

Medidas y análisis de fuentes de alimentación con osciloscopios



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

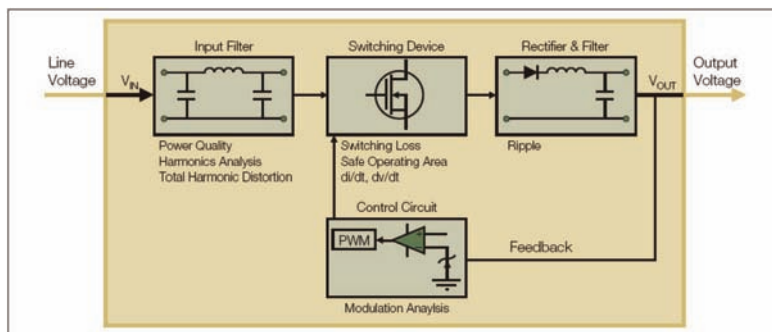
Las fuentes de alimentación se pueