

Elección de la fuente de alimentación adecuada para suministrar la potencia exacta

Artículo cedido por Tektronix. Inc.



Traducido y adaptado por Juan Ojeda de AFC Ingenieros S.A. (jojeda@afc-ingenieros.com)

Cómo interpretar las especificaciones de las fuentes de alimentación lineales

A primera vista, una fuente de alimentación de CC variable puede parecer un dispositivo bastante simple. Sin embargo, es un sofisticado caballo de batalla preciso y resistente; ya que, debe entregar de forma fiable una tensión estable, precisa y limpia, sin importar su carga - resistiva, inductiva, capacitiva, de baja o alta impedancia, estacionaria o variable. El como de bien la fuente de alimentación cumple con esta misión y donde se encuentran sus límites están definidos en sus especificaciones. La elección de la fuente de alimentación adecuada para una aplicación requiere una buena comprensión de la forma en que se describen dichas especificaciones.

Asegúrese de que la fuente de alimentación cumple con sus especificaciones

Antes de analizar lo que significan las especificaciones, el usuario potencial debe comenzar con la pregunta: "¿Creo en las especificaciones?" Se debe buscar una explicación clara por parte del fabricante sobre la forma en que soporta las especificaciones publicadas. Por ejemplo, ¿hace uso su línea de fabricación de estaciones de prueba según las normas de un

laboratorio de primer nivel reconocido a nivel nacional, como sería el caso del NIST (National Institute of Standards and Technology)? Busque el certificado de seguridad de uno de los organismos reconocidos internacionalmente, tales como CSA, UL y VDE. Esto dice que el fabricante de la fuente de alimentación ha invertido tiempo y recursos en tener una confirmación independiente del cumplimiento de las normas de seguridad internacionales. La verificación regular del funcionamiento es importante para asegurarse de que la fuente de alimentación está funcionando dentro de las especificaciones del fabricante. En el caso de las fuentes de alimentación de Tektronix, el ciclo de calibración recomendado es de 1 año. Las descripciones detalladas de las especificaciones de funcionamiento y los procedimientos para verificar las prestaciones de las fuentes de alimentación de Tektronix se puede encontrar en el manual de referencia técnica de cada una de ellas. Incluso si no se planea realizar una calibración propia, el manual de referencia técnica puede ser útil para comprender el significado de las especificaciones y tolerancias esperadas. Muchas de estas especificaciones se comprueban durante el proceso de fabricación de las fuentes de alimentación y como parte de la verificación de las prestaciones que se lleva a cabo durante la rutina de mantenimiento. Tektronix verifica cada fuente de

alimentación en base a normas de trazabilidad y ofrece los datos de las pruebas obtenidos en las pruebas de calidad de fabricación como una opción.

Hay dos tipos de fuentes de alimentación

Hay dos tipos básicos de fuentes de alimentación de uso común: la que funciona en modo lineal y la que lo hace en modo conmutado. Ambas están disponibles para su uso de sobremesa y en sistemas y se dedican a diseño, fabricación y reparación. Las fuentes de alimentación lineales funcionan rectificando la tensión de la red (CA) para obtener tensión continua (CC) y luego la filtran y regulan para producir niveles de tensión o corriente seleccionables por el usuario. Las fuentes de alimentación lineales son más pesadas debido a que los transformadores de 50 Hz ó 60 Hz y los filtros asociados son físicamente más grandes. Las fuentes de alimentación conmutadas trabajan en la primera etapa de forma similar rectificando y filtrando la tensión de entrada de la red (CA), sin embargo, conmutan la tensión obtenida de CC para convertirla en una tensión de CA que luego es transformada, rectificada y filtrada. Las fuentes de alimentación conmutadas son significativamente más pequeñas, ligeras y eficientes que las fuentes de alimentación lineales, por lo que han sustituido a éstas en muchas aplicaciones.

