

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 011**

51 Int. Cl.:
H03B 5/36

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02388057 .8**

96 Fecha de presentación: **06.09.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1396930**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.03.2004**

54 Título: **UN OSCILADOR Y UN CIRCUITO INTEGRADO.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.12.2011

73 Titular/es:
**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
164 83 STOCKHOLM, SE**

72 Inventor/es:
Mattisson, Sven

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 370 011 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

Un oscilador y un circuito integrado.

- 5 Este invento se refiere a un circuito oscilador de cristal equilibrado que comprende un elemento piezoeléctrico, un primer subcircuito oscilador que incorpora un transistor, y un segundo subcircuito oscilador que incorpora un transistor, en el que cada uno de los transistores tiene tipos diferentes de terminales del transistor, y en el que los subcircuitos osciladores están configurados con al menos tres conexiones.
- 10 Un circuito oscilador de cristal equilibrado puede emplearse en diversos circuitos electrónicos. No obstante, un campo de aplicación especial es dentro de equipos de comunicaciones – especialmente equipos de telecomunicaciones – en los que las referencias de frecuencia son generadas o sintetizadas como señales periódicas para moduladores, desmoduladores, convertidores elevadores y reductores de frecuencia, para circuitos temporizadores etc... Típicamente, las señales periódicas son señales de ondas cuadradas.
- 15 Las señales periódicas tienen una frecuencia fundamental y son generadas por un denominado sintetizador de frecuencias, el cual proporciona la frecuencia fundamental de las señales periódicas tal como una multiplicidad de la frecuencia fundamental de una señal de referencia. Con el fin de cumplir los requerimientos relativos a la estabilidad de frecuencia o la precisión de temporización, expuestos en una norma a la que se pretende que se acomode el equipo, un oscilador de cristal es requerido normalmente para proporcionar una señal de referencia suficientemente estable o precisa.
- 20 El equipo de comunicación implica el procesamiento de señales dentro de diferentes gamas de frecuencia, operando los equipos dispuestos para procesar señales relacionadas con la modulación de una señal portadora de RF dentro de las gamas de frecuencia más altas y estando típicamente indicadas las etapas de RF. Los circuitos dispuestos para procesar las señales relacionadas con la señal que ha de ser comunicada en la señal portadora operan dentro de gamas de frecuencia más bajas y están indicadas las etapas de banda de base o conjunto de circuitos de banda de base.
- 25 Las etapas de RF intervienen principalmente en el procesamiento de señales en relativamente alta potencia y en relativamente altas frecuencias; por lo tanto existen fuentes de ruido fuerte como una consecuencia inevitable de las etapas de RF. El conjunto de circuitos de banda de base implica típicamente señales de frecuencia más baja a niveles de potencia más bajos, aunque el procesamiento de señales en este conjunto de circuitos es realizado típicamente como un procesamiento de señales digitales y por lo tanto implica una fuerte conmutación digital. El conjunto de circuitos de banda de base es por lo tanto una importante fuente de ruido.
- 30 Para equipos de comunicaciones que proporcionan por ejemplo comunicación inalámbrica en Frecuencia de Radio (RF) un denominado sintetizador de frecuencias está provisto de la señal de referencia procedente de un oscilador de cristal que funciona típicamente a 10-40 MHz.
- 35 Para equipos de comunicaciones relativamente complejos y compactos tales como teléfonos celulares, dispositivos de comunicación Bluetooth® etc... incluso se hacen deseables niveles de integración más ajustados a fin de integrar los diversos circuitos de un dispositivo de comunicaciones en un único circuito integrado. Tal circuito integrado es típicamente del tipo de semiconductores, en el que se ha dispuesto un microcircuito de semiconductores (un sustrato de silicio) sobre un sustrato cerámico (o una denominada platina de base de metal) en un paquete con terminales para obtener el contacto eléctrico con una Placa de Circuitos Impresos (PCB). El contacto eléctrico entre el sustrato de silicio y el sustrato cerámico se consigue por medio de cables de unión. De igual modo, el contacto eléctrico entre el sustrato cerámico y los terminales del paquete también se consiguen mediante unión.
- 40 Como consecuencia de la anterior integración deseada de los circuitos y de las propiedades individuales de los circuitos con respecto a la generación y emisión de ruido, el circuito oscilador está situado en un entorno muy ruidoso. Por lo tanto, el oscilador es propicio a captar interferencias del sustrato de silicio del circuito integrado. Adicionalmente, como los componentes resonadores del circuito oscilador a menudo están situados fuera del circuito integrado (es decir, fuera del paquete del circuito integrado), el oscilador también es propicio a captar interferencias por medio de los cables de unión y los terminales. Es cierto que el cristal es muy estable y en alguna medida es capaz de suprimir la interferencia, pero como los requerimientos son muy estrictos, la reducción de la sensibilidad a las interferencias es un trabajo que ocupa a los diseñadores de circuitos. Para un terminal de celular GSM/GPRS, sólo un pequeño desplazamiento de frecuencia de 0,1 ppm es el máximo aceptable, por ejemplo en una situación en la que un componente típico tal como cuando un Oscilador con Voltaje Controlado VCO se conecta y desconecta o cambia de frecuencia.
- 45 50 55 60 Sin embargo, la principal causa de desplazamientos de frecuencia no deseados o de errores de frecuencia se debe a un desplazamiento en el punto operativo (debido a las caídas de voltaje en CC provocadas por interferencias en los cables de suministro normales o debido a la rectificación de las señales de interferencia que provocan desplazamientos en CC en la corriente o en el voltaje y/o debido a las señales de interferencia que entran en el circuito oscilador de cristal) en donde los componentes están modulados (relacionados con cambios en el dispositivo

g_m o capacidades de entrada). En alguna medida se puede utilizar el blindaje en el microcircuito, pero los cables de unión y las pistas metálicas están ambos expuestos a campos magnéticos. Una estructura equilibrada, en contraposición a una estructura de un único extremo, ayuda, pero incluso son también perjudiciales los componentes de interferencia en modo común (es decir, las exposiciones que afectan a ambas de un par de señales equilibradas).

Generalmente, se debería observar que un oscilador de cristal proporciona una frecuencia del oscilador muy estable a pesar de las variaciones en el nivel del voltaje de suministro y en las características de carga y por tanto es un tipo de oscilador muy robusto.

Un oscilador bien conocido es el denominado oscilador Pierce con una única celda de ganancia CMOS propuesta por Eric Vittoz ("Circuitos osciladores de cristal de alto rendimiento: Teoría y aplicaciones", IEEE Journal of Solid State Circuits, páginas 774-783, Junio 1988). Debido a consideraciones de consumo de corriente muchos osciladores de cristal de baja frecuencia usan típicamente una única celda de ganancia CMOS como ha propuesto Vittoz. Tal oscilador se muestra en la Figura 1. Esta celda de ganancia usa señales de un único extremo y, como consecuencia, el punto de masa del oscilador es un problema grave en los microcircuitos digitales grandes. Esta falta de punto de masa suficiente puede dar como resultado la inyección de ruido e interferencias en el núcleo del oscilador. De igual modo, el sustrato del circuito integrado no se conectará directamente al punto de masa del resonador, por lo que también se proporciona un camino de interferencia al circuito. Sin embargo, a pesar de las aparentes desventajas, es un oscilador popular ya que puede ser puesto en práctica con un único circuito inversor CMOS.

Existen alternativas para el oscilador de la base invertida CMOS anterior. El oscilador Pierce puede también tener como base un Transistor de Conexión Bipolar (BJT) acoplado en un acoplamiento del colector común. Los menos favorecidos osciladores de cristal de un único extremo con Transistores de Conexión Bipolar (BJT) tienen como base un emisor común o acoplamientos de la base común.

Los anteriores osciladores de un único extremo adolecen todos de no ser suficientemente robustos con respecto a las interferencias del sustrato.

El documento SU 1.771.058 expone un oscilador diferencial con un convertidor de impedancia negativa (NIC) formado por dos transistores y dos resistencias acopladas entre el extremo de suministro de voltaje y el terminal del colector de los dos transistores, respectivamente. El terminal de la base de uno de los transistores está conectado al terminal del colector del otro transistor, y viceversa. Un cristal está acoplado entre los terminales del emisor de los dos transistores. El NIC presenta una resistencia negativa a través del cristal, que no amortigua el circuito cuando está correctamente dimensionado, de forma que oscilará cerca de la frecuencia de resonancia del cristal.

Debido a la operación diferencial es posible suprimir parte de la interferencia provocada en el cable de unión, por ejemplo la interferencia en forma de frecuencias espurias de RF provocadas. No obstante, una desventaja de éste y otros osciladores es una falta de robustez en la interferencia del denominado sustrato, lo que puede dar lugar a, por ejemplo, circuitos en el mismo sustrato que implican una conmutación digital intensa, u otra fuerte interferencia provocada en los nodos del oscilador, por ejemplo, desde otro oscilador de RF en el microcircuito. Este funcionamiento imperfecto tiene como resultado unas pequeñas variaciones en la frecuencia de oscilación, los llamados desplazamientos de frecuencia. Los desplazamientos de frecuencia pueden, por ejemplo, producirse cuando comienzan o se paran las actividades de conmutación digital dependiendo de la actividad del circuito, o cuando cerca los osciladores de RF son conectados y desconectados entre los denominados modos inactivos, de transmisión (TX), o de recepción (RX), o cuando un oscilador de RF es sintonizado en otra frecuencia. Un desplazamiento de frecuencia típico cuando un oscilador RX o TX RF se conecta o desconecta puede ser hasta de una parte por millón (ppm). Los requerimientos GSM/GPRS son más exigentes que 1 ppm y generalmente este oscilador no funciona lo suficientemente bien con respecto a las exigencias GSM/GPRS.

Como se ha dicho antes, un oscilador integrado es propicio a captar interferencias del sustrato. El oscilador Pierce (figura 1) será sensible a las interferencias del sustrato a través del denominado efecto de puerta trasera (es decir, una señal entre su sustrato y el terminal fuente será amplificada con una ganancia de aproximadamente el 30% de su transconductancia hacia adelante). Además, el drenaje tiene una capacitancia de placas paralelas del sustrato y este camino puede también provocar inyección de ruido. Sustituyendo el dispositivo MOS por un transistor bipolar se elimina el efecto de puerta trasera pero no la capacitancia del sustrato de placas paralelas.

Para resumir, ni el oscilador Pierce ni los circuitos del oscilador basados en el NIC son robustos ante la interferencia del sustrato aunque existe alguna reducción de ruido de modo común en el oscilador basado en el NIC.

La solicitud de Patente Europea EP 0.767.532 expone un oscilador con dos transistores que están diferencialmente conectados y provistos de unos condensadores de realimentación interconectados y con un resonador SAW de tipo de puerto único conectado entre los transistores. El resonador SAW de tipo de puerto único está conectado a los colectores de los transistores para bloquear el flujo de corriente directa. Se ha expuesto un circuito equilibrado en el que la naturaleza equilibrada del circuito anula los componentes de la amplitud de fase opuesta, lo que suprime una señal espuria y que tiene una pequeña cantidad de fuga. Además, el resonador SAW de tipo de puerto único se usa

para impedir la afección por cambio de temperatura, envejecimiento o similar obteniendo de este modo una señal de alta frecuencia con un alto grado de precisión. Sin embargo, no se trata una reducción adicional de la sensibilidad hacia modos de oscilación espurios y parásitos distintos del equilibrio.

5 La solicitud de Patente Europea EP 1.215.812 expone un circuito electrónico que está siendo suministrado desde terminales de suministro de energía por diferencia de voltaje, en el que un terminal en el circuito está polarizado hacia un voltaje en la gama entre los voltajes de los terminales de suministro de energía. El circuito puede ser un circuito de RF equilibrado y/o un circuito oscilador. No se trata una reducción adicional de la sensibilidad frente a los modos no deseados de oscilación espuria y parásita más que el del equilibrio.

10 La solicitud de Patente Europea EP 0.335.493 expone un oscilador en el que los colectores de dos transistores de un circuito amplificador diferencial están conectados a un terminal de una fuente de energía de CC a través de diferentes resistencias. Los emisores de los transistores están conectados al otro terminal de la fuente de energía de CC a través de una fuente de corriente común, en tanto que las bases de los transistores están conectadas a un circuito de polarización. Se puede evitar la degradación de un dispositivo piezoeléctrico y el circuito entonces no es fácilmente influenciado por el ruido procedente de otro circuito conectado a la fuente de energía.

15 Los anteriores problemas se resuelven mediante un oscilador mencionado en el párrafo de comienzo, en el que cada interconexión entre los subcircuitos primero y segundo del oscilador comprende un par de tipos iguales de terminales del transistor, en el que una primera de dichas interconexiones constituye una conexión con una referencia al punto de masa, o referencia de punto de masa de la señal como un carril de suministro; una segunda de dichas interconexiones es a través de un primer elemento resonador, y una tercera de dichas interconexiones es a través de un segundo elemento resonador; estando dichos circuitos primero y segundo dispuestos para interactuar por medio de dichos elementos resonadores primero y segundo para formar una señal de oscilador equilibrada en donde el circuito oscilador está configurado con un circuito RC (R_f , C_f) que forma un polo de bucle de ganancia en la gama de frecuencias por encima de una frecuencia de oscilación principal de la señal de salida oscilante.

