



Radioaficionados

Unión de Radioaficionados Españoles • Octubre 2005

Sintetizador

Maniplex fácil y barato

Participación de URE en el borrador del REA



Resultados del concurso SM el Rey CW

SINTETIZADOR.

1.- INTRODUCCIÓN.

Los modernos equipos de comunicaciones y concretamente los transceptores utilizados por los radioaficionados, son capaces de cubrir grandes márgenes de frecuencias. Ya quedaron atrás aquellos equipos de la banda de 144 MHz que necesitaban un cristal de cuarzo para cada frecuencia que se quería utilizar. En los transceptores de H.F. es normal tener cobertura de frecuencia de forma continua entre 30 KHz y 30 MHz, y en los equipos de V.H.F. la banda cubierta va sin interrupción desde 144 MHz a 146 MHz. En los receptores toda banda, conocidos como “escáners”, se pueden encontrar coberturas de frecuencia desde pocos MHz a varios GHz.

Todo ello es posible gracias a la utilización de “sintetizadores”. Estos circuitos son capaces de generar frecuencias dentro de un ancho margen, con una estabilidad y precisión comparables a las de un oscilador controlado por un cristal de cuarzo.

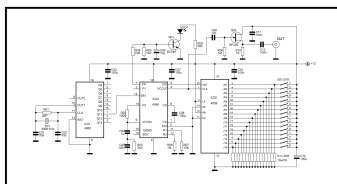
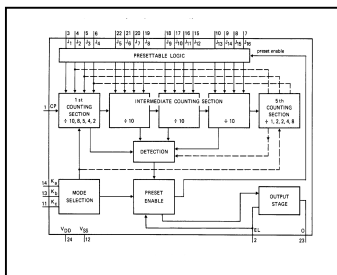
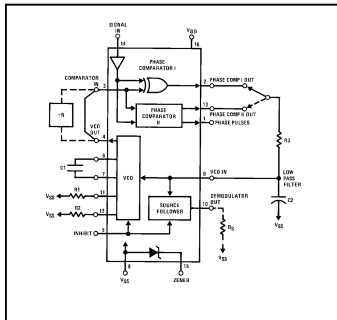
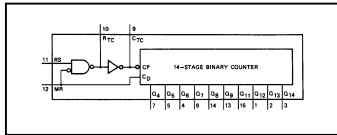
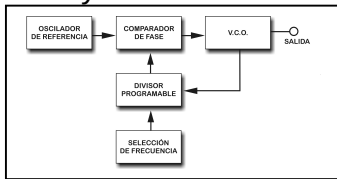
En los siguientes párrafos estudiaremos las características y funcionamiento de uno de estos dispositivos, así como su construcción y puesta a punto. El radioaficionado que guste de construir sus propios equipos podrá disponer de sintetizadores con los que equipar sus transmisores, receptores, generadores de señales, etc. En el presente artículo se propone la construcción de un sintetizador con una frecuencia máxima de funcionamiento de 1MHz. Se trata de un montaje experimental que nos permite el estudio de estos circuitos y que puede ser la base para otros desarrollos.

2.- DESCRIPCIÓN.

Los sintetizadores de frecuencia utilizan un circuito conocido como PLL (Phase Locked Loop), y cuya traducción podría ser Lazo de Fase Cerrada. El esquema de bloques de un PLL básico se puede ver en la figura número 1. Un VCO (Voltage Controlled Oscillator, Oscilador Controlado por Tensión) genera una señal en la frecuencia de salida. Esta señal se dirige hacia un divisor programable, cuya salida se compara con una frecuencia de referencia en un circuito comparador de fase que producirá una tensión continua que finalmente controlará la frecuencia del VCO.

Un ejemplo numérico explicará mejor la cuestión. Supongamos que el VCO genera una señal de 144 MHz y que el divisor programable tiene un factor de división de 144. En su salida tendremos una señal con una frecuencia de 1 MHz. Si la frecuencia de referencia es de 1 MHz, el comparador de fase genera una tensión de, por ejemplo, 5 voltios. Si el VCO sufre un desplazamiento de frecuencia, digamos hacia arriba, la frecuencia de la señal de salida del divisor programable aumentará y la tensión generada por el comparador de fase ya no será de 5 voltios sino que será menor, corrigiendo de esta manera la deriva de frecuencia del VCO.