Sin embargo, las fuentes lineales siguen siendo una opción popular dentro del equipamiento de prueba. Por lo general, son duraderas, precisas y proporcionan una alimentación con poco nivel de ruido. Sus mecanismos de realimentación son sencillos y directos y ofrecen una excelente regulación de la carga y estabilidad global. La figura 1 muestra un diagrama de



bloques simplificado de una fuente de alimentación lineal de sobremesa. Las fuentes de alimentación lineales son buenas candidatas para las aplicaciones que pueden ser sensibles a las variaciones de pequeña potencia. Por ejemplo, constituyen una buena opción para la alimentación de los sensibles bloques de amplificación de RF dentro de la tarjeta del circuito del prototipo, para documentar el nivel de potencia de entrada al que un circuito empieza a fallar o para comprobar las características de los componentes individuales. Una cosa es afirmar que una fuente de alimentación lineal tiene una excelente estabilidad y bajo ruido, pero se necesita una buena comprensión de las especificaciones de las fuentes lineales de alimentación para poder cuantificar estas y otras cualidades.

Especificaciones de las fuentes de alimentación lineales

Puede parecer que hay multitud de especificaciones para las fuentes de alimentación lineales, pero se pueden agrupar en tres categorías lógicas: precisión y resolución, estabilidad y características de CA. Vamos a describir las características clave que caen en cada uno de estos grupos. La mayoría de las fuentes de alimentación de CC de sobremesa tiene dos modos de funcionamiento. En modo de tensión constante (CV), la fuente de alimentación regula la tensión de salida en base a la configuración de usuario. En el modo de corriente constante (CC), la fuente de alimentación regula la corriente. El modo de funcionamiento (CV o CC) no sólo depende de la configuración del usuario, sino también de la resistencia de la carga. Una fuente de alimentación tendrá especificaciones diferentes para cada modo de funcionamiento (CV o CC).

Precisión y Resolución

En un momento dado, la fuente de alimentación está regulando la tensión o la corriente para que coincida con el ajuste deseado dentro de la precisión del instrumento. En

el modo de tensión constante, la tensión de salida coincidirá con el valor de la tensión deseada dentro de las especificaciones de precisión del instrumento. La corriente quedará determinada por la impedancia de la carga. En el modo de corriente constante, la corriente de salida estará cercana al valor del ajuste deseado. La tensión quedará determinada por la impedancia de la carga. Históricamente, el usuario de fuentes de alimentación ajustaba la tensión o la corriente de salida mediante el giro de potenciómetros. Hoy en día, son los microprocesadores los que reciben la selección del operador mediante la interfaz de usuario o una interfaz remota. Un convertidor digital-analógico (DAC) traduce el ajuste digital a un valor analógico que se utiliza como referencia para el regulador analógico. La resolución y precisión de los ajustes están determinadas por la calidad de esta conversión y el proceso de regulación. Los ajustes de tensión y corriente (a veces llamados límites o valores programados) tienen unas especificaciones de resolución y precisión asociadas con ellos. La resolución de estos valores determina el incremento mínimo con el que se ajusta la salida y la exactitud describe el grado en que el valor de la salida coincide con las normas internacionales.

Con el fin de mostrar los valores de los parámetros regulados, la mayoría de las fuentes de alimentación de CC incorpora medidores de tensión y corriente. Estos medidores visualizan la medida de tensión y corriente que se entrega a la salida de la fuente de alimentación. Dado que estos medidores leen la tensión y corriente dentro de la fuente de alimentación, las medidas producidas por estos medidores se denominan a menudo valores "readback". La mayoría de las fuentes de alimentación profesionales de sobremesa incorporan medidores digitales que utilizan convertidores analógico/digitales con especificaciones similares a las de los multímetros digitales. La fuente de alimentación muestra los valores medidos en su pantalla y también puede transmitirlos a través de su interfaz remota, si está equipado con una. Las especificaciones de ajuste y "readback"

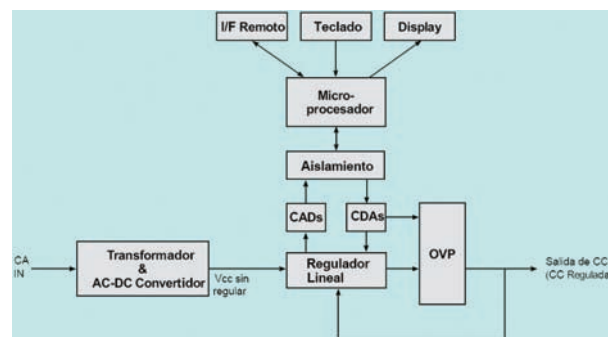


Figura 1. Diagrama de bloques simplificado de una fuente de alimentación lineal programable.

se deben considerar por separado. Unas buenas prestaciones en cuanto a la precisión del "readback" no implica que existan necesariamente unas buenas prestaciones en la precisión del ajuste.