20 Los subcircuitos osciladores primero y segundo pueden comprender un transistor, bien un Transistor de Conexión Bipolar o un Semiconductor de Óxido de Metal, y un conjunto de circuitos para polarizar el transistor y filtrar los componentes de frecuencia no deseados. El circuito RC puede ser en forma de, por ejemplo, un simple filtro RC. El par igual de terminales del transistor puede ser un par de terminales del colector formado por un terminal del colector procedente de cada uno de los transistores o por un par de terminales de drenaje para transistores BJT o MOS, respectivamente. Típicamente, los elementos resonadores primero y segundo son un condensador y un cristal piezoeléctrico, respectivamente. Los dos subcircuitos osciladores interactúan enviando energía hacia atrás y hacia adelante entre los circuitos del oscilador primero y segundo en la frecuencia del resonador (oscilador). La señal equilibrada de salida es preferiblemente proporcionada a través de los elementos resonadores primero o segundo.

25 Por lo tanto, se proporciona un oscilador muy preciso, que es robusto frente a las interferencias. El oscilador es de cinco a diez veces menos sensible a las interferencias que algunos de los osciladores de la técnica anterior antes mencionados.

30 En una realización el circuito RC comprende una resistencia y un condensador. Alternativamente, el circuito RC comprende una resistencia y una capacitancia de entrada de los transistores.

35 Adicionalmente, el oscilador posee un funcionamiento excelente en cuanto a desplazamiento de frecuencia, lo cual permite que el oscilador sea usado en combinación con otros osciladores en el microprocesador, por ejemplo osciladores de RF, proporcionando de este modo una frecuencia de referencia estable en todos los modos operativos. El funcionamiento en cuanto a desplazamiento de frecuencia puede ser medido como el cambio en la frecuencia del oscilador de acuerdo con el presente invento cuando los factores de interferencia, tales como los circuitos de conmutación digital u otros osciladores, son conectados o desconectados, o cuando sus condiciones operativas han cambiado. Para el oscilador de acuerdo con el presente invento la frecuencia de oscilación solamente está afectada por la interferencia en una medida muy limitada. Esto, a su vez, hace posible ajustarse a las exigencias relativas a la variación de su frecuencia de salida sin necesidad de circuitos adicionales para reducir esta variación. Las pruebas han mostrado que el presente oscilador es capaz de cumplir las exigencias fijadas por las normas GSM/GPRS.

40 Preferiblemente, la señal de salida equilibrada es proporcionada en una primera conexión del circuito (T1a; T2a; T3a) y en una segunda conexión del circuito (T1b; T2b; T3b) conectadas a unos terminales primero y segundo, respectivamente, desde uno de los pares de igual tipo de terminales del transistor, los cuales están interconectados por un elemento resonador.

45 En realizaciones convenientes los transistores son de tipo Transistor de Conexión Bipolar (BJT). Como los transistores BJT no tienen el denominado efecto de puerta trasera que tienen los transistores MOS, se evita esta fuente al camino de interferencia del sustrato.

50

55

60

65

- 5 En una realización preferida la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones consta de un par de terminales de tipo colector, terminales de tipo de base y terminales de tipo de emisor, respectivamente; por lo que se configura el circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento dual del transistor del colector común. Esta realización preferida es ventajosa porque es relativamente fácil de polarizar, por ejemplo mediante un único subcircuito de resistencias. Adicionalmente, como el colector está conectado a la referencia de punto de masa, la parte de sustrato que constituye el colector de los transistores puede proporcionar el blindaje de la base y del emisor de los transistores, protegiendo además de este modo a la base y al emisor de los transistores, protegiendo así además al oscilador de las señales de ruido.
- 10 En un tipo alternativo de realización la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones constan de un par de terminales de tipo de base, terminales de tipo de colector y terminales de tipo de emisor, respectivamente, que de este modo configuran el circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento dual de transistores de la base común.
- 15 Cuando el primer elemento resonador está constituido por un elemento piezoeléctrico y el segundo resonador está constituido por un condensador se consigue una configuración ventajosa del oscilador. A pesar del funcionamiento equilibrado del oscilador solamente se necesita usar un único cristal, proporcionando de este modo un oscilador equilibrado eficaz con relación al coste.
- 20 En un tipo alternativo de realización la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones constan de un par de terminales de tipo de emisor, de terminales de tipo de colector y de terminales de tipo de base, respectivamente, que de este modo configuran el circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento dual de transistores del emisor común.
- 25 Convenientemente, al menos uno de los transistores está provisto de una corriente de polarización por medio de una resistencia conectada entre el emisor de un transistor y un voltaje de suministro. El circuito de polarización de una resistencia ofrece una ventaja sobre las fuentes de corriente activas consistente en que el subcircuito de resistencias ofrece una ventaja con respecto al aislamiento del sustrato. De este modo, por medio del subcircuito de resistencias, la polarización de los transistores es proporcionada sin introducir un camino de interferencia al transistor desde otras partes del sustrato.
- 30 Cuando se requiere un punto operativo más estable de los transistores que el proporcionado con el subcircuito de polarización basado en la resistencia, al menos uno de los transistores es o son provistos con corriente de polarización por medio de una fuente de corriente activa. Este punto operativo más estable puede ser requerido cuando las condiciones internas o externas del circuito integrado influyen considerablemente y actúan de forma incontrolable sobre el punto operativo.
- 35 Preferiblemente, los transistores son operados en clase C. Por lo tanto, la carga del circuito resonador es más baja, dando lugar a un desplazamiento de frecuencia menor debido a la interferencia de RF. Adicionalmente, como la corriente de salida solamente fluye en un intervalo de tiempo menor que la mitad de un ciclo completo del oscilador el consumo de corriente es muy bajo. El intervalo de tiempo también se indica como el ángulo de conducción.
- 40 Preferiblemente, los transistores son del tipo Semiconductor de Óxido de Metal (MOS).
- 45 Se ha afirmado antes que los dispositivos BJT en un acoplamiento de colector común proporcionan un blindaje de la base y del emisor, pero desafortunadamente los dispositivos MOS no proporcionan un blindaje similar en el acoplamiento de drenaje común correspondiente a menos que se aplique una tecnología buena el triple de cara. No obstante, cuando el oscilador está caracterizado porque la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones consta de un par de terminales de tipo drenaje, terminales de tipo puerta y terminales de tipo fuente, respectivamente, para de este modo formar un acoplamiento del transistor de drenaje común, la relativamente grande oscilación de la señal entre la puerta y el sustrato, así como entre la fuente y el sustrato, hará que la interferencia del sustrato sea relativamente pequeña.
- 50 Preferiblemente, la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones constan de un par de terminales de tipo puerta, de terminales de tipo drenaje, y de terminales de tipo fuente, respectivamente, que de este modo configuran el circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento dual de los transistores de puerta común.
- 55 Preferiblemente, el primer elemento resonador está constituido por un elemento piezoeléctrico y el segundo resonador está constituido por un condensador.
- 60 Un problema general de los osciladores de cristal es el hecho de que pueden iniciarse en un modo no deseado. En principio un oscilador puede oscilar a cualquier frecuencia en la que el bucle de ganancia es suficientemente alto (es decir, mayor de uno) en tanto que el desplazamiento de fase iguala los 180 grados. Tales frecuencias de resonancia ocurren a menudo en sobretonos de cristal o en donde pueden ser encontradas las resonancias parásitas (típicamente a frecuencias más altas). Este problema se resuelve cuando el circuito oscilador está configurado con un circuito RC que forma un polo de bucle de ganancia en la gama de frecuencias superior a la frecuencia de oscilación principal de la señal de salida oscilante. Preferiblemente, tal resonancia generalmente no deseada se suprime insertando un filtro LC en serie con el cristal.
- 65