El esquema de bloques de la figura número uno corresponde al tipo básico de PLL ya comentado. Hay otros tipos de PLL que pueden incluir prescaler, mezcladores, etc, para conseguir superar los límites de frecuencia de funcionamiento que pueden tener los divisores programables.



La construcción del presente montaje se ve facilitada por el uso de circuitos integrados especialmente diseñados para estas funciones. La frecuencia de referencia se consigue mediante el integrado 4060, cuyo esquema interno se puede ver en la figura número dos. En su interior se encuentra un inversor al que se conecta un cristal de cuarzo, en nuestro caso de 4096KHz, y una serie de divisores binarios. La salida la tomaremos de la patilla número 1 donde aparece la señal del cuarzo dividida por 4096, con lo que tenemos una señal de referencia de 1KHz.

El esquema interno del circuito integrado 4046 se puede ver en la figura número tres. En su interior tenemos dos comparadores de fase, un VCO, un amplificador-seguidor de la tensión de control del VCO y un circuito estabilizador. En nuestro montaje utilizaremos el comparador de fase número dos y el VCO.

En la figura número cuatro podemos ver el esquema interno del circuito integrado 4059, un divisor programable de cinco etapas, tres de ellas decimales y otras dos programables para otros factores de división, lo que permite gran flexibilidad para obtener distintos factores totales de división.

En la figura número cinco se puede ver el esquema completo del sintetizador. El cristal de cuarzo de 4096KHz está conectado entre las patillas números diez y once del circuito integrado IC01, 4060. La resistencia R01 proporciona la polarización en continua y los condensadores C01 y C02 compensan las capacidades parásitas. La salida de la señal de referencia se toma de la patilla número uno, donde aparece la señal del cristal de cuarzo, 4096KHz, dividida por la potencia 14 de 2, es decir, 4096, por lo que la frecuencia final es de 1KHz.

Esta señal de referencia se aplica a una de las entradas del comparador de fase, patilla número catorce del circuito integrado IC02. A la otra entrada del comparador de fase, patilla número tres del circuito integrado IC02, le llegará la señal procedente del divisor programable.

La frecuencia del VCO está determinada por la tensión de control aplicada a la patilla número nueve de IC02 y por los valores de los componentes C08, R06 y R07. La señal de salida del VCO se aplica a la entrada del divisor programable,

patilla número uno de IC03 y a través del condensador C09 a la puerta del FET Q02, de cuyo terminal surtidor tomaremos la salida. Este transistor funciona como paso separador con una impedancia de entrada muy alta, para no cargar el VCO y con una impedancia de salida muy baja.

La salida del comparador de fase está formada por unos impulsos de anchura variable, por lo que, antes de aplicarla a la entrada de control del VCO es necesario que pase por un filtro pasabajos con una constante de tiempo suficientemente larga para que sea una tensión completamente continua. Este filtro está formado por las resistencias R02, R03 y los condensadores C04, C05.

La señal de salida del VCO se aplica a la entrada del divisor programable que procede a efectuar la división según la posición de los interruptores S01 a S16 conectados en las entradas J01 a J16. Estas entradas están a “cero” mediante las resistencias R11 a R26 y se ponen a “uno” al cerrar el interruptor correspondiente. Cada divisor está controlado por la posición de cuatro interruptores, por lo que los cuatro primeros controlan las “unidades”, los cuatro siguientes las “decenas”, “centenas” y “millares”.

En la siguiente tabla se especifica el peso de cada uno de los interruptores. Como se puede observar en el ejemplo, para obtener una frecuencia de 487KHz será necesario cerrar los tres primeros interruptores de las unidades, el cuarto interruptor de las decenas y el tercer interruptor de las centenas.

	UNIDADES				DECENAS				CENTENAS				MILLARES			
SW	1	2	4	8	1	2	4	8	1	2	4	8	1	2	4	8
	J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16
PESO	1	2	4	8	10	20	40	80	100	200	400	800	1000	2000	4000	8000
487KHz	X	X	X					X			X					

Es preciso tener en cuenta lo siguiente.