La precisión del ajuste determina qué tan cerca se encuentra el parámetro regulado de su valor teórico según la definición de un estándar internacional. La incertidumbre de la salida en una fuente de alimentación se debe principalmente a los términos de error en el CAD, incluyendo el error de cuantificación. La precisión de ajuste se comprueba mediante la medida de la variable regulada utilizando un sistema de medida trazable de precisión conectado a la salida de la fuente de alimentación. La precisión del ajuste se proporciona como: $\pm$ (% del ajuste + desplazamiento de Vcc). Por ejemplo, la fuente de alimentación PWS4323 de Tektro-nix tiene una especificación para la precisión del ajuste de tensión de $\pm$ (0,03% + 3 mV). Así que, cuando se ajusta para proporcionar 5 voltios a la salida, la incertidumbre en el valor de salida será de $5V \times 0,03\% + 3 \text{ mV} = 4,5 \text{ mV}$. La precisión del ajuste de la corriente se especifica y calcula de manera similar.

La resolución del ajuste es el cambio más pequeño en el ajuste de la tensión o de la corriente que se puede seleccionar en la fuente de alimentación. Este parámetro se llama a veces "resolución de la programación". La especificación de la resolución limita el número de niveles discretos que se pueden seleccionar. Esto queda definido a menudo por la combinación de los dígitos disponibles en la interfaz del usuario y el número de bits disponibles en el convertidor D/A. Un CDA con más bits tendrá un mayor control sobre la salida y será capaz

de entregar más valores distintos para que el bucle de control los pueda utilizar como referencia. Sin embargo, debido a los errores de desplazamiento de Vcc y de ganancia, la resolución será menor que el número de bits que el CDA pueda proporcionar. El cambio del valor del ajuste mediante un solo paso de resolución no siempre causará el cambio correspondiente en la salida.

Sin embargo, la especificación de la precisión del ajuste rige la relación entre el ajuste y salida y un instrumento calibrado debería trabajar dentro de esta tolerancia. La resolución del ajuste se puede expresar como un valor unitario absoluto o como un porcentaje del fondo de escala. Por ejemplo, la resolución del ajuste de la tensión en la fuente PWS4323 de Tektronix es de 1 mV y la resolución del ajuste de la corriente es de 0,1 mA.

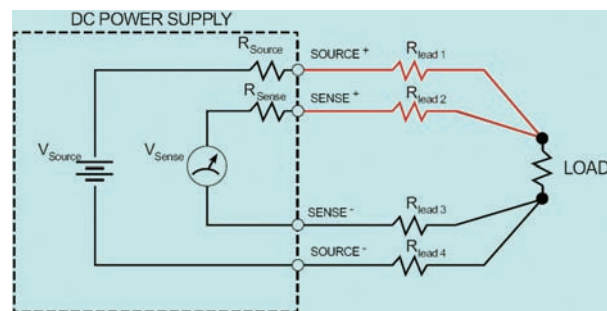
La precisión de "readback" se llama a veces precisión del medidor. Determina qué tan cerca están los valores internos medidos del valor teórico de la tensión de salida (después de aplicar la precisión del ajuste). Al igual que un multímetro digital, esto se prueba utilizando un patrón de referencia trazable. La precisión de "readback" se expresa como: $\pm$ (% del valor medido + desplazamiento de Vcc) La resolución de "readback" es el cambio más pequeño en la tensión o corriente de salida medido internamente que el instrumento puede discernir. Por lo general, se expresa como un valor absoluto, pero puede también ser dado como un porcentaje del fondo de escala. La resolución "readback" de la tensión en la fuente PWS4323 de Tektronix es de 1 mV y la resolución de la corriente es de 0,1 mA. (ver figura 2)



