

micro/bit

**Generador de funciones de hasta
20 MHz**

EDICIONES TÉCNICAS REDE

Generador de funciones de hasta 20 MHz

Por David L. Jones

Proporciona señales sinusoidales, cuadradas y triangulares de hasta 20 MHz en tres gamas

Pensaba que tenía un banco de trabajo bastante bien equipado hasta que, hace un par de meses, quise probar algunos circuitos con amplificadores operacionales para un nuevo diseño. Tenían que trabajar a varios Megahertzios y era conveniente probarlos a 10 MHz. Sin embargo, no pude hacerlo porque recordé que mis dos generadores de funciones sólo podían trabajar hasta algo más de 1 MHz. Podría haber adquirido alguno de los sintetizadores de funciones capaces de suministrar señales de más de 10 MHz que hay en el mercado, pero a la vista de su precio, decidí que para mi banco de trabajo sólo necesitaba uno sencillo y de bajo coste.

Poniéndome el mono de inventor, dejé de lado provisionalmente el proyecto que tenía entre manos (como es habitual) y decidí que necesitaba diseñar un generador de funciones de alta velocidad.

Lo primero que hice fue buscar en revistas y documentaciones algún proyecto de generador de funciones que pudiese cubrir mis necesidades. El único que encontré para frecuencias en la región del Megahertzio fue un complicado circuito sintetizado digitalmente. Aunque cubría la frecuencia que deseaba, lo que realmente deseaba era un instrumento con *botones de mando* para poderlo manejar y ajustar fácilmente.

En principio, el diseño que deseaba emprender era terriblemente complicado, pero entonces apareció en Estados Unidos el chip MAX038 de Maxim Integrated Products, un chip único que contiene un generador de funciones sinusoidales, cuadradas y triangulares de hasta 20 MHz.

Aunque es posible construir un generador de funciones completo empleando únicamente el MAX038 y algunos condensadores y resisten-

cias, comprobé que era necesario un poco más de circuitería para poder realizar un generador de funciones totalmente operativo en un banco de trabajo.

El diseño final descrito en este artículo puede producir señales sinusoidales, cuadradas, triangulares y niveles TTL hasta 20 MHz y más. Véase el recuadro adjunto para las especificaciones.

Normalmente, un generador de funciones con esta gama de frecuencias es muy caro y complejo. Pero como el lector puede comprobar, este diseño consiste en muy poco más que tres circuitos integrados.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que este proyecto se ha diseñado para disponer de la mayor gama de frecuencias posible y no para el menor nivel de distorsión posible. Con una distorsión armónica de la onda sinusoidal superior al 1%, no es adecuado para aplicaciones de audio de precisión. Sin embargo,

puede utilizarse perfectamente en aplicaciones generales de audio.

Para mantener el coste del generador a un mínimo absoluto, decidí no incluir un visualizador de frecuencia suponiendo que se empleará en unión de un frecuencímetro o de un osciloscopio. También suprimí el ajuste del ciclo de trabajo y las entradas de modulación por la misma razón.

El MAX038 por dentro

Sorprendentemente, el MAX038 no emplea ninguna técnica circuital innovadora ni patentada, para generar frecuencias de hasta 20 MHz y más. Sencillamente utiliza un sencillo oscilador de relajación, que funciona cargando y descargando un condensador (en la patilla 5) empleando una corriente constante. Básicamente es un integrador de doble pendiente que produce una frecuencia triangular, cuya frecuencia está determinada por el condensador oscilador

CARACTERÍSTICAS

Funciones de salida: Sinusoidal, Cuadrada, Triangular, TTL

Gamas de frecuencias: Sinusoidal 10 Hz - 20 MHz
Cuadrada 10 Hz - 10 MHz
Triangular 10 Hz - 10 MHz

Distorsión sinusoidal: Típica <2%

Tiempos de subida/bajada

onda cuadrada: <10 ns

Nivel de tensión de salida

(todas las gamas): 0 - 2 V_{p-p}

Gamas de frecuencias

(todas las funciones): BAJA 10 Hz - 500 Hz
MEDIA 500 Hz - 100 kHz
ALTA 100 kHz - 20 MHz

Salida TTL: Nivel de tensión TTL (sincronizada con el paso por cero de la salida analógica)