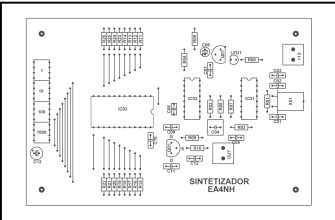
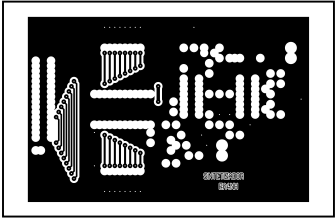
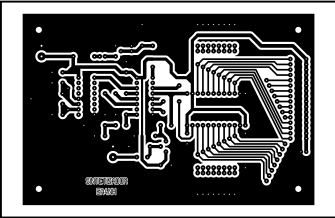
- El mayor factor de división de cada divisor es 10.
- La frecuencia máxima de funcionamiento del VCO es de 1MHz.
- El mínimo factor de división de IC03 es 3.

La señal de salida del divisor programable se aplica a la segunda entrada del comparador de fase, patilla número tres del integrado IC02, para su comparación con la frecuencia de referencia y obtención de la tensión de control del VCO.

En la patilla número uno de IC02 aparecen unos impulsos como resultado de la comparación de fase. Estos impulsos, convenientemente filtrados, se aplican a la base del transistor Q01 en cuyo colector se encuentra el diodo LED1. Cuando el VCO está fuera de frecuencia, estos impulsos son muy estrechos y el LED no se ilumina. Cuando el VCO está “enganchado” la anchura de estos impulsos es tal que el transistor Q01 comienza a conducir y el diodo LED se ilumina, indicando el funcionamiento correcto del PLL.

Los condensadores C03, C07 C10 y C13 desacoplan la alimentación en distintos puntos del circuito. Todo el montaje se alimenta con una tensión estabilizada de 12 voltios.

3.- CONSTRUCCIÓN.



Para la construcción del sintetizador utilizaremos una placa de circuito impreso de doble cara con unas dimensiones de 137mm x 88mm. En la figura número seis se puede ver la parte inferior de la placa correspondiente a las soldaduras, en la figura número siete tenemos el diseño de la parte superior de la placa, lado de los componentes y en la figura número ocho se puede ver la situación de los componentes.

Para el montaje del circuito son necesarios los siguientes componentes.

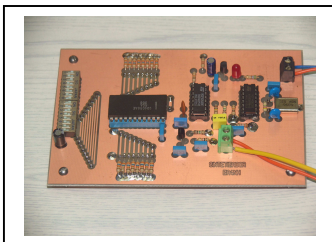
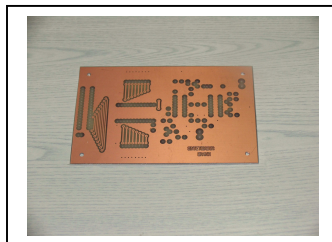
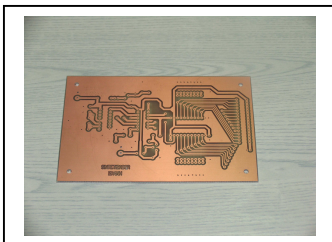
C01	33p
C02	33p
C03	100n
C04	1μ
C05	100n
C06	10μ
C07	100n
C08	100p
C09	10n
C10	100n
C11	100n
C12	100n
C13	100μ
IC01	4060
IC02	4046
IC03	4059
LED1	LED
Q01	BC549
Q02	BF245
R01	4M7
R02	100K
R03	3K3
R04	10K
R05	1K2
R06	1M
R07	10K
R08	560

R09	1M
R10	1K
R11	47K
R12	47K
R13	47K
R14	47K
R15	47K
R16	47K
R17	47K
R18	47K
R19	47K
R20	47K
R21	47K
R22	47K
R23	47K
R24	47K
R25	47K
R26	47K
X01	4096 KHz

Antes de proceder al montaje de los componentes, es preciso unir con unos tozos de hilo de cobre las pistas de las dos caras en los lugares indicados. Si no se desea realizar una placa de doble cara, se puede hacer de una sola cara y después realizar los puentes marcados en la disposición de los componentes.

Una vez en posesión de los componentes procederemos al montaje. Comenzaremos por las resistencias, siguiendo por los condensadores y el resto de los componentes. Si la placa es de doble cara soldaremos los terminales de las resistencias que sea necesario por las dos caras de la placa para unir los planos de masa. Para el montaje de los circuitos integrados utilizaremos zócalos de buena calidad para evitar sobrecalentamientos durante el montaje y una fácil sustitución en caso necesario.