Utilización de la detección remota para lograr una mayor precisión en la tensión

La caída de tensión en los cables que transportan la corriente entre la fuente de alimentación y el dispositivo bajo prueba (DUT) hace que la tensión en el dispositivo

bajo prueba sea menor que en los terminales de salida de la fuente de alimentación. El simple hecho de utilizar cables de mayor grosor reduce la caída de tensión en los cables de prueba de cualquier fuente de alimentación. Mantener los cables lo más cortos posible también ayuda. Pero si una fuente de alimentación está equipada con capacidad de detección remota, utilizando una conexión de cuatro hilos, esto puede ayudar a garantizar que la tensión ajustada en la fuente de alimentación coincida con la tensión aplicada al DUT. En el caso de una conexión de cuatro hilos entre la fuente de alimentación y el DUT, una de las dos parejas de cables transporta la corriente de salida, mientras que el otro par de cables lo utiliza la fuente de alimentación para medir la tensión directamente en los terminales del DUT, como se ilustra en la Figura 3.



Los cables de detección están conectados internamente en la fuente de alimentación a un voltímetro de alta impedancia, es decir, con un consumo de corriente casi nulo, eliminándose prácticamente la caída de tensión en los cables. La fuente de alimentación mantiene la tensión de salida deseada en el punto de aplicación de los cables de detección (DUT) mediante el incremento de la tensión en la salida de la fuente lo suficiente para lograr la compensación de las caídas de tensión en los cables que proporcionan la corriente al DUT.

Especificaciones de estabilidad

Las especificaciones de estabilidad describen cómo responde el instrumento a los cambios; ya que, a largo plazo, las prestaciones del instrumento van a cambiar inevita-

blemente debido al envejecimiento. Las cuestiones sobre la estabilidad a largo plazo se gestionan mediante la verificación y calibración regular de los instrumentos. Las fuentes de alimentación de Tektronix tienen un ciclo de calibración de 1 año. Hay varias especificaciones de las fuentes de alimentación que tratan sobre la capacidad de proporcionar una salida estable a corto plazo. Esta sección trata sobre las especificaciones que describen la estabilidad de la salida bajo condiciones de cambios de la carga, de la tensión de la red de CA y de la temperatura.

Estabilidad de temperatura

Las precisiones anteriores se especifican por lo general para ser válidas sobre un rango en torno a 25°C, típicamente entre 20°C y 30°C (68°F a 86°F). Si se utiliza la fuente de alimentación en un entorno de laboratorio, con temperatura ambiente estable, el efecto de la temperatura sobre la salida debe ser peque-

ño. Si por el contrario, se está trabajando en un entorno industrial o en una instalación en campo que pueden experimentar temperaturas significativamente diferentes de la temperatura ambiente, es importante tener en cuenta esto para determinar la precisión. La incertidumbre en la salida aumentará a medida que la temperatura se desvíe de la temperatura ambiente.

Regulación de la carga (tensión y corriente)

La regulación de la carga es una medida de la capacidad de un canal de salida para mantenerse constante durante los cambios de la carga. Cuando la impedancia del dispositivo bajo prueba cambia, el parámetro regulado no debería cambiar de manera significativa. Por supuesto, si la carga cambia demasiado, el

Figura 3. La conexión a 4 hilos permite independizar el circuito de medida del de suministro, eliminando errores de tensión sobre la carga debido a caídas de tensión en los cables del circuito de sensado

Figura 2. Los dígitos menos significativos en la pantalla (arriba) corresponden a la resolución de "readback" de 1 mV y 0,1 mA de los instrumentos de la serie PWS4000 de Tektronix. Los dígitos menos significativos en la pantalla (abajo) corresponden a la resolución del ajuste.

parámetro regulado puede cambiar entre los modos de funcionamiento de tensión y corriente, dependiendo del ajuste del límite del parámetro no regulado. Pero suponiendo que la fuente de alimentación no llega a este punto de cruce, mantendrá una baja impedancia de salida al funcionar como una fuente de tensión y alta impedancia al funcionar como una fuente de corriente. En otras palabras, la fuente de alimentación de sobremesa está diseñada para imitar una fuente de alimentación ideal.

