

# Comprobación de componentes empleando un osciloscopio con generador de forma de onda integrado

Por Dennis Weller, Agilent Technologies

**Agilent Technologies**  
www.agilent.com

Dennis Weller es ingeniero superior de Agilent Technologies. Cuenta con 30 años de experiencia trabajando en áreas de I+D, marketing, planificación y dirección de osciloscopios. Recientemente ha colaborado como ingeniero jefe de diseño de hardware en los osciloscopios DSO/MSO-X de las series 2000/3000 de Agilent. Weller es licenciado en ingeniería electrónica por la Politécnica Estatal de CA y tiene un Máster en ingeniería eléctrica por la Universidad de CA.

Figura 2. Medida de prueba de condensadores e inductores sin DUT conectado.

Figura 3. Medida de prueba de un condensador de 1 nF

*Este artículo ilustra los métodos para comprobar componentes empleando un osciloscopio y generador de forma de onda. Se explica cómo comprobar condensadores, inductores, diodos, transistores bipolares y cables. Estos métodos de prueba pueden servir para confirmar un componente defectuoso o identificar el valor de un componente no marcado.*

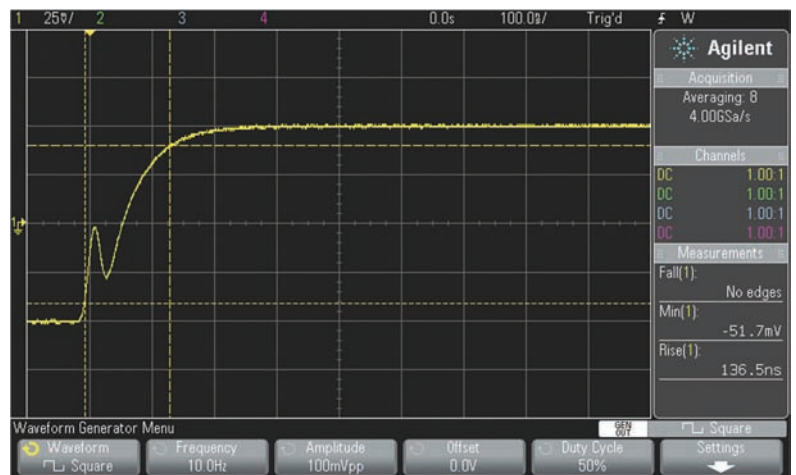
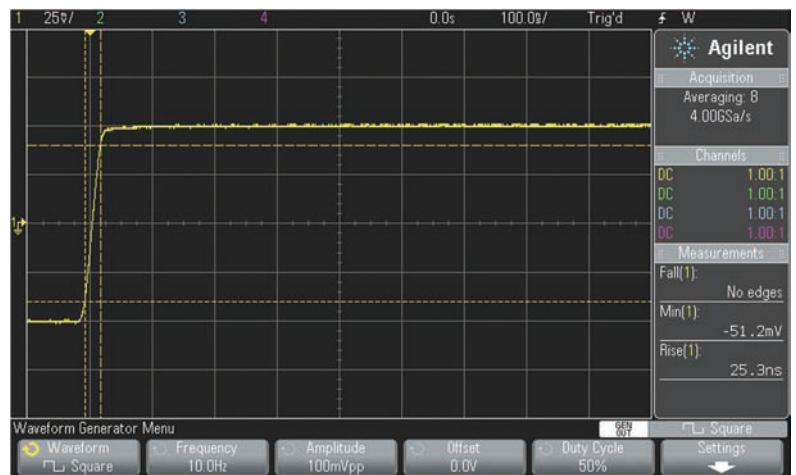
## Configuración de prueba

La idea general en la que se basan estas pruebas consiste en aplicar un estímulo al componente empleando un generador de forma de onda y medir la respuesta con un osciloscopio. El osciloscopio InfiniiVision Serie X de Agilent Technologies incorpora un generador de forma de onda, lo que lo convierte en una práctica solución integrada para la comprobación de componentes. Conviene destacar que no se trata de un sustituto completo de comprobadores especializados de componentes, que proporcionan una mayor precisión y pruebas más completas. Sin embargo, es posible que estos comprobadores no se encuentren a mano. En tal caso, esta es una forma "rápida y sucia" de comprobar

componentes con equipos más comunes, en este caso, un osciloscopio y un generador de forma de onda.

