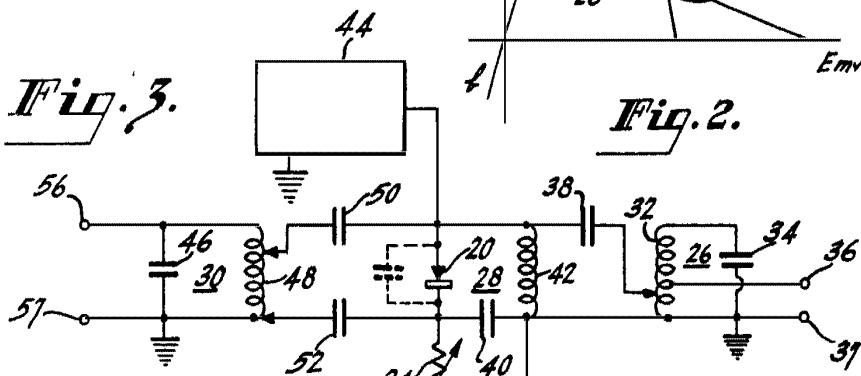


Fig. 2.

Fig. 4.

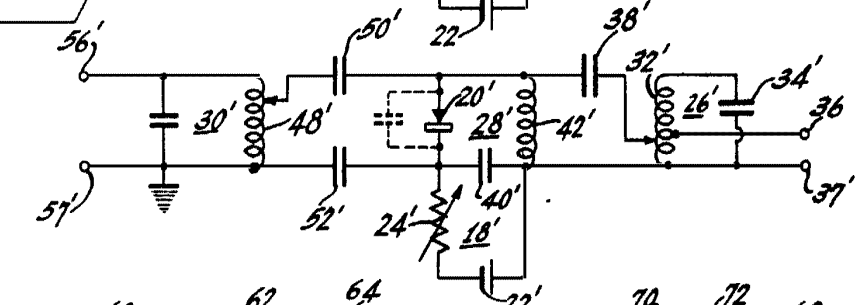
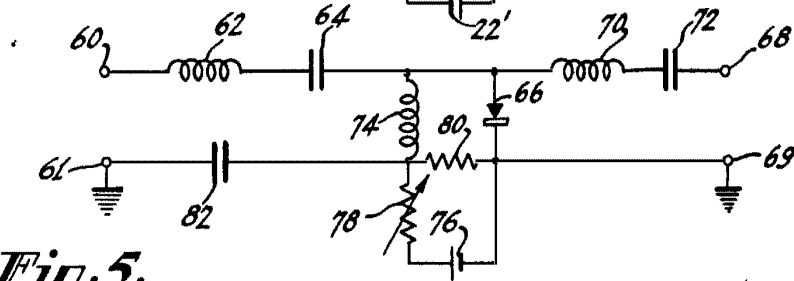


Fig. 5.



Handwritten signature or mark.



259754

Fig. 6.

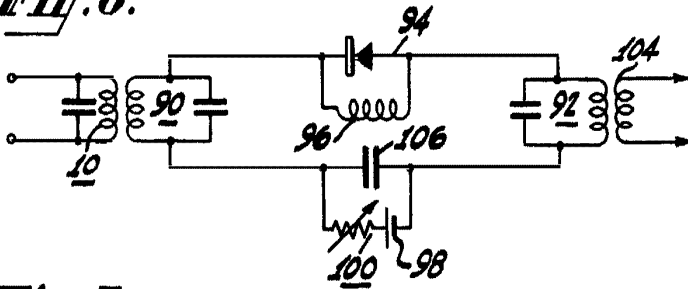


Fig. 7.

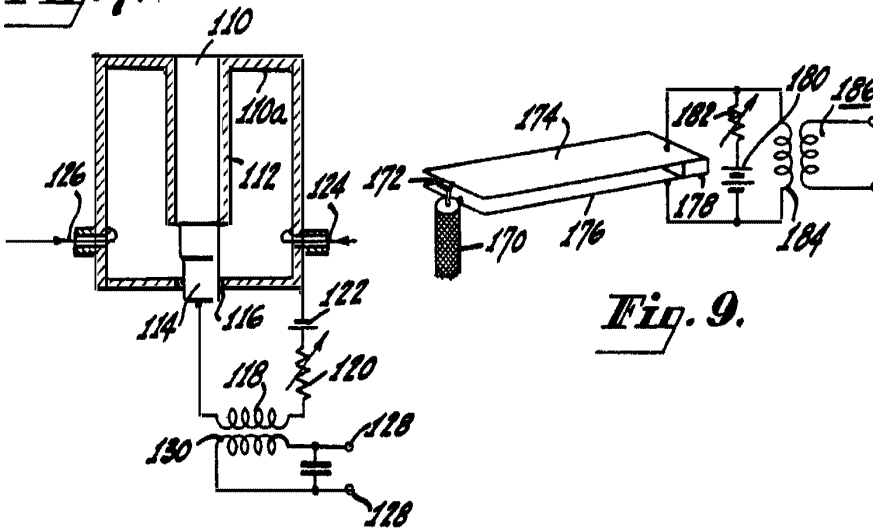


Fig. 9.

Fig. 8.