La regulación de la carga se puede especificar de varias maneras. Por ejemplo, la regulación de la tensión se puede expresar como el cambio de tensión por amperio suministrado. Sin embargo, la mayoría de los fabricantes de fuentes de alimentación, incluyendo Tektronix, expresan la regulación de la carga como una precisión de salida durante un cambio significativo en el parámetro no regulado. Este formato familiar es fácil de entender y verificar a través de pruebas: $\pm$ (% del ajuste + desplazamiento de V_{cc}). Las especificaciones de regulación de la carga de Tektronix se verifican con el ajuste de la variable regulada a fondo de escala de la salida. La variable no regulada se varía del 0% al 98% y la salida se compara con las especificaciones pertinentes.

Si como ejemplo, usamos la fuente de alimentación de Tektronix PWS4323, la especificación de regulación de la carga para la tensión de salida es de: $\pm$ (0,01% de la tensión de salida seleccionada + 2 mV), por lo que al máximo de su tensión de salida (32V), la salida se mantendrá dentro de $\pm$ 5,2 mV, incluso con cambios de carga que supongan un consumo de corriente de hasta 3A, que es el máximo de la corriente que puede entregar el instrumento.

La regulación de la carga en el modo de corriente constante se define de manera similar a la regulación de línea para el modo de tensión constante. La regulación de la carga para la corriente describe cómo varía la corriente de salida de la fuente de alimentación en respuesta a un cambio de la impedancia de carga.

Regulación de línea (tensión y corriente)

La regulación de línea es una medida de la capacidad de la fuente de alimentación para mantener su tensión o corriente de salida cuando la tensión y la frecuencia de la red eléctrica que la alimentan varían dentro del rango completo permitido. La tensión y la frecuencia de la red eléctrica afectan en gran medida a la potencia disponible para alimentar la salida, sobre todo cuando la fuente de alimentación está suministrando la corriente máxima. En un laboratorio con una tensión de red eléctrica estable y en el que se hacen pruebas durante períodos cortos, se puede ignorar la regulación de línea. Sin embargo, si se está trabajando en una zona propensa a subidas y bajadas de la tensión de la red; o bien, si las pruebas se realizan durante períodos prolongados, la regulación de línea es una consideración importante. La regulación de la tensión de línea se puede especificar como una relación entre el cambio de la tensión continua de salida y los cambios de tensión y frecuencia de la red eléctrica (RMS). Sin embargo, para ser coherente con la mayoría de las especificaciones de los equipos de prueba, los fabricantes suelen expresar la regulación de línea como una incertidumbre en la salida dentro del rango completo de parámetros de tensión aceptables de la red eléctrica. Esto da una imagen de "caso peor" y se especifica como: $\pm$ (% del ajuste + desplazamiento de V_{cc}) Por ejemplo, la fuente PWS4323 de Tektronix tiene una especificación de regulación de la tensión de línea de $\pm$ (0,01% + 0,1 mV). Así que cuando se ajusta para una salida de 32 Vcc, la salida permanecerá dentro de: $(32V \times 0,01\% + 0,1 \text{ mV}) = 3,3 \text{ mV}$ a pesar de que la tensión de la fuente de CA varíe dentro del rango completo permitido (ver figura 4). La regulación de la corriente de la carga es una especificación similar. En lugar de establecer la variación permitida en la tensión de la salida cuando la fuente de CA varía, indica la cantidad de variación de corriente admisible cuando la fuente de CA varía. Una vez más, esta especificación es generalmente válida en todo el rango de tensión y frecuencia de la fuente de corriente alterna.

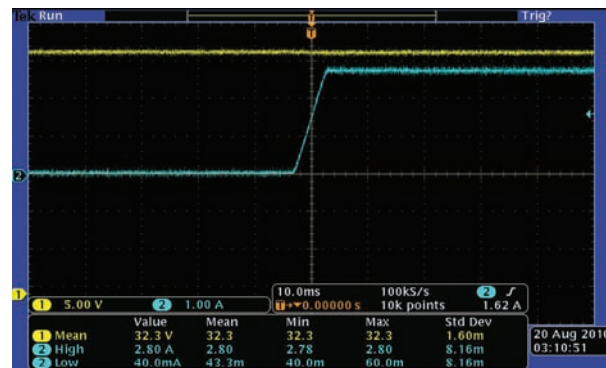


Figura 4. Esta captura de pantalla de un osciloscopio muestra la regulación de la tensión de salida de una fuente PWS4323 de Tektronix cuando las variaciones en la carga hacen que la corriente cambie desde 0 A a 2,8 A. La tensión se mantiene estable durante toda la transición.