Impedancia de salida: 50 ohmios nominales

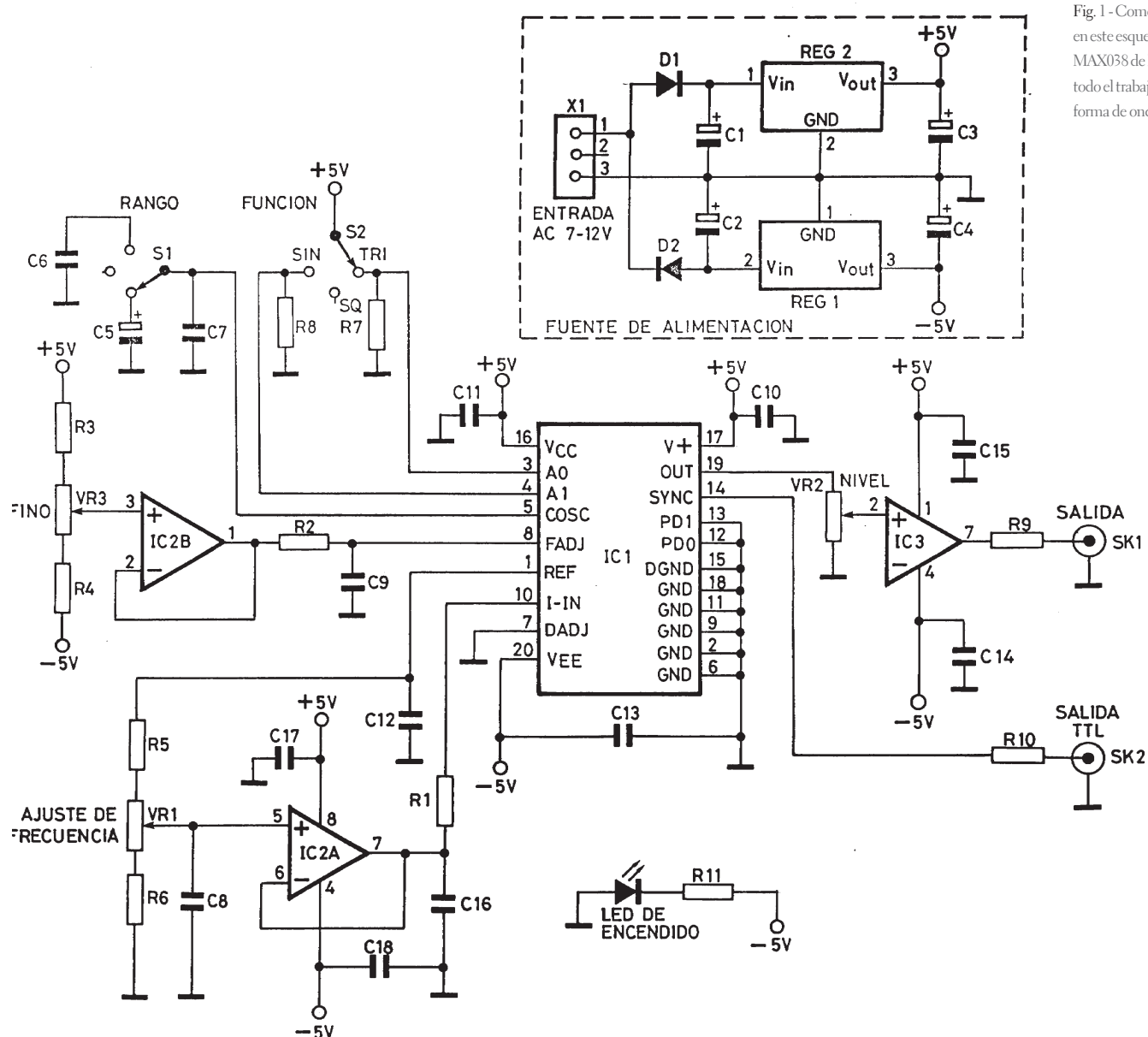


Fig. 1 - Como puede verse en este esquema, IC1, un MAX038 de Maxim, hace todo el trabajo de generar la forma de onda.

externo y la corriente de entrada en la patilla I_{IN} (patilla 10).

Esta onda triangular interna se aplica a un comparador interno para producir la función de onda cuadrada. La función sinusoidal se obtiene aplicando la señal triangular a un circuito conformador de onda sinusoidal que la corrige automáticamente para la frecuencia

deseada y produce una onda sinusoidal con una distorsión razonablemente baja y de una amplitud constante.

