

generador de onda cuadrada

- 1 descripción del circuito
- 2 aplicaciones
- 3 forma de la onda reproducida
- 4 distorsión
- 5 disposición de los aparatos de medida
- 6 componentes

**CIRCUITO
COMPROBADO**

A continuación se describe un generador transistorizado de onda cuadrada, que proporciona ondas cuadradas en cuatro frecuencias preseleccionadas, a fin de cubrir los tres márgenes de frecuencia más interesantes para el experimentador en audio. El generador permite medir las respuestas en frecuencia y transitoria de audio-amplificadores, mediante simples medidas. El aparato es portátil y está alimentado en forma autónoma por dos pilas de 9 V.

1

En la figura 1 puede observarse que el circuito básico del generador es un multivibrador de funcionamiento libre, que produce la forma de onda mostrada en la figura 2. La resistencia R5, junto con el control de frecuencia fino VR1 y R3 y los condensadores seleccionados por el conmutador S1, forman las constantes de tiempo RC que controlan la frecuencia de la onda cuadrada.

Una fórmula simplificada que es suficientemente precisa a fines prácticos, proporciona la constante de tiempo para C y R:

$$\text{constante de tiempo } t_1 = 0.7 CR$$

$$\text{y } t_2 = 0.7 CR$$

Los valores de C y R se han seleccionado para dar las cuatro constantes de tiempo requeridas, que son:

1. 10 kHz, $t = 100 \mu s$
2. 5 kHz, $t = 200 \mu s$
3. 1 kHz, $t = 1 ms$
4. 50 Hz, $t = 20 ms$

Estas frecuencias se seleccionan mediante el conmutador de dos circuitos cuatro posiciones S1.

Se precisan valores de C más elevados para proporcionar la duración necesaria del impulso en la frecuencia de 50 Hz. Para esta frecuencia, los condensadores de acople son de $0,22 \mu F$. Si el circuito debe generar una frecuencia de 20 Hz, dichos condensadores deben ser de $0,68 \mu F$.

El ajuste fino de frecuencia se efectúa mediante VR1, siendo VR2 un potenciómetro con interruptor que regula el control de amplitud y la conexión del aparato a la fuente de alimentación.

La figura 3a muestra una fotografía de una onda de 50 Hz; en 3b la onda es de 10 kHz y finalmente la figura 4 muestra la onda de 10 kHz, una vez ha pasado por un amplificador de alta fidelidad.

El control de amplitud de la tensión de salida regula el nivel de señal adecuado para el aparato a ensayar. La amplitud máxima es de 8 V pico-pico y se mantiene constante en las cuatro frecuencias generadas. La forma de onda tiene unos tiempos de subida y bajada de $5 \mu s$.

2

Las ondas cuadradas se usan frecuentemente en la comprobación de equipos de audio-frecuencia. Mediante la observación