La Figura 1 ilustra la configuración de medida. El generador de forma de onda se conecta a la entrada del osciloscopio, con una unión en "T" al componente, también llamado dispositivo sometido a prueba o DUT. Para comprobar componentes de montaje superficial se recomienda la

entrada del osciloscopio. El osciloscopio se dispara desde el generador de forma de onda. En el caso del osciloscopio Serie X de Agilent, esta conexión de disparo está incorporada, lo que elimina la necesidad de una conexión adicional por cable y de pasos de configuración de disparo. El usuario simplemente selecciona el generador de forma de onda incorporado como fuente de disparo.



sonda para componentes de montaje superficial 11060A (o equivalente) de Agilent Technologies. La tensión del generador de forma de onda,  $V_{src}$ , se aplica al DUT a través de la resistencia de fuente de 50 ohmios del generador de forma de onda. La tensión en el DUT se mide mediante el canal de

## Prueba de condensadores e inductores

La figura 2 muestra la configuración y la medida del osciloscopio cuando no hay un DUT conectado. Se utiliza el promediado para reducir ruido y, de este modo, mejorar la precisión. Las

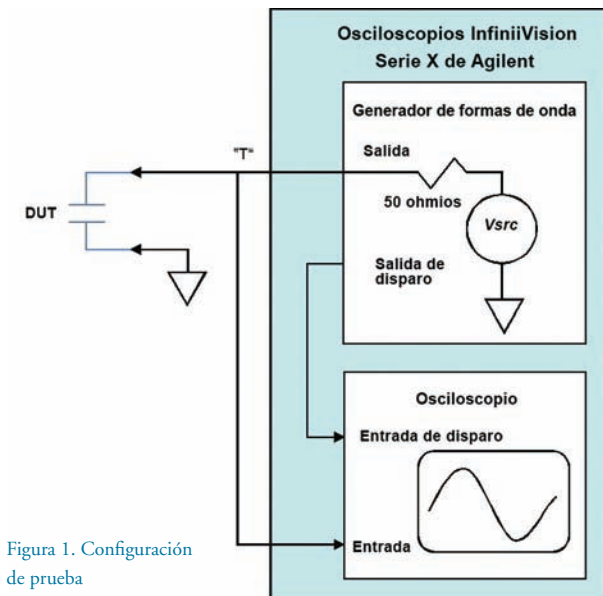


Figura 1. Configuración de prueba

medidas automáticas de tensión Mín, tiempo de Subida y tiempo de Bajada (10-90%) se activan y la ubicación del punto de disparo se ajusta en el lado izquierdo.

Como estímulo se utiliza una onda cuadrada de 10 Hz y 100 mVpp. Gracias al uso de una tensión tan baja, es posible realizar pruebas in-circuit del DUT sin polarizar los dispositivos semiconductores que puedan estar conectados al DUT. Asimismo, esta baja tensión minimiza la corriente de fuga inversa en los condensadores polarizados, lo que puede degradar la precisión de medida.

### Comprobación de condensadores

Cuando el DUT es un condensador, la configuración del circuito es una clásica red R-C, donde R es la impedancia de la fuente de 50 ohmios del generador de funciones. La impedancia de entrada del osciloscopio es de 1 Mohmio, mucho mayor que la impedancia de la fuente de 50 ohmios del generador de forma de onda. Por lo tanto, puede ignorarse. El valor de capacitancia del DUT,  $C_{dut}$ , puede calcularse a partir de la medida del tiempo de subida (10-90%) empleando la fórmula:

$$C_{dut} = 0.0091 \cdot r_{isetime} - C_{test}$$

Para obtener la medida más precisa se deberá medir y tener en cuenta la capacitancia del sistema de prueba,  $C_{test}$ . El método recomendado para determinar  $C_{test}$  es medir un condensador de 1 nF de precisión y validez conocidas y restar 1 nF del valor medido para obtener  $C_{test}$ . La figura 3 muestra esa medida para un condensador de 1 nF. A partir de la medida de tiempo de subida de la figura 3, el valor de capacitancia calculado es de 1,24 nF, por lo que  $C_{test}$  es de 0,24 nF aproximadamente.