El invento también se refiere a un circuito integrado que comprende un circuito en el que, en combinación con los elementos resonadores, constituye el oscilador antes expuesto, comprendiendo dicho circuito integrado unos terminales para la interconexión eléctrica con los elementos resonadores. Por lo tanto, los componentes que ocupan un área grande en la placa de circuitos integrados están dispuestos fuera de la placa de circuitos integrados. Ésta es una solución más efectiva en cuanto espacio y a coste.

Adicionalmente, el invento se refiere a un circuito integrado que comprende un circuito, el cual en combinación con un elemento piezoeléctrico constituye el oscilador como se ha expuesto antes, comprendiendo dicho circuito integrado unos terminales para la interconexión eléctrica con el elemento piezoeléctrico. De este modo, si se dispone de espacio suficiente en el circuito integrado los componentes capacitivos pueden ser dispuestos en el microcircuito del circuito integrado, disponiendo por lo tanto el elemento piezoeléctrico solamente fuera de la placa.

Por otra parte, el invento se refiere a un teléfono móvil que comprende el oscilador como se ha expuesto antes.

A continuación se explicará el invento más detalladamente en conexión con una realización preferida y con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1 muestra un oscilador de cristal de un solo extremo;

la figura 2a muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento dual de transistores del colector común;

la figura 2b muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento dual de transistores de la base común;

la figura 2c muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento dual de transistores del emisor común;

la figura 3 muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento dual de transistores del colector común con un circuito de polarización;

la figura 4 muestra una fuente de corriente;

la figura 5 muestra un oscilador de cristal equilibrado con elementos resonadores externos.

La figura 1 muestra un oscilador de cristal de un solo extremo. El circuito oscilador está ilustrado como comprendiendo un primer y un segundo subcircuito. El primer subcircuito 101 es típicamente puesto en práctica por medio de componentes pasivos montados en una placa de circuito impreso (PCB), en tanto que el segundo subcircuito 102 es puesto en práctica sobre un sustrato en un componente de circuito integrado (IC) que está montado en la PCB.

El primer subcircuito 101 comprende un dispositivo oscilador en forma de un cristal (Xtal) 103 por ejemplo con una frecuencia de oscilación nominal en el intervalo de 10-40 MHz. El cristal está eléctricamente conectado con el segundo subcircuito 102 por medio de los dos conectores 106 y 107.

En frecuencias de aproximadamente la frecuencia de resonancia en serie nominal el cristal tiene una impedancia relativamente baja. No obstante, a frecuencias por debajo y por encima de la frecuencia de resonancia en serie el cristal tiene una impedancia relativamente alta. De este modo, por debajo, y especialmente por encima de la frecuencia nominal, una señal de oscilación a través del cristal será sensible a una interferencia electromagnética, es decir ruido, provocada sobre los conectores 106 y 107. Los condensadores 104 y 105 están conectados al cristal para proporcionar una frecuencia de resonancia y de carga definidas y para acoplar los componentes de la señal de alta frecuencia a una referencia de punto de masa G1. El segundo subcircuito 102 comprende un dispositivo activo 109 en forma de un transistor MOS polarizado por una fuente de corriente (IQ) 110. El transistor MOS y la fuente de corriente están conectados a una referencia de punto de masa G2. La referencia de punto de masa G2 está conectada eléctricamente a la referencia de punto de masa G1 por medio de un conductor 108.

De este modo es posible detectar una señal oscilante con referencia a la referencia de punto de masa G2 en la conexión del circuito indicada con una "A" mayúscula en el segundo subcircuito. Una resistencia de polarización 111 se aplica entre el terminal de drenaje y de puerta del transistor 109 para proporcionar las condiciones de trabajo apropiadas para el transistor.

Un oscilador del tipo antes descrito proporciona típicamente señales de temporización extraídas de la señal del oscilador por medio de, por ejemplo, un circuito inversor CMOS de dos transistores para ser proporcionadas a otros subcircuitos en el sustrato en el circuito integrado antes mencionado.

La figura 2a muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento dual de transistores del colector común. El oscilador de cristal equilibrado comprende dos subcircuitos osciladores semejantes o subcircuitos 201 y 202. Los subcircuitos son funcionalmente como subcircuitos que no describen la puesta en práctica física del oscilador. En cuanto a la puesta en práctica física, un cristal piezoeléctrico 207, y opcionalmente los condensadores 208, 206 y 205, están situados fuera de un circuito integrado ya que ocupan mucho espacio en el circuito integrado.

Otros componentes del oscilador, tales como por ejemplo los transistores 203 y 204, están situados en el circuito integrado.

5 Los transistores tienen tres tipos diferentes de terminales del transistor, es decir del colector, de la base, y del emisor en caso de que los transistores sean del tipo de los Semiconductores de Óxido de Metal (MOS).

10 Los subcircuitos están acoplados juntos por medio de tres interconexiones, en los que cada interconexión comprende un par de tipos similares de terminales del transistor. Por lo tanto, una interconexión incluye el camino del circuito desde un terminal del transistor (colector, base, emisor, o drenaje, puerta, fuente) en el primer subcircuito hasta un terminal del transistor similar en el segundo subcircuito – formando los dos terminales del transistor un par de terminales. Una primera de las tres interconexiones comprende un cristal piezoeléctrico (Xtal) 207, el cual acopla el terminal de la base del transistor 204 al terminal de la base del transistor 203. Una segunda de las tres interconexiones comprende un elemento resonador en forma de un condensador 208, el cual acopla el terminal del emisor del transistor 204 al terminal del emisor del transistor 203. Una tercera de las tres interconexiones conecta el terminal del colector del transistor 204 y el terminal de colector del transistor 203 al punto de masa (gnd), o a una referencia del punto de masa de la señal (por ejemplo Vcc). Preferiblemente, esta referencia de punto de masa es una referencia de punto de masa en un circuito integrado.