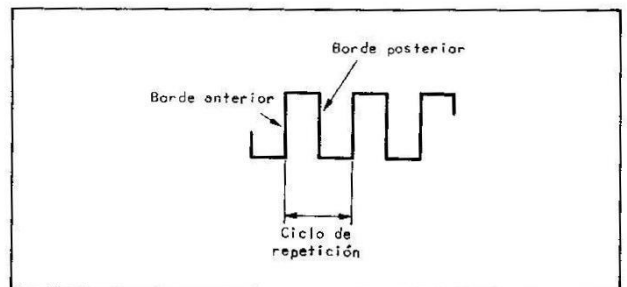
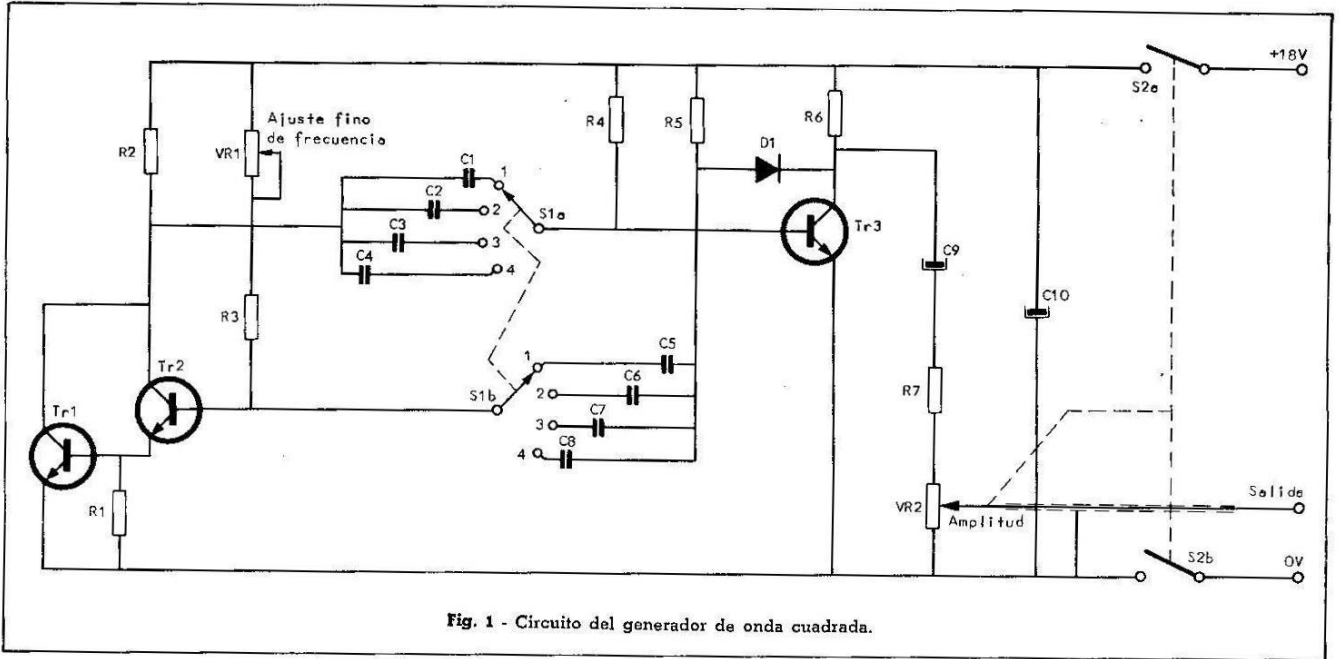


Fig. 2 - Onda cuadrada ideal, en la que pueden observarse los bordes anterior y posterior, así como el ciclo de repetición

GENERADOR DE ONDA CUADRADA



de la onda reproducida en la pantalla del osciloscopio, el técnico puede comprobar la banda de paso del amplificador, comparando el aspecto original de la onda con el reproducido por el amplificador. Una onda cuadrada está formada por una frecuencia fundamental, más una serie de componentes armónicos impares, es decir, f_1 = fundamental, f_3 = tercer armónico, f_5 = quinto armónico, f_7 = séptimo armónico, etc.

final. El tiempo de bajada se mide de la misma forma, pero en sentido inverso.

Puede verse, por lo tanto, que si el amplificador bajo prueba incrementa el tiempo de subida propio de la onda cuadrada

3

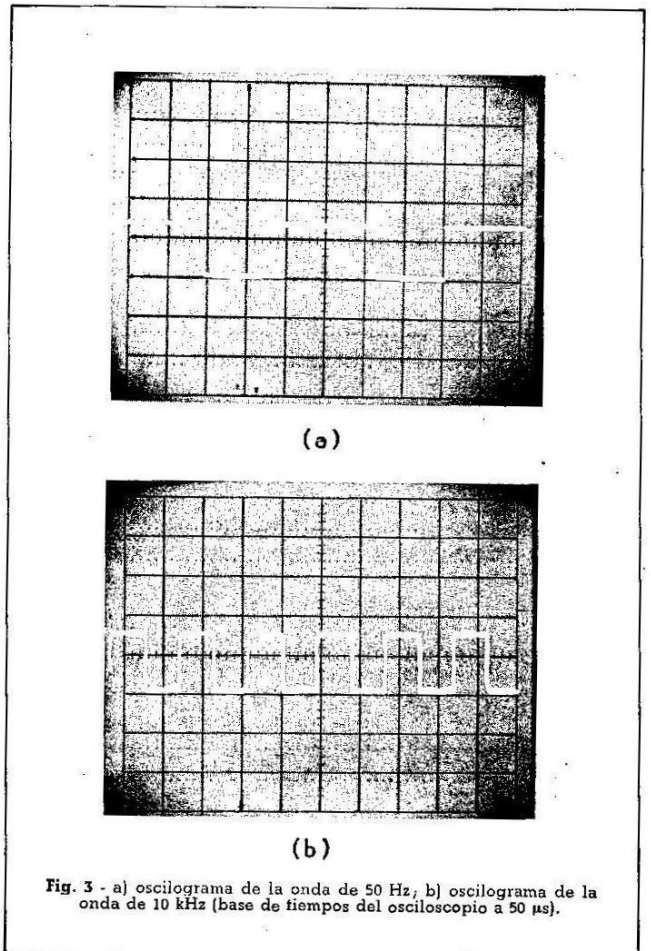
La forma de la onda reproducida depende de la capacidad del amplificador para responder a un amplio margen de frecuencias y por lo tanto a los correspondientes armónicos. Un paso de banda restringido en la parte de altas frecuencias filtra los armónicos elevados, de lo que se obtiene una onda con un tiempo de subida y bajada elevado, como se indica en forma exagerada en la figura 5. El tiempo de subida está relacionado con la frecuencia máxima en el espectro de una onda cuadrada por la expresión:

$$f_{\text{máx.}} = \frac{1}{2 \times \text{tiempo de subida}}$$

Siendo el tiempo de subida del generador descrito igual a $5 \mu\text{s}$, la frecuencia máxima llega a

$$f_{\text{máx.}} = \frac{1}{10 \times 10^{-9}} = 100 \text{ kHz}$$

El análisis de Fourier de una onda cuadrada muestra que la misma está compuesta por un espectro de frecuencia continuo que se extiende desde cero, es decir, el valor de la componente continúa hasta frecuencias armónicas impares de valor muy elevado, dependiendo del tiempo de subida. La forma de onda mostrada en la figura 5 se ha dibujado a propósito con sus lados de pendiente poco abrupta, a fin de demostrar claramente los tiempos de subida y bajada; sin embargo, la onda producida por un generador de buena calidad muestra dichos lados prácticamente verticales. El tiempo de subida se mide entre los puntos correspondientes al 10 % y hasta el 90 % del valor



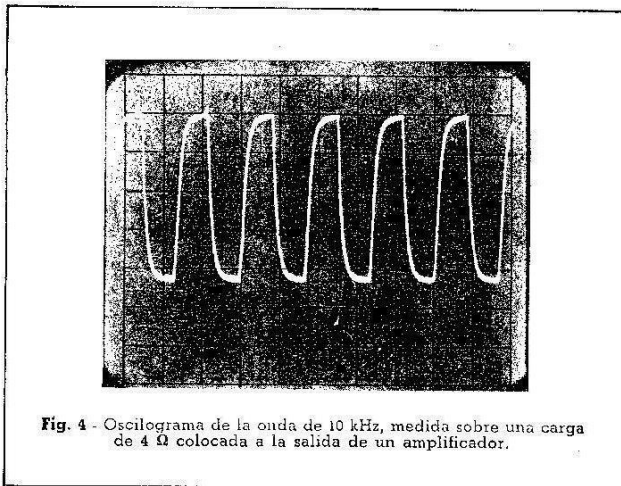


Fig. 4 - Oscilograma de la onda de 10 kHz, medida sobre una carga de 4 Ω colocada a la salida de un amplificador.

aplicada a la entrada de aquél, se ha producido una limitación en la respuesta de frecuencia.

4

En forma ideal, la onda cuadrada reproducida en un buen osciloscopio debe consistir en una línea superior e inferior prácticamente horizontal y unos tiempos de subida y bajada casi invisibles. La figura 6 muestra las diversas distorsiones que pueden introducirse en la señal, así como la información que de ella se obtiene.

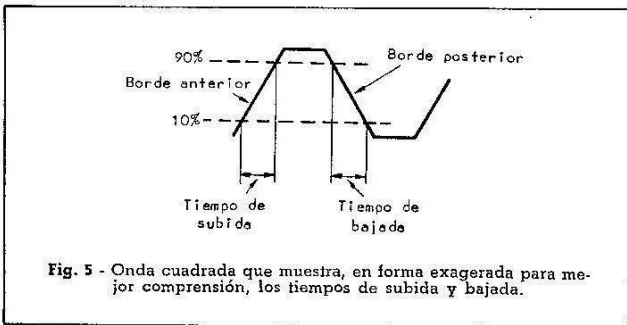


Fig. 5 - Onda cuadrada que muestra, en forma exagerada para mejor comprensión, los tiempos de subida y bajada.

Las formas de onda mostradas en la figura 6 se han observado conectando un osciloscopio a la salida del amplificador, en paralelo con una resistencia de carga que corresponde en valor a la impedancia del altavoz (ver figura 7). Dicha resistencia se deriva con un condensador de 1 μF, que causará la entrada en oscilación del amplificador si éste tiene una tendencia hacia la inestabilidad.

Con el generador de onda cuadrada conectado a los terminales de entrada del amplificador, la forma de onda observada a la salida no debe mostrar oscilaciones. A frecuencias de 1 kHz y 5 kHz debe observarse una forma de onda prácticamente cuadrada, siendo por lo tanto casi idéntica a la señal de entrada. A 10 kHz, en general, se observará un ligero redondeamiento de los bordes de la onda, pero no deben presentarse oscilaciones.

5

La figura 7 muestra la disposición de los aparatos de medida para comprobar la respuesta del amplificador. Los controles

de tono del amplificador deben situarse inicialmente en la posición de respuesta plana. El generador de onda cuadrada se regulará para que su salida no produzca la sobrecarga de la etapa de entrada del amplificador. Finalmente, se regula el control de volumen del amplificador, para tener un nivel de señal de salida adecuado para las medidas. En general, este nivel debe variarse hasta que la salida del amplificador sea la correspondiente al valor específico, sin distorsión apreciable.

El generador de onda cuadrada cubre tres bandas de frecuencia: una banda baja 50 Hz, media 1 kHz y alta frecuencia 5 kHz y 10 kHz.

6

- R1 = 150.000 ohmios
 - R2 = 10.000 ohmios
 - R3 = 10.000 ohmios
 - R4 = 68.000 ohmios
 - R5 = 10.000 ohmios
 - R6 = 4.700 ohmios
 - R7 = 15.000 ohmios
- Todas las resistencias de 1/2 W ± 10 %
- C1, C5 = 220.000 pF poliester
 - C2, C6 = 10.000 pF poliester
 - C3, C7 = 2.200 pF cerámico
 - C4, C8 = 1.000 pF cerámico
 - C9 = 50 μF/25 V electrolítico
 - C10 = 100 μF/40 V electrolítico

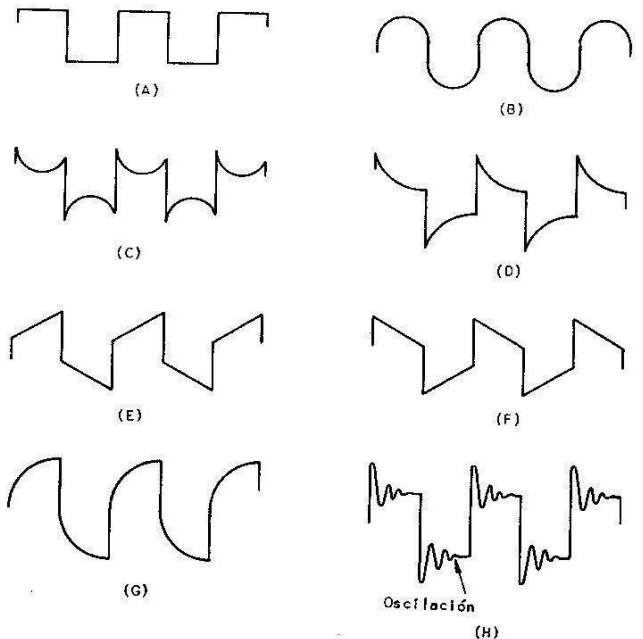
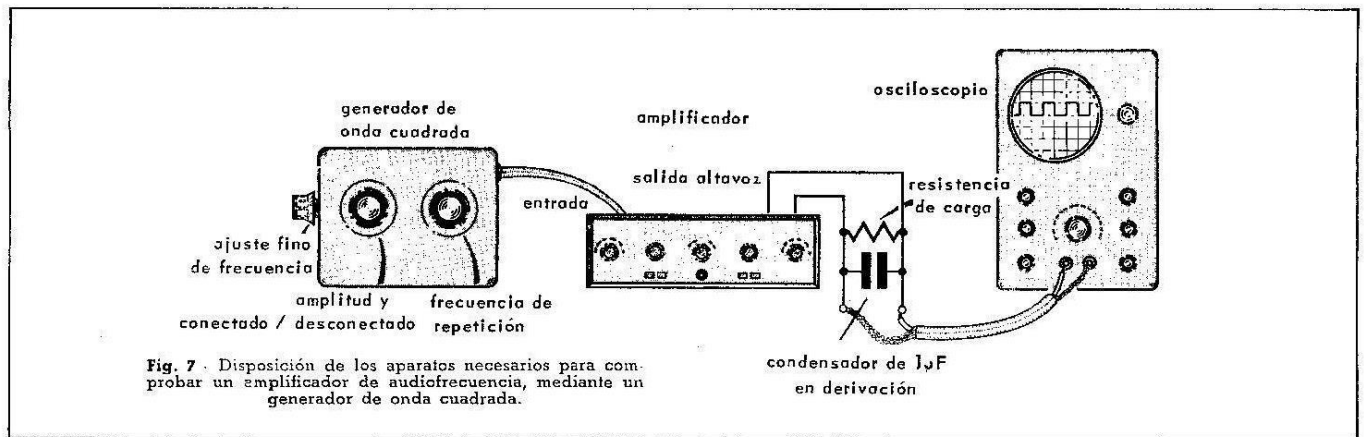


Fig. 6 - Aspecto aproximado de las distorsiones que pueden aparecer en una onda cuadrada, junto con las causas que las motivan. a) forma de onda ideal aplicada al amplificador bajo prueba; b) atenuación en alta frecuencia. La curvatura de la forma de onda puede variarse actuando sobre el control de agudos; c) atenuación de baja frecuencia. La curvatura puede variarse mediante el control de graves; d) esta forma de onda se produce por atenuación en baja frecuencia más un adelanto en el ángulo de fase. Un aumento de este tipo de distorsión origina una diferenciación en la forma de onda; e) un retardo en la fase en bajas frecuencias produce este tipo de onda; f) un adelanto de fase a bajas frecuencias produce esta forma de onda; g) la combinación de atenuación en alta frecuencia y de fase en baja frecuencia produce esta forma de onda; h) sobreoscilación. Este aspecto aparece cuando un amplificador es inestable ante los impulsos transitorios. También puede ser una indicación de deficiente respuesta, ante la aparición y desaparición de la señal (por ejemplo, por mala respuesta transitoria).

GENERADOR DE ONDA CUADRADA



VR1 = Potenciómetro lineal de 50 k Ω
 VR2 = Potenciómetro lineal de 25 k Ω , con doble interruptor
 TR1, TR2, TR3 = Transistores NPN tipo MC140
 S1a/S1b = Conmutador giratorio de 4 posiciones, 2 circuitos

S2a/S2b = Interruptor doble accionado con el potenciómetro VR2
 Alimentación 18 V c.c.
 D1 = Diodo tipo 1N914