Debe procurarse ajustar el valor de s/div del osciloscopio para que muestre la transición completa, pero sin resultar tan lento como para que no haya suficiente resolución para medir la transición de manera precisa. Como norma general puede ajustarse el valor de s/div entre  $\frac{1}{2}$  y el doble del tiempo de subida o de bajada medido. Por ejemplo, si el tiempo de subida medido es de 175 nS, el valor de s/div deberá ajustarse a 100 nS/div o a 200 nS/div.

Una vez conocida la capacitancia  $C_{test}$  pueden comprobarse valores del condensador mayores que 1 nF. El límite superior de los valores del condensador

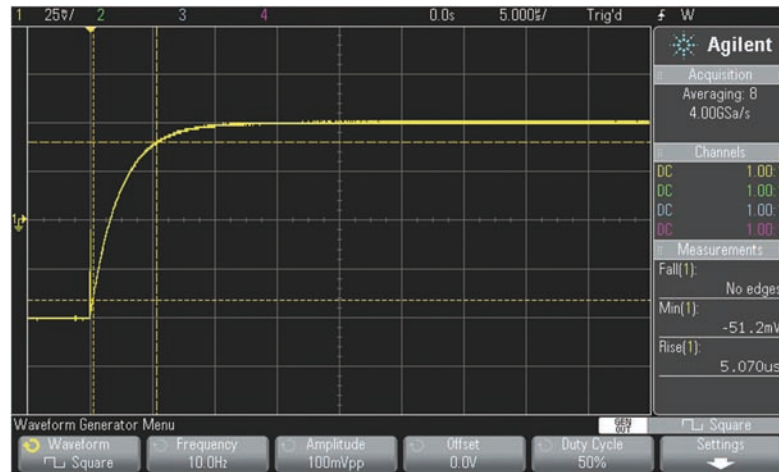


Figura 4. Medida de prueba de un condensador de 47 nF



Figura 5. Medida de prueba de un inductor de 1.200 uF

que pueden comprobarse está limitado a 100 uF por la frecuencia del generador de forma de onda. Pueden comprobarse valores superiores reduciendo la frecuencia del generador de forma de onda. La figura 4 muestra la medida de un condensador de 47 nF. En este ejemplo, la medida de capacitancia calculada,  $C_{dut}$ , es de 45,9 nF.

Obsérvese el "pico" al principio de la transición de flanco. Este pico se pro-

duce durante el tiempo requerido para que el flanco de estímulo se desplace a través del cable del sistema de prueba hasta el DUT y vuelva. La razón principal por la cual los valores del condensador menores que 1 nF no pueden comprobarse con precisión es este pico. Puede reducirse utilizando una conexión muy corta (< 6") con el DUT, lo que permitiría comprobar valores del condensador de solo 250 pF.

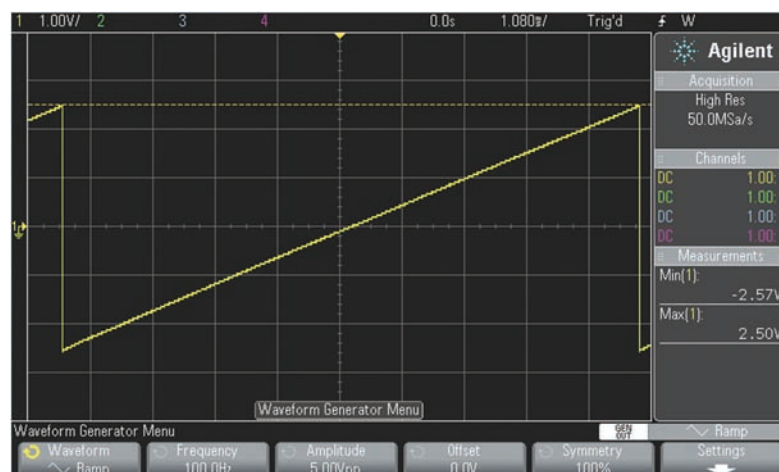


Figura 6. Medida de prueba de un diodo sin DUT conectado

Figura 7. Medida de prueba de un diodo de silicio de uso general

### Comprobación de inductores

Cuando el DUT es un inductor se forma una red R-L. En este caso, se mide el tiempo de bajada. Además, se mide  $V_{min}$  para determinar la resistencia DC (DCR) del inductor.