20 Una señal de salida (es decir, de dos cables) del oscilador equilibrado es provista bien a través del cristal piezoeléctrico 207 en las conexiones o terminales T1a y T1b del circuito o a través del condensador 208 en las conexiones o terminales del circuito T2a y T2b. Por lo tanto, la señal de salida equilibrada es proporcionada en uno de los pares de igual tipo de terminales del transistor, es decir en el par de terminales de la base o en el par de terminales del emisor.

25 La Figura 2b muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento dual del transistor de la base común. El oscilador de cristal equilibrado comprende dos subcircuitos osciladores iguales o subcircuitos 210 y 209. Cada subcircuito comprende un condensador 214, 213 y un dispositivo activo en forma de un transistor 212, 211. El transistor tiene tres terminales del transistor diferentes, es decir del colector, de la base, y del emisor en caso de que los transistores sean de tipo bipolar (BJT), y de la fuente, de la puerta, y del drenaje en el caso de que los transistores sean del tipo de Semiconductores de Óxido de Metal (MOS).

35 Los subcircuitos están acoplados juntos por medio de tres interconexiones, en donde cada interconexión consta de un par de terminales del transistor iguales. Una primera de las tres interconexiones comprende un cristal (Xtal) piezoeléctrico 215, el cual acopla el terminal del colector del transistor 212 al terminal del colector del transistor 211. Una segunda de las tres interconexiones comprende un elemento resonador en forma de un condensador 216, el cual acopla el terminal del emisor del transistor 212 al terminal del emisor del transistor 213. Una tercera de las tres interconexiones conecta el terminal de la base del transistor 212 y el terminal de la base del transistor 213 a una referencia de punto de masa, gnd.

40 Nuevamente se debería observar que una interconexión incluye el camino del circuito desde un terminal del transistor (colector, base, emisor; o drenaje, puerta, fuente) en el primer subcircuito hasta un terminal del transistor similar en el segundo subcircuito – formando los dos terminales del transistor un par de terminales.

45 Una señal de salida del oscilador equilibrado es provista bien a través del cristal piezoeléctrico 215 en los terminales T3a y T3b o a través del condensador 216 en los terminales T4a y T4b. Por lo tanto, la señal de salida equilibrada es proporcionada en uno de los pares de igual tipo de terminales del transistor, es decir en el par de terminales del colector o en el par de terminales del emisor.

50 Se debería observar que los subcircuitos 210 y 209 funcionalmente son como subcircuitos que no describen la puesta en práctica física del oscilador. Con respecto a la puesta en práctica física el o los elementos resonadores 215, y opcionalmente los 214, 213 y 216, están situados fuera de un circuito integrado, en tanto que los otros componentes típicamente están situados en el circuito integrado.

55 La Figura 2c muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento dual del transistor emisor común. El oscilador de cristal equilibrado comprende dos subcircuitos osciladores similares o subcircuitos 218 y 217. Cada subcircuito comprende un cristal piezoeléctrico 222, 221 y un dispositivo activo en forma de un transistor 220, 219. Los transistores tienen tres terminales del transistor diferentes, es decir del colector, de la base, y del emisor en caso de que los transistores sean de tipo bipolar (BJT), y de la fuente, de la puerta, y del drenaje en el caso de que los transistores sean de tipo de Semiconductor de Óxido de Metal (MOS).

60 Los subcircuitos están acoplados juntos por medio de tres interconexiones, en los que cada interconexión consta de un par de terminales del transistor iguales. Una primera y una segunda de las tres interconexiones comprende unos elementos resonadores en forma de un condensador 223 y 224, respectivamente, el cual acopla el terminal del colector del transistor 220 al terminal del colector del transistor 219 y el terminal de la base del transistor 220 al terminal de la base del transistor 219, respectivamente. Una tercera de las tres interconexiones conecta el terminal del emisor del transistor 220 y el terminal del emisor del transistor 219 a una referencia de punto de masa, gnd. Por

lo tanto, los elementos piezoeléctricos 221 y 222 del subcircuito 217 y 218, respectivamente, con una frecuencia de oscilación nominal, interactúan para proporcionar una señal de salida de oscilador equilibrada con una frecuencia en o próxima a la frecuencia de oscilación nominal.

5 La señal de salida de oscilador equilibrada es proporcionada bien a través del condensador 223 en los terminales T5a y T5b o a través del condensador 224 en los terminales T6a y T6b. Por lo tanto, la señal de salida equilibrada es proporcionada en uno de los pares de terminales del transistor de igual tipo, es decir en el par de terminales del colector o en el par de terminales del emisor. Se debería observar que los subcircuitos 218 y 217 son funcionalmente como subcircuitos que no describen la puesta en práctica física del oscilador.

10 La figura 3 muestra un oscilador de cristal equilibrado basado en un acoplamiento del transistor del colector común con un circuito de polarización. Primeramente se describirá la configuración del circuito, y en segundo lugar se explicarán los temas relativos a la función y al diseño. El oscilador de cristal equilibrado comprende dos subcircuitos osciladores iguales o subcircuitos 302 y 301. Cada subcircuito comprende un condensador 306, 305 y un dispositivo activo en forma de un transistor 304, 303. Los subcircuitos están acoplados juntos por medio de tres interconexiones, en las que cada interconexión consta de un par de terminales del transistor iguales. Una primera de las tres interconexiones comprende un cristal (Xtal) piezoeléctrico 313, el cual acopla el terminal colector del transistor 304 al terminal de la base del transistor 303. Adicionalmente, la interconexión comprende una resistencia Rf 311, 308 de los subcircuitos respectivos. Por lo tanto, los terminales de la base están acoplados juntos a través de las resistencias 311, 308, y del cristal 313. Una segunda de las tres interconexiones comprende un elemento resonador en forma de un condensador 314, el cual acopla el terminal del emisor del transistor 304 al terminal emisor del transistor 303. Una tercera de las tres interconexiones conecta el terminal del colector del transistor 304 y el terminal del colector del transistor 303 a una referencia de punto de masa, gnd.

25 Una señal de salida (es decir, de dos cables) del oscilador equilibrada es provista bien a través del cristal piezoeléctrico 313 en los terminales T7a y T7b o a través del condensador 314 en las conexiones o terminales T8a y T8b. Por lo tanto, la señal de salida equilibrada es proporcionada en uno de los pares de igual tipo de terminales del transistor, es decir en el par de terminales de la base o en el par de terminales del emisor.