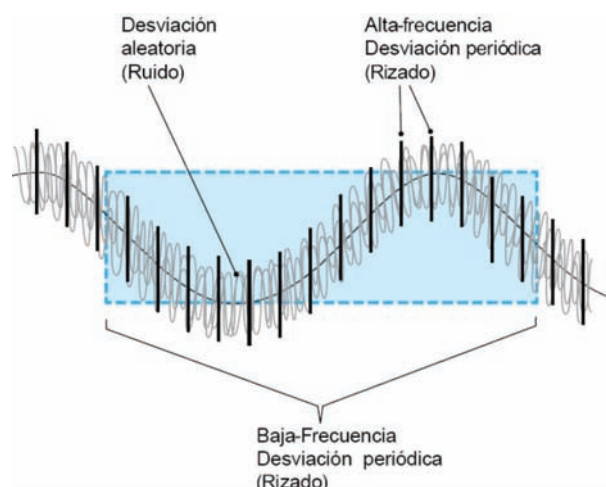
Características de CA

Aunque estamos hablando de fuentes de corriente continua, la salida de estas fuentes de alimentación de CC no es perfecta. En la salida se puede esperar la aparición de algo de CA. En algunas aplicaciones una CA excesiva en la salida puede producir un comportamiento inesperado del circuito, por ello, es necesario conocer la amplitud de la CA residual. En el caso de las pruebas automáticas puede ser especialmente útil para conocer la respuesta del instrumento a los cambios de la carga y de los ajustes.

Especificaciones de rizado y ruido

Las componentes espurias de CA en la salida de una fuente de la CC se llaman rizado y ruido (ver figura 5); o bien, desviaciones periódicas y aleatorias (PARD: Periodic And Random Deviation). Estos términos se usan indistintamente. El término "rizado" se refiere a una componente periódica de CA pre-

Figura 5. Este dibujo simplificado muestra los conceptos de las distorsiones periódicas (rizado) y aleatorias (ruido).



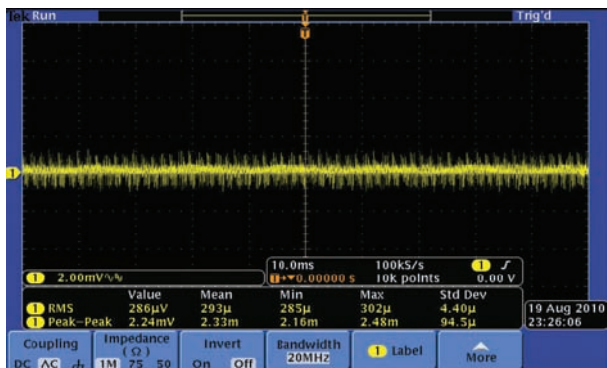


Figura 6. Medida del ruido en una fuente PWS4323 de Tektronix. Esta medida se toma con una sonda con atenuación de x1 que tiene un ancho de banda de aproximadamente 7 MHz y mientras que la fuente de alimentación suministra su corriente máxima.

sente en la salida. Cuando se ve en el dominio de la frecuencia, el rizado se muestra como una respuesta espuria. A diferencia del rizado, que es periódico, el ruido es aleatorio. El ruido cubre un amplio espectro y cuando se ve en el dominio de la frecuencia, se manifiesta como un incremento de la línea de base. Puesto que el rizado y el ruido están generalmente agrupados y no pueden separarse fácilmente uno de otro, en este artículo se utilizará la abreviatura PARD para referirse a los efectos combinados. Los valores de PARD deben especificarse para un ancho de banda determinado y tanto para intensidad como para tensión. Debido a que la forma de onda de PARD es indeterminada, el valor de la tensión de PARD se expresa habitualmente en valores de tensión RMS (Root Mean Square) que puede proporcionar una idea sobre la potencia de ruido y también como una tensión pico-a-pico que puede ser importante al trabajar con cargas de alta impedancia.