Esta DCR se añade a la resistencia de salida de 50 ohmios del generador de forma de onda para determinar el valor total de R. La fórmula que relaciona inductancia con tiempo de bajada es:

$$L_{dut} = 0.45 \cdot \left( 50 - \frac{50 \cdot V_{min}}{0.05 + V_{min}} \right) \cdot falltime$$

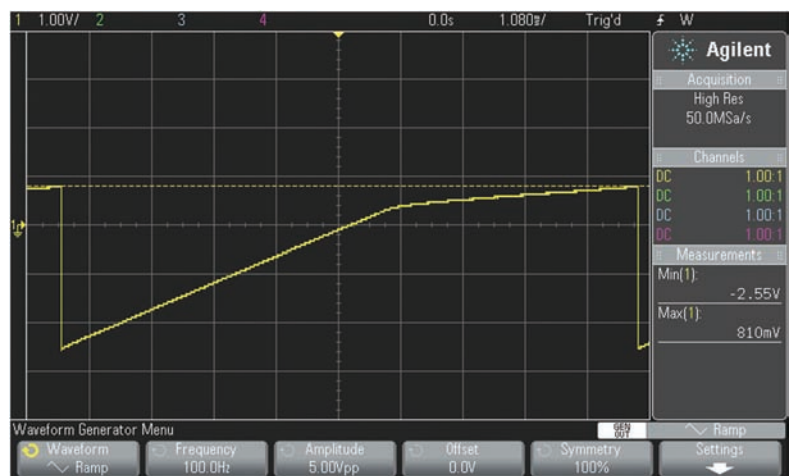
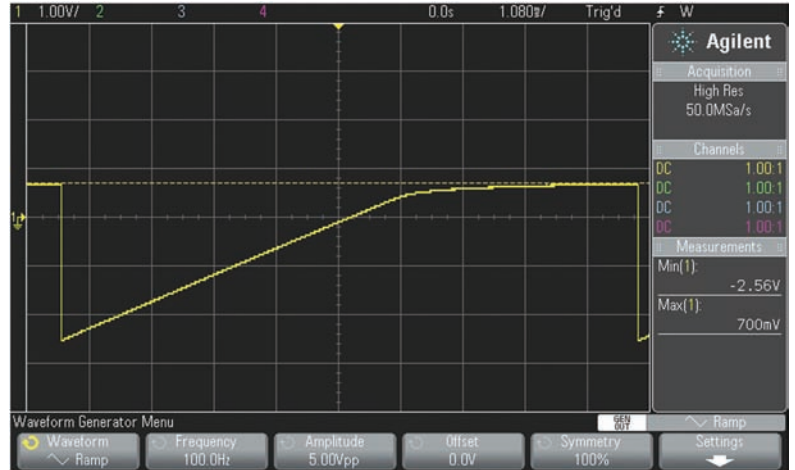
El tiempo de subida del generador de forma de onda limita a 10 uH el valor mínimo de inductancia que puede comprobarse. El límite superior depende de la DCR del inductor. Si la DCR es demasiado alta, el osciloscopio no medirá automáticamente el tiempo de caída. Pudiendo medirse manualmente si fuera necesario.

La figura 5 muestra la medida para un inductor de 1.200 uH. Hay que tener en cuenta una bajada de tensión DC visible debido a la DCR del inductor. La medida de inductancia calculada,  $L_{dut}$ , es de unos 1.208 uH.

Un inductor o un condensador defectuosos medirán un valor incorrecto o tenderán a aparecer abiertos o en cortocircuito. Un DUT abierto tendrá un aspecto similar al de la figura 2, mientras que un DUT en cortocircuito parecerá una traza horizontal.

### Comprobación de diodos y transistores bipolares

La figura 6 muestra la configuración y la medida del osciloscopio sin un DUT conectado. Para comprobar los diodos, el generador de forma de onda se configura con una señal de rampa de +/-2,5 V a 100 Hz. Esta es una prueba de baja frecuencia, por lo que se utiliza el modo de alta resolución para reducir el ruido. Asimismo, se activan las medidas automáticas de tensión Máx y Mín, y el punto de disparo se ajusta en el medio.