30 Un subcircuito de polarización para el oscilador de colector común puede ser puesto en práctica como se ha representado en la figura 3. Aquí las resistencias Rb 310, 307 conectan los terminales de la base BJT con una fuente de voltaje de polarización Vb 317, 318. Este voltaje de polarización puede obtenerse a partir de una referencia de intervalo de banda, a través de un divisor de voltaje, etc... El Rb 310, 307 debería escogerse de forma que fuera lo suficientemente grande para evitar una carga innecesaria del circuito resonador, pero no demasiado alto para que las variaciones de ganancia de corriente (β_F) convirtieran el punto de polarización en inestable. Las resistencias Re 316, 315 proporcionan una corriente de polarización a los dispositivos activos 304, 303. Estas resistencias 316, 315 pueden ser sustituidas por fuentes de corriente activa, si se dispone de un voltaje de suministro suficientemente alto, pero las resistencias pueden ofrecer una ventaja con respecto a un mejor aislamiento del sustrato.

40 Los modos de oscilación no deseados y espurios pueden suprimirse por medio de un filtro RC formado por las resistencias Rf 311, 308 y los condensadores Cf 312, 309. Las resistencias, junto con los Cf 312, 309 y la capacitancia de entrada de BJT (o MOS cuando sea procedente) forman un polo de bucle de ganancia que puede ser diseñado de forma que solamente sea posible el modo de oscilaciones deseado. Los condensadores Cf 312, 309 pueden ser omitidos, ya que los condensadores de entrada de los dispositivos activos pueden ser suficientes, o ser sustituidos por un único condensador a través de las bases cuando no se desee el rechazo del modo común. Esto no requerirá un cambio de los condensadores 306, 305 y 314, que en combinación con el cristal forman el subcircuito resonador. Típicamente los condensadores 306 y 305 son seleccionados para tener aproximadamente el doble de la capacidad del condensador 314.

50 Cualquier ruido acoplado al sustrato, a través del condensador de placas paralelas del sustrato del colector será desviado a una señal de punto de masa (por ejemplo, gnd) y no entrará en el transistor.

55 La figura 4 muestra una fuente de corriente. Esta fuente de corriente u otras fuentes de corriente apropiadas pueden ser puestas en práctica para proporcionar una corriente de polarización a los transistores 304 y 303 cuando esté presente un voltaje de suministro suficientemente alto y cuando se requiera un punto operativo estable de los transistores. Esto se consigue sustituyendo cada una de las resistencias 316 y 315 por una fuente de corriente o circuito de corriente espejular.

60 Es bien conocido cómo aplicar la fuente de corriente para polarizar los transistores, pero para su total compleción, el terminal indicado L (que corresponde al terminal del colector del transistor 402) está conectado al terminal del emisor de los transistores 304 y 303. El terminal del emisor del transistor 402 está acoplado a la referencia de punto de masa. El terminal de la base del transistor 402 está conectado a una conexión del colector de la base del transistor 401. Esta conexión está conectada al único extremo de una resistencia 403, la cual en su extremo opuesto está conectada a un voltaje de suministro (Vcc). El terminal del emisor del transistor 401 está conectado a la referencia de punto de masa, gnd. En una realización práctica las dos fuentes de corriente que sustituyen a las resistencias Re

65

316 y 315 se incorporarán para compartir el mismo transistor 401 y resistencia 403 realizando de este modo una conexión base-base desde el transistor 401 hasta 402a y desde 401 a 402b, en las que los índices a y b indican una fuente de corriente para cada subcircuito 302 o 301.

5 La figura 5 muestra un oscilador de cristal con elementos resonadores externos. Un circuito eléctrico 501 operado desde por ejemplo una batería 503 u otro suministro de energía comprende un circuito integrado 502 y los componentes 504, 505, 506 y 507 exteriores al circuito integrado. Típicamente, el circuito integrado 502 y los componentes externos 504-507 están montados en una Placa de Circuito Impreso, PCB. La razón de colocar los componentes 504, 505, 506 y 507 externos al circuito integrado es principalmente debido al hecho de que estos componentes normalmente ocupan demasiado espacio en el circuito integrado.

10 En cuanto al oscilador del colector común dual el condensador 208, 314 puede ser colocado externo al circuito integrado tal como está ilustrado por el condensador 504. Igualmente, los condensadores 206, 306, 205, 305 y el cristal 207, 313 pueden ser colocados exteriores al circuito integrado como está ilustrado por el condensador 505, 506 y el cristal 507. El conjunto de circuitos de polarización, los dispositivos activos (transistores), filtros, etc... del oscilador equilibrado, de acuerdo con el invento, están preferiblemente colocados en el circuito integrado.

15 Para concluir, se expone un oscilador de cristal diferencial altamente integrado con un alto rechazo de modo común, una buena inmunidad de interferencia del sustrato, con protección contra modos de resonancias parásitas y una baja sensibilidad a las interferencias de RF.

20 Aunque la anterior discusión se ha basado en el cristal como el elemento más selectivo de frecuencia, es posible sustituir el cristal por un inductor, un resonador cerámico, u otro componente con la impedancia característica idónea. Sin embargo, un cristal normalmente proporcionará el funcionamiento con una estabilidad de frecuencia más alta.

25 Generalmente, el término "referencia de punto de masa" indica una referencia vista desde un punto de vista del modelo de señal. Por lo tanto, una referencia de punto de masa puede estar ligada a los potenciales del voltaje de suministro de energía (gnd o Vcc) o a otros potenciales de voltajes fijados sustancialmente.

30 Generalmente el término "subcircuito" ha sido usado como un término para una parte de un circuito electrónico, pero son equivalentes términos alternativos tales como "red de circuitos" o "circuito", etc...

REIVINDICACIONES

1. Un circuito oscilador de cristal equilibrado que comprende:

5 un elemento piezoeléctrico (207; 215; 222, 221; 313); un primer subcircuito oscilador (202; 210; 218; 302) que incorpora un transistor (204; 212; 220; 304); y un segundo subcircuito oscilador (201; 209; 217; 301) que incorpora un transistor (203; 211; 219; 303);
 en el que cada uno de los transistores tiene tipos diferentes de terminales del transistor C, B, E; D, G, S; y
 10 en el que los subcircuitos osciladores están configurados con al menos tres interconexiones, comprendiendo cada interconexión un par de tipos iguales de terminales del transistor;
 en el que una primera de dichas interconexiones constituye una conexión a una referencia de punto de masa (gnd; Vcc); una segunda de dichas interconexiones es a través de un primer elemento resonador (207; 215; 223; 313); una tercera de dichas interconexiones es a través de un segundo elemento resonador (208; 216; 224; 314); estando dichos circuitos primero y segundo dispuestos para interactuar por medio de dichos
 15 elementos resonadores primero y segundo para formar una señal de oscilación equilibrada;
CARACTERIZADO PORQUE
 el circuito oscilador está configurado con un circuito RC (Rf, Cf) que forma un polo de bucle de ganancia en la gama de frecuencias por encima de una frecuencia de oscilación principal de la señal de salida oscilante,
 en el que la resistencia (Rf) del circuito RC (Rf, Cf) está conectada entre una base del transistor (304) del
 20 primer subcircuito oscilador y la segunda interconexión, y en el que el elemento capacitivo del circuito RC (Rf, Cf) comprende una capacitancia de entrada del transistor (304) del primer subcircuito oscilador.

2. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento capacitivo del circuito RC (Rf, Cf) comprende además un condensador (Cf; 312), y en el que un terminal del condensador (Cf, 312) está conectado a dicha base del transistor (304) del primer subcircuito oscilador.

3. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** la señal de salida equilibrada es proporcionada en una primera conexión del circuito (T1a; T2a; T3a; T4a; T5a; T6a; T7a; T8a) y en una segunda conexión del circuito (T1b; T2b; T3b; T4b; T5b; T6b; T7b; T8b) conectadas a un primer y segundo terminal, respectivamente, desde uno de los pares de igual tipo de los terminales del transistor, cuyos tipos de terminales iguales del transistor están interconectados por un elemento resonador (207; 208; 215; 216; 223; 224; 313; 314).

4. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** los transistores son del tipo de Transistor de Conexión Bipolar, BJT.

5. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones consta de un par de terminales de tipo colector, de terminales de tipo de base, y de terminales de tipo de emisor, respectivamente, que de este modo configuran el circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento del transistor del colector común.

6. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones consta de un par de terminales de tipo de base, de terminales de tipo de colector, y de terminales de tipo de emisor, respectivamente; que de este modo configuran un circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento del transistor de la base común.

7. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con las reivindicaciones 5 ó 6, **caracterizado porque** el primer elemento resonador está constituido por un elemento piezoeléctrico (207; 215; 313) y el segundo elemento resonador (208; 216; 314) está constituido por un condensador.

8. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones constan de un par de terminales de tipo emisor, de terminales de tipo de colector, y de terminales de tipo de base, respectivamente; que de este modo configuran un circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento dual de transistores del emisor común.

9. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** al menos uno de los transistores está o están provistos de una corriente de polarización por medio de una resistencia (Re) acoplada entre el emisor de un transistor y un voltaje de suministro.

10. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** al menos uno de los transistores está o están provistos de una corriente de polarización por medio de una fuente de corriente activa (403, 401, 402).

11. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, **caracterizado porque** los transistores están operados en clase C.

12. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** los transistores son del tipo de Semiconductor de Óxido de Metal, MOS.
- 5 13. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones constan de un par de terminales de tipo de drenaje, de terminales de tipo de puerta, y de terminales de tipo de fuente, respectivamente, que de este modo configuran el circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento dual del transistor de drenaje común.
- 10 14. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** la primera, segunda y tercera de dichas interconexiones constan de un par de terminales de tipo de puerta, de terminales de tipo de drenaje, y de terminales de tipo de fuente, respectivamente, que de este modo configuran el circuito oscilador equilibrado con un acoplamiento dual del transistor de la puerta común.
- 15 15. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con las reivindicaciones 13 ó 14, **caracterizado porque** el primer elemento resonador está constituido por un elemento piezoeléctrico y el segundo elemento resonador está constituido por un condensador.
- 20 16. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el segundo terminal del condensador (Cf, 312) está conectado a una base del transistor (303) del segundo subcircuito oscilador.
- 25 17. Un circuito oscilador de cristal equilibrado de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el circuito oscilador está configurado con un segundo circuito RC (Rf, Cf) que forma un polo de bucle de ganancia en la gama de frecuencias por encima de una frecuencia de oscilación principal de la señal de salida oscilante, en el que la resistencia (Rf) del segundo circuito RC (Rf, Cf) está conectada entre una base del transistor (303) del segundo subcircuito oscilador y la segunda interconexión, y en el que el elemento capacitivo del circuito RC (Rf, Cf) comprende una capacitancia de entrada del transistor (303) del segundo subcircuito oscilador, y en el que el elemento capacitivo del segundo circuito RC (Rf, Cf) comprende además un condensador (Cf, 309), y en el que un terminal del condensador (Cf, 309) está conectado a dicha base del transistor (303) del segundo subcircuito oscilador, y en el que un segundo terminal del condensador (Cf, 309) del segundo subcircuito oscilador está
- 30 conectado con el segundo terminal del condensador (Cf, 312) del primer subcircuito oscilador a través de un punto de masa común (gnd).
- 35 18. Un circuito integrado (502) que comprende un circuito, el cual en combinación con los elementos resonadores constituye el oscilador expuesto en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, comprendiendo dicho circuito integrado unos terminales para la interconexión eléctrica con los elementos resonadores.
- 40 19. Un circuito integrado (502) que comprende un circuito, el cual en combinación con un elemento piezoeléctrico constituye el oscilador expuesto en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, comprendiendo dicho circuito integrado unos terminales para la interconexión eléctrica con el elemento piezoeléctrico.
20. Un teléfono móvil que comprende el oscilador expuesto en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18.