4.- FUNCIONAMIENTO.



Una vez montados todos los componentes, procederemos a una inspección cuidadosa para comprobar que las soldaduras son correctas y no hay cortocircuitos entre pistas. En las figuras

números nueve y diez se puede ver la placa de circuito impreso antes del montaje de los componentes. En la figura número once tenemos el sintetizador montado.

Si todo es correcto, conectaremos un frecuencímetro en la salida y daremos tensión al montaje, 12 voltios estabilizados. Cerraremos los interruptores indicados en el ejemplo y

controlaremos que la frecuencia de salida es 487KHz, como se ha indicado. El diodo LED deberá iluminarse indicando que el PLL funciona correctamente. Accionaremos distintos interruptores para obtener otras frecuencias, dentro del margen indicado comprobando en todos los casos la iluminación del diodo LED. La tensión de control del VCO, patilla número nueve de IC02, estará comprendida entre dos y once voltios aproximadamente, dependiendo de la frecuencia de salida.

5.- RESUMEN.

En el presente artículo se ha descrito la construcción y puesta en funcionamiento de un sintetizador experimental con una frecuencia máxima de funcionamiento de 1MHz. Con este montaje podemos estudiar las características y funcionamiento de estos circuitos y obtener experiencia para la realización de otros sintetizadores más complejos que sirvan de base para otros montajes.

El montaje descrito en el presente artículo no ha sido probado en grandes series y, por tanto, no se tiene certeza de que su funcionamiento sea 100% correcto. Solamente se describe la construcción y el funcionamiento del prototipo.

El autor no se hace responsable de posibles derechos de copia. La información para la realización de este montaje procede de diversas publicaciones, libros, revistas, etc., así como de los propios conocimientos del autor.

El autor no se hace responsable de posibles daños y/o perjuicios causados por la construcción y/o uso de este dispositivo, daños personales o muerte, daños a la propiedad, daños al medio ambiente, lucro cesante, pérdida total o parcial de datos informáticos o cualquier tipo de daño que se pudiera derivar del montaje y/o uso de este dispositivo.

No se aconseja el uso de este dispositivo en aplicaciones críticas, como son control de maquinaria peligrosa, control de navegación o tráfico, maquinaria de mantenimiento de vida o sistemas cuyo mal funcionamiento pueda provocar causas o efectos anteriormente mencionados. Este dispositivo no es tolerante a fallos.

El autor declina cualquier responsabilidad, ni se hace responsable de no mencionar a los dueños de las posibles patentes que aquí se pudieran reflejar.

El dispositivo descrito en el presente artículo es un montaje experimental, cuyo propósito es el estudio de los diferentes aspectos de la Electrónica, por tanto, no está destinado a su utilización industrial ni para su explotación comercial en cualquiera de sus facetas.

El autor no efectúa ninguna actividad comercial relacionada con este u otros montajes publicados en esta u otras revistas o publicaciones de cualquier tipo.

El presente artículo y todos los publicados hasta el momento en la revista "RADIOAFICIONADOS", están recopilados en un DVD a disposición de quien lo solicite. Se incluyen todos los textos, así como las fotografías, dibujos, gráficos, plantillas de circuitos impresos, etc.

Aunque se ha intentado proporcionar todos los detalles necesarios para la realización del proyecto, es posible que algún aspecto no haya quedado suficientemente desarrollado. Como es natural, con mucho gusto el autor dará cumplida información sobre cualquier detalle no especificado, o cualquier punto en particular que no haya quedado completamente explicado. Buena suerte a todos.

Luis Sánchez Pérez. EA4-NH
Apartado 421
45080-TOLEDO
Tlf. 606-383-140
Web: www.ea4nh.com
E-mail: ea4nh@ure.es

Figura número uno.
Esquema de bloques.

Figura número dos.
Esquema interno del CI 4060.

Figura número tres.
Esquema interno del CI 4046.

Figura número cuatro.
Esquema interno del CI 4059.

Figura número cinco.
Esquema general.

Figura número seis.
Circuito impreso. Soldaduras.

Figura número siete.
Circuito impreso. Componentes.

Figura número ocho.
Disposición de componentes.

Figura número nueve.
Circuito impreso. Soldaduras.

Figura número diez.
Circuito impreso. Componentes.

Figura número once.
Circuito montado.