Este método de prueba difiere de lo que hace un trazador de curvas tradicional. Un trazador de curvas muestra la corriente del DUT en relación con la tensión. En este método de prueba, el eje horizontal del osciloscopio representa la tensión del generador de forma de onda, y el eje vertical, la tensión en el DUT. A diferencia de un trazador de curvas, la amplitud del

generador de forma de onda no es lo bastante alta para comprobar tensiones de ruptura inversas.

Este método de prueba puede aplicar una buena cantidad de corriente al DUT. Por ejemplo, si hay una caída de 0,7 V en un diodo, deja un máximo de 1,8 V en la resistencia de salida de 50 ohmios del generador de forma de onda. Esto significa que puede haber una

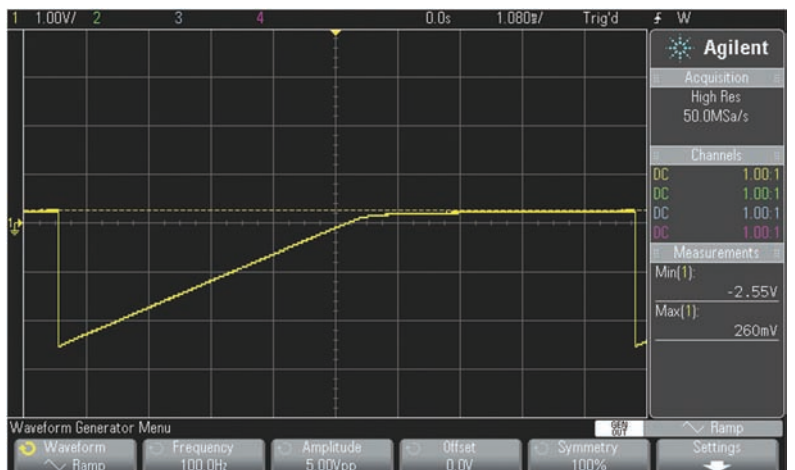


Figura 8. Medida de prueba de un diodo de silicio de pequeña señal

Figura 9. Medida de prueba de un diodo Schottky



corriente máxima de 36 mA fluyendo por el diodo. Si el componente sometido a prueba no puede tolerar este nivel de corriente, deberá reducirse la amplitud del generador de forma de onda.

### Comprobación de diodos

Ahora se mostrarán algunas medidas diferentes de diodos. La figura 7 es la medida de un diodo de silicio de uso general. Como se espera, este diodo comienza a conducir a alrededor de 500 mV de la polarización directa, alcanzando un máximo de 700 mV.

Compárese esto con el diodo de pequeña señal que se muestra en la figura 8, donde la pendiente de polarización directa es mayor, lo que indica un mayor perfil de resistencia de conducción.

Por último, en la figura 9 se muestra un diodo Schottky. Obsérvese la tensión de conducción inferior de 260 mV, típica de este tipo de diodos.

Un diodo defectuoso aparecerá probablemente como abierto o en cortocircuito. Un diodo abierto tendrá el aspecto que se muestra en la figura 6, mientras que un diodo en cortocircuito parecerá una traza horizontal.

También se pueden comprobar LEDs con este método. Si es necesario puede aumentarse la desviación del generador de forma de onda para suministrar más tensión al LED.

### Comprobación de transistores bipolares

Los transistores bipolares pueden comprobarse con el mismo método expuesto para comprobar diodos. En primer lugar es necesario confirmar que tanto las uniones emisor-base como las colector-base se comportan como un diodo. Por último, hay que confirmar que el colector-emisor no está cortocircuitado, es decir, que se comporta como un circuito abierto.

### Pruebas de cable

Para comprobar cables, el generador de forma de onda se configura para producir una onda