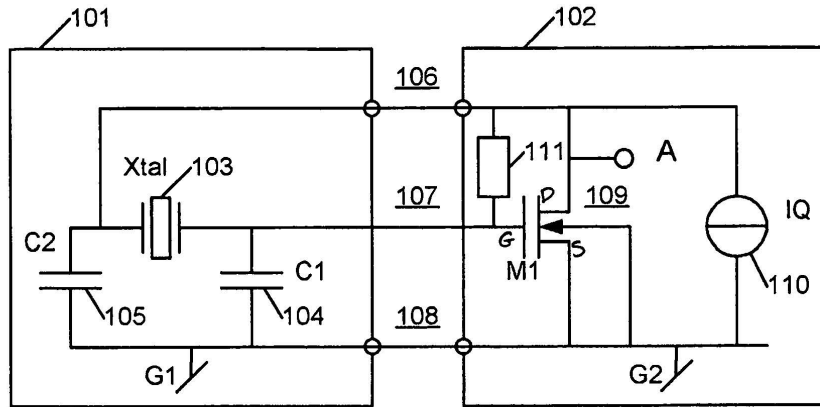


Fig. 1

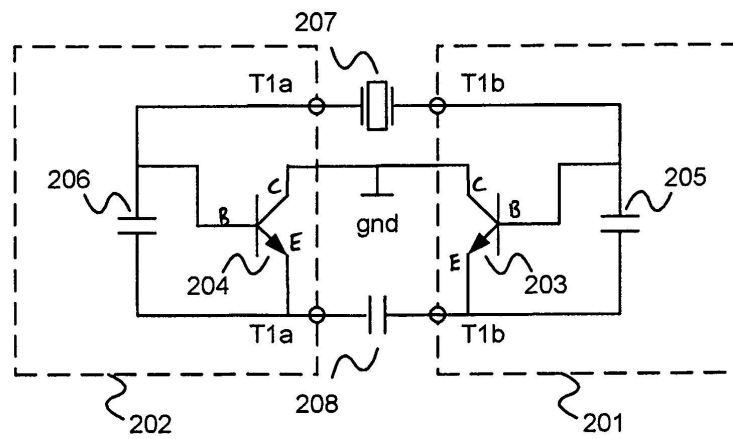


Fig. 2a

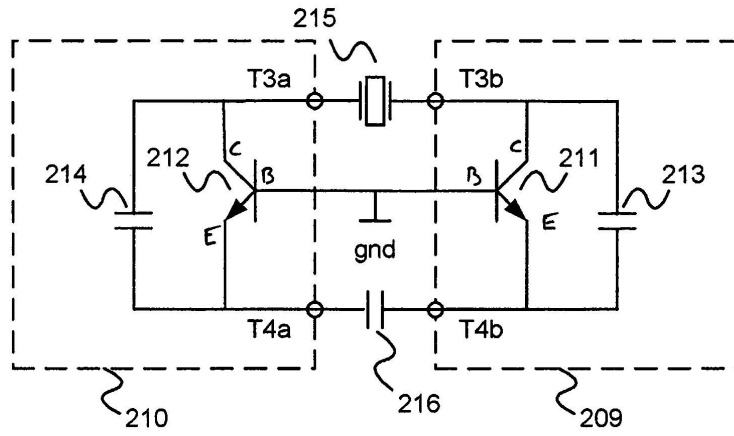


Fig. 2b

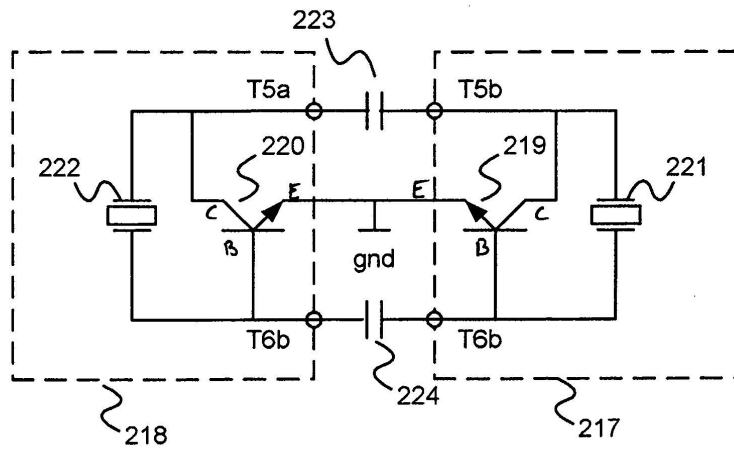


Fig. 2c

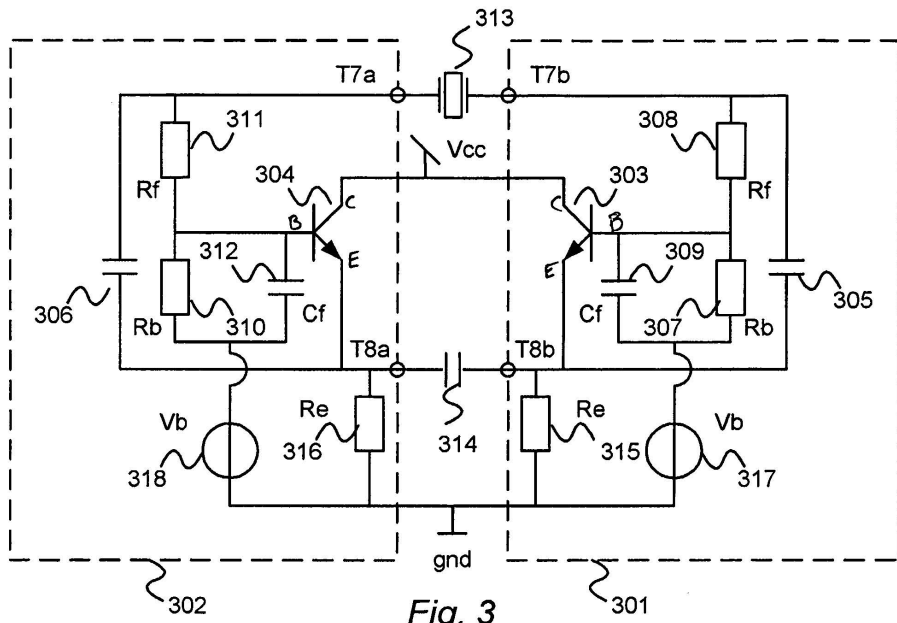


Fig. 3

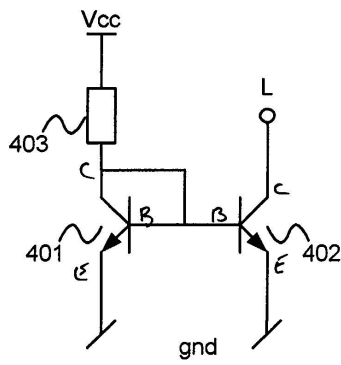


Fig. 4

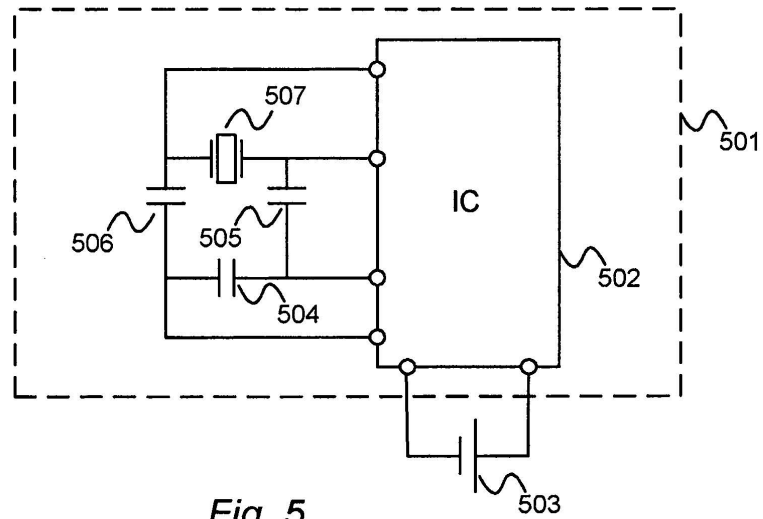


Fig. 5