Las señales de onda sinusoidal, cuadrada y triangular se aplican luego a un multiplexor que selecciona cuál es la función que se aplica al amplificador separador de salida de baja impedancia.

Detalles del circuito

Como puede verse en el esquema de la figura 1, el MAX038 hace todo el trabajo de generar la forma de onda, por lo que lo único que hay que hacer es indicarle la frecuencia a la que debe trabajar y qué tipo de señal (sinusoidal, cuadrada o triangular) debe producir.

La frecuencia de salida está determinada por tres factores. El primero es el valor del condensador del oscilador de la patilla 5, que establece la frecuencia a la que debe trabajar interiormente. El segundo factor es la corriente aplicada a la entrada de corriente I_{IN} (patilla 10), mientras que el tercero es la tensión aplicada a la entrada de ajuste de frecuencia F_{ADJ} (patilla 8).

Un poco en contradicción con su nombre, la patilla de ajuste de frecuencia no es la mejor manera de ajustar la frecuencia de salida porque, en realidad, ésta es directamente proporcional a la corriente de la patilla I_{IN} . La entrada F_{ADJ} sólo se utiliza para ajustes finos de frecuencia o para modulación de frecuencia, porque sólo tiene aproximadamente el 70% de la gama de ajuste de I_{IN} .

Para ajustar la frecuencia de salida, la corriente aplicada a I_{IN} puede ser de unos 2 μA a 700 μA . La patilla

I_{IN} actúa como masa virtual, por lo que basta aplicarle una tensión positiva a través de una resistencia. Esto produce una corriente hacia I_{IN} que puede deducirse empleando la ley de Ohm. La frecuencia de salida puede relacionarse con la fórmula siguiente:

$$F_o \text{ (MHz)} = I_{IN} \text{ (}\mu A\text{)} / C_f \text{ (pF)}$$

Donde C_f es el valor del condensador del oscilador de la patilla 5. Esta fórmula supone que F_{ADJ} está a 0 V.

El circuito formado por IC2a se emplea para proporcionar una referencia de tensión estable que regule la entrada de corriente en la patilla I_{IN} . Esto también permite emplear un potenciómetro de bajo valor (VR1) para el ajuste de frecuencia basto. Al divisor de tensión formado por R5, VR1 y R6 se le aplica una referencia de tensión de 2,5 V de intervalo de

banda de IC1 (patilla 1). Las resistencias limitadoras R5 y R6 limitan el valor de I_{IN} para que no supere su banda lineal disponible.

El ajuste fino de la frecuencia se consigue variando la tensión de la patilla F_{ADJ} . A diferencia de la patilla I_{IN} , la patilla F_{ADJ} trabaja variando la tensión de entrada entre ± 2 V. En este circuito, esta gama se ha fijado a $\pm 1,6$ V mediante el divisor de tensión formado por R3, R4 y VR3. A continuación, IC2b separa esta tensión, que se aplica a la patilla F_{ADJ} a través del filtro paso bajo constituido por R2 y C7.

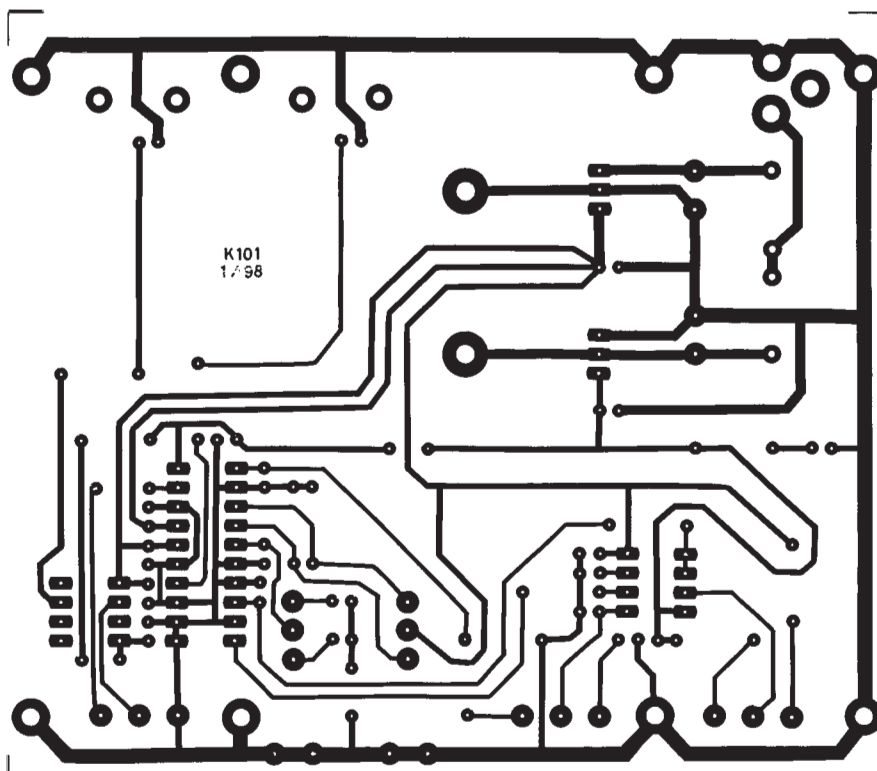
Las tres gamas de frecuencias se seleccionan con el conmutador de gama S1, que simplemente conecta en paralelo C5 o C6 con C7 para establecer las gamas baja y media, respectivamente. Para la gama alta sólo se utiliza C7.