Debido a la consideración del ancho de banda en las medidas, las especificaciones de PARD dependen en gran medida de la técnica de medida utilizada para la prueba. Generalmente, se puede encontrar en el procedimiento de comprobación del PARD dentro del procedimiento de verificación de las prestaciones suministrado por el fabricante. Es importante tener en cuenta todo el camino de la señal utilizado para verificar las especificaciones de rizado y ruido. Por ejemplo, usando un osciloscopio de gran ancho de banda con una sonda de bajo ancho de banda se puede hacer que las especificaciones parezcan mejores que realmente lo son. Por ejemplo, la fuente PWS4323 de Tektronix tiene una especificación de tensión de

PARD de 1 mVRMS y 4 mVp-p para un ancho de banda de 20 Hz a 7 MHz (ver figura 6). También se proporcionan especificaciones para un ancho de banda más amplio de 20 Hz a 20 MHz, 3 mVRMS y 20 mVp-p. La especificación de PARD para la corriente es relevante cuando se utiliza una fuente de alimentación en el modo de corriente constante. En contraste con la tensión de PARD, es común ver que la corriente de PARD se especifica solo como un valor eficaz.

Respuesta a transitorios

Otro conjunto de características de CA describe la rapidez con la que una fuente de alimentación puede responder a los cambios. Las especificaciones de respuesta a transitorios indican la rapidez con que la salida se fija a un valor estable de CC después de un cambio en la carga o en los ajustes. La mayoría de las fuentes de alimentación tienen una capacitancia significativa en paralelo con sus salidas para ayudar a proporcionar una tensión de CC limpia y constante. Cuando esta capacitancia se pone en paralelo con la resistencia de carga, aparece una constante de tiempo que varía con la impedancia de la carga. Debido a esta fuerte dependencia de la resistencia de la carga, la respuesta a los cambios de los ajustes se debe especificar para una carga en particular. Es común ver que las especificaciones se dan para circuitos abiertos, cortocircuitos o valores específicos de resistencia. La respuesta en régimen transitorio se prueba mediante la aplicación de cambios abruptos a la impedancia de carga y a los ajustes, midiendo a continuación el tiempo necesario para alcanzar un valor final. La respuesta transitoria de tensión de todas las fuentes de alimentación de la serie PWS4000 de Tektronix viene dada por tres condiciones: incremento de la carga, incremento y disminución del valor del ajuste.

	Time to stabilize to within 75 mV of terminal Value
Load change from 0.1 A to 1 A	< 150µs
Setting change from 1 V to 11 V into a 10Ω load	< 150µs
Setting change from 11 V to 1 V into a 10Ω load	< 150µs

Unos resultados precisos requieren una fuente de alimentación precisa

Para tener confianza en los resultados de una prueba y en la repetibilidad de dichos resultados, se debe poseer una fuente de alimentación con las prestaciones suficientes para proporcionar con precisión la potencia que necesita el dispositivo bajo prueba. Si la fuente de alimentación no tiene una precisión o estabilidad lo suficientemente elevada, los resultados de la medida se verán afectados no sólo por el rendimiento del dispositivo bajo prueba, sino también por el rendimiento de la fuente de alimentación utilizada. Las variaciones de temperatura, los cambios repentinos de carga y la fluctuación de la tensión de la red de CA son sólo algunos de los factores que pueden causar problemas. Con una fuente más precisa que esté diseñada para manejar estas variaciones y que proporcione de manera consistente y precisa la tensión o la corriente que especifica, se puede tener la confianza en los resultados de las pruebas.

Las fuentes de alimentación de la serie PWS4000 proporcionan una potencia precisa para obtener medidas de confianza

Los propietarios de las fuentes de alimentación programables de CC de la serie PWS4000 de Tektronix tienen garantizadas unas prestaciones y calidad excelentes. Dotadas de un amplio rango de corriente y tensión, además de una resolución de 0,1 mA y 1 mV en la mayoría de los modelos, las fuentes de alimentación de la serie PWS4000 pueden generar la potencia necesaria para satisfacer gran variedad de aplicaciones. Puesto que las fuentes de la serie PWS4000 tienen un nivel de ruido y rizado por debajo de 5 mVp-p, un 0,03% de precisión de la tensión de base y 0,05% de precisión en corriente, se puede estar seguro de que la salida real corresponde con precisión a los ajustes y no se introducen molestas señales en el DUT bajo prueba.