Figura 10. Medida de prueba de un cable sin DUT conectado

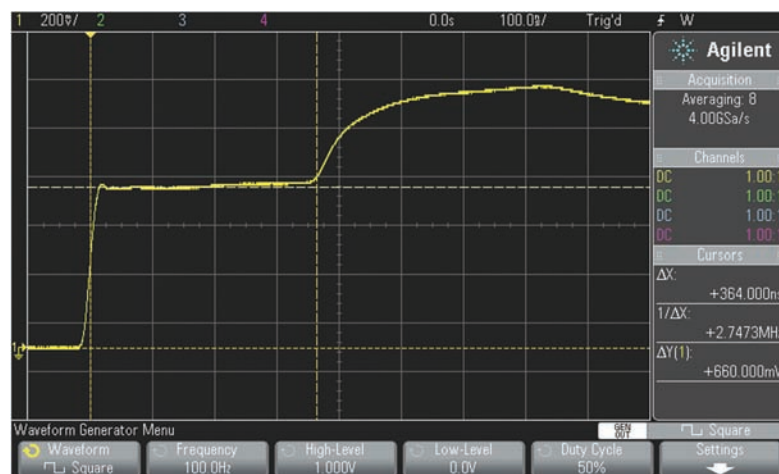


Figura 11. Medida de prueba de un cable trenzado

cuadrada de 100 Hz y 0 V a 1 V, tal como se muestra en la figura 10. Se utiliza promediado para reducir el ruido y la posición de disparo se ajusta al lado izquierdo. Se utilizan cursores para medir manualmente los parámetros de formas de onda. Este método de prueba es en esencia un reflectómetro de dominio del tiempo (TDR) de baja velocidad.

La figura 11 muestra la medida de una longitud desconocida de cable de par trenzado. La impedancia del cable trenzado,  $Z_{cbl}$ , puede calcularse empleando la siguiente ecuación:

$$Z_{cbl} = \frac{50 \cdot \Delta Y}{1 - \Delta Y}$$

$\Delta Y$  es la tensión del primer paso (el paso en el punto de disparo), medida manualmente empleando

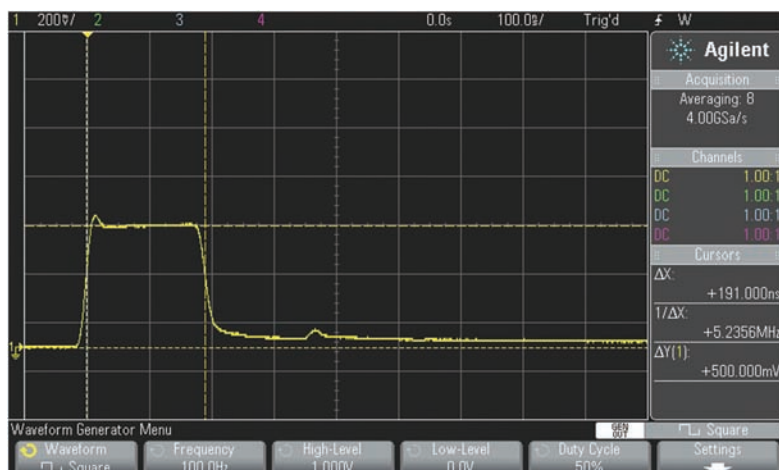


Figura 12. Medida de prueba de un cable RG-58 (con cortocircuito)

los cursores del osciloscopio. En este caso,  $\Delta Y$  es de 660 mV y, por tanto, se obtiene que  $Z_{cbl}$  es de unos 97 ohmios, un valor típico para cables de este tipo. El extremo del cable trenzado es un circuito abierto, lo que se indica por el incremento súbito del nivel de tensión donde se encuentra el cursor X situado más a la derecha. En la figura 12 se comprueba una longitud desconocida de cable RG-58. A partir de la medida de  $\Delta Y$  puede calcularse una impedancia de 51 ohmios, el valor esperado para RG-58. Sin embargo,

la medida también indica que el cable está cortocircuitado, donde la tensión vuelve a cero. Si el retardo\_de\_propagación del cable es conocido, la distancia al cortocircuito puede calcularse utilizando:

$$distance = \frac{0.5 \cdot \Delta X}{propagation\_delay}$$

El retardo\_de\_propagación para RG-58 es de 1,54 nS/pie.  $\Delta X$  se mide manualmente con los cursores a 191 nS. De este modo, la distancia al cortocircuito se calcula que es de 62 pies.

## Conclusión

Se ha mostrado cómo realizar comprobaciones básicas de componentes empleando dos equipos muy comunes:

- un osciloscopio y
- un generador de forma de onda.

Los osciloscopios InfiniiVision 2000 y 3000 Serie X de Agilent Technologies, con generador de forma de onda incorporado y disparo integrado, son la herramienta ideal para realizar estas medidas. 