Las funciones sinusoidal, cuadrada y triangular se seleccionan con S2. A0 (patilla 3) y A1 (patilla 4) son entradas de selección digital del MAX038 que seleccionan, mediante un multi-plexor interno, la función que debe aplicarse a la salida.

La salida digital TTL se toma directamente de la salida SYNC (patilla 14). Esta señal pasa de baja a alta cada vez que la salida analógica pasa por 0 V en sentido positivo. Esta señal puede emplearse para sincronizar la salida analógica aplicada a un circuito bajo prueba, o para disparar un osciloscopio, aunque su principal propósito sólo es el de salida de nivel TTL independiente.

La salida SYNC tiene su propia patilla de alimentación (patilla 16), que debe desacoplarse de la alimentación general analógica de la patilla 17 porque, de otro modo, en la salida analógica aparecería un pequeño pico, cada vez que la salida de sincronismo digital cambia de estado. Por esta razón, la placa tiene pistas de alimentación separadas que van a las patillas 16 y 17, cada una con su propio condensador de desacoplamiento.

Fig. 2 - Patrón para el ataque de la placa de circuito impreso para el generador de funciones, reproducido a tamaño natural para



La salida del MAX038 está fijada a ± 1 V, independientemente del tipo de forma de onda seleccionado. Este nivel de salida se fija mediante el intervalo de la banda interna de referencia de tensión de $\pm 2,5$ V. Si se necesitase una tensión de salida mayor, deberá añadirse un amplificador externo.

El MAX038 tiene su propia etapa separadora de salida de baja impedancia, pero no tiene ninguna utilidad cuando el nivel de salida debe variarse, en este caso con VR2. La tensión en el cursor de VR2 se aplica a la etapa final formada por el integrado separador IC3, un EL2001 fabricado por Elantec. Es un amplificador separador ajustado a una ganancia unidad a 70 MHz, que puede alimentar líneas coaxiales de 50 ohmios. R9 sirve para acercar la impedancia de salida a la estándar de 50 ohmios.

El circuito de la fuente de alimentación, que comprende REG1 y REG2, es una típica fuente de alimentación regulada de ± 5 V, alimentada por una entrada de corriente alterna rectificada en semionda.

Instrucciones de montaje

Para insertar los componentes en el circuito impreso (figura 2), guíese por la serigrafía de la placa y por la disposición práctica de los componentes ilustrada en la figura 3.

En la placa van montados cinco puentes de hilo. Empiece por insertar las resistencias y emplee algunos terminales cortados para los puentes. A continuación monte los diodos y los condensadores, excepto los electrolíticos. Luego monte los zócalos de los circuitos integrados, pero sin insertar todavía los componentes en ellos.

Seguidamente, monte los dos reguladores de tensión con la debida orientación. Antes de soldar sus terminales, monte en ellos los dispa-

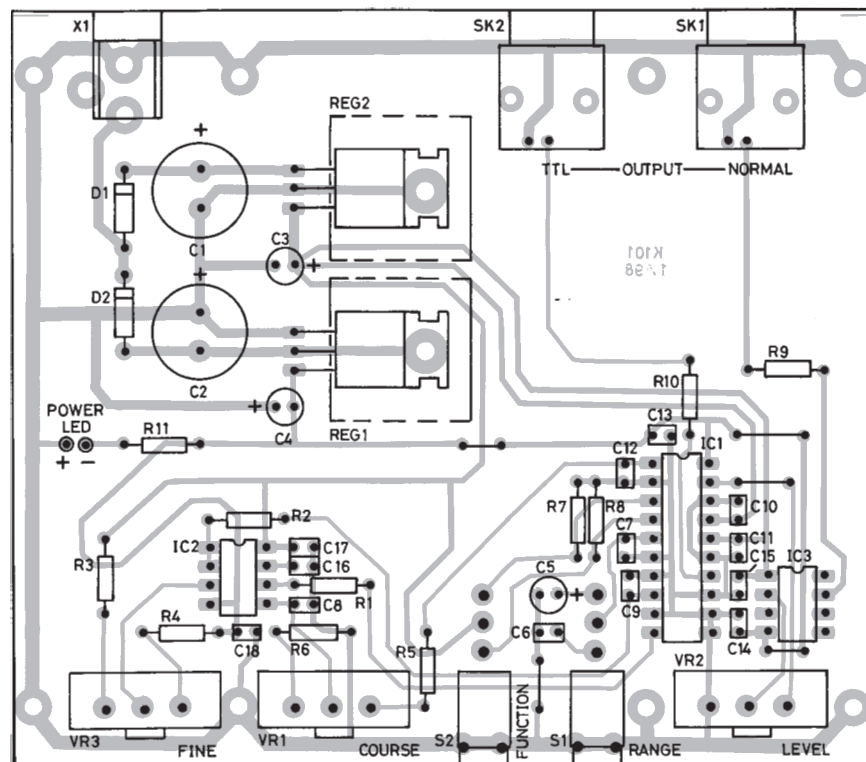


Fig. 3 - Utilice este dibujo de serigrafía como guía para el montaje de la placa de circuito impreso del generador de funciones. La placa es soportada por el panel frontal de la caja mediante los potenciómetros de control y los conmutadores de palanca.

dores de calor empleando los tornillos y las tuercas suministrados. Los disipadores no deben tocarse. Después vienen los conectores BNC y el jack DC. Antes de efectuar las soldaduras, asegúrese de que queden bien apoyados contra la placa.

A continuación monte los dos conmutadores de palanca, asegurándose también de que queden contra la placa antes de soldar sus terminales. Monte los potenciómetros y los condensadores electrolíticos. Estos últimos son polarizados, por lo que deberá tener en cuenta las marcas de polaridad de la serigrafía, para montarlos con la correcta orientación.

Por último, monte el diodo LED indicador de funcionamiento. Pele los extremos de los dos hilos de conexión suministrados y suelde un extremo de cada uno en los agujeros de la placa. Fije el LED en el panel frontal y suelde los extremos libres de los hilos de conexión al corres-

pondiente terminal del LED, teniendo en cuenta que el más largo es el positivo y el más corto el negativo.

Antes de aplicar la alimentación al circuito, compruebe que todos los componentes estén en sus posiciones correctas y que todos sus terminales estén soldados. Repase todas las soldaduras para ver si hay alguna defectuosa, que es la causa más corriente de que los kits no funcionen correctamente o no funcionen en absoluto.

Antes de insertar los circuitos integrados en la placa, aplique la alimentación y compruebe que existan +5 voltios y -5 voltios en las patillas de alimentación de cada circuito integrado. Si todo está correcto, retire la alimentación e inserte los circuitos integrados en sus correspondientes zócalos, teniendo en cuenta su correcta orientación.

Coloque los paneles frontal y posterior en la placa y sitúe la placa

con los paneles en la mitad inferior de la caja de plástico. Los paneles deberán deslizarse por las ranuras de cada lado de la caja. Una vez que los paneles estén bien encajados, utilice los tornillos autorroscantes para fijar la placa a la caja, pero sin apretarlos excesivamente.

Lista de componentes

R1	=	3,3 k Ω
R2, R4	=	1 k Ω
R3	=	820 Ω
R5	=	330 Ω
R6	=	6,8 Ω
R7, R8	=	10 k Ω
R9, R10	=	47 Ω
R11	=	560 Ω
Todas de 1/4 W, 2%		
VR1, VR2	=	1 k Ω , lineales para montaje en placa
C1, C2	=	1.000 μ F/25 V, electrolíticos
C3, C4	=	10 μ F/16 V, electrolíticos
C5	=	1 μ F/16 V, electrolítico
C6	=	10 nF, cerámico
C7	=	27 pF, cerámico
C8 a C18	=	100 nF, cerámicos
IC1	=	MAX038
IC2	=	TL072
IC3	=	EL2001
REG1	=	7905
REG2	=	7805
D1, D2	=	1N4004
1 LED para montaje en panel		
S1, S2	=	Conmutadores palanca C&K 7103-AV2
SK1, SK2	=	Conectores BNC
X1	=	Jack hembra 2,5 mm para montaje en panel
2 Disipadores de calor HS103		
1 Zócalo DIL para IC de 20 patillas		
2 Zócalos DIL para IC de 8 patillas		
1 Placa de circuito impreso K101		
1 Juego de paneles delantero y posterior		
1 Caja de plástico		
3 Botones de plástico		
1 Escuadra para montaje en placa		
2 Tornillos M3 $\times$ 6 y tuercas		
6 Tornillos autorroscantes		
10 cm de hilo de conexión doble		

Puesta en marcha

Como no es necesario efectuar ninguna calibración ni ajuste antes de su empleo, la unidad deberá funcionar «a la primera», tal como se describe a continuación.

Conecte la salida a un osciloscopio y aplique la alimentación. Con el mando de control de nivel situado en su posición de máximo, deberá observar una señal del tipo seleccionado con S2. Asegúrese de que pueden seleccionarse los tres tipos de forma de onda y de que los mandos MAIN (Basto) y FINE (Fino) funcionan en las tres gamas seleccionadas con S1. Las tres gamas de frecuencias deberán solaparse. Si entre ellas hubiese un intervalo vacío, seguramente C2, C3 o C4 no tendrán el valor o la tolerancia correctos. Sin embargo, esto es muy improbable.

Los límites de las tres gamas de frecuencias sólo deben utilizarse como orientación, porque los valores efectivos de dichos límites dependen de las tolerancias de los componentes del oscilador. Por tanto, seleccionando la gama «500 Hz-100 kHz» y girando los mandos de control de frecuencia completamente a máximo o a mínimo, lo más probable es que no se obtengan los valores indicados.

En los mandos de ajuste de frecuencia del panel no se ha incluido ninguna escala calibrada, porque la amplia cobertura de frecuencias de cada gama haría casi ilegible la escala. Por tanto, este instrumento debe emplearse junto con un frecuencímetro.

Para utilizar simultáneamente un frecuencímetro y el circuito en prueba, utilice un conector BNC del tipo «T».

En un osciloscopio no deberá observarse ninguna distorsión apreciable en la señal sinusoidal hasta 20 MHz. Sin embargo, la función cuadrada empezará a aproximarse a una onda sinusoidal a frecuencias superiores a 10 MHz, debido a la limitación de la anchura de banda de la etapa de salida del MAX038. La señal triangular también presenta esta limitación, pero en un menor grado y puede utilizarse satisfactoriamente hasta cerca de 20 MHz. Tenga en cuenta que, para obtener una imagen precisa de las señales de salida a 20 MHz, necesitará emplear un osciloscopio de al menos 100 MHz de anchura de banda.

Los dos prototipos construidos llegan a una frecuencia del orden de 25 MHz con la señal sinusoidal todavía razonablemente limpia. La frecuencia superior efectiva depende del valor de C7. Con este condensador es posible lograr que la frecuencia máxima llegue a más de 30 MHz. Sería posible obtener una frecuencia más elevada y una distorsión menor, pero esto requeriría el empleo de una placa de circuito impreso de doble cara, con una distribución muy estudiada, impropia para este proyecto de bajo coste.

He aquí todo lo que puedo explicar sobre este nuevo generador de funciones de 20 MHz y de bajo coste. Estoy seguro de que el lector lo considerará tan valioso y útil como yo. ¡Que tengan unas buenas generaciones de señal!

Si desea adquirir el kit, utilice nuestra tienda en la Web.

<http://WWW.redeweb.com>.

Se entrega completo con una caja de plástico (140 x 35 x 110 mm) y con los paneles frontal y posterior mecanizados y los rótulos serigrafiados. El kit se alimenta con un alimentador de red de 7 a 12 V (no incluido).

Nº Ref 50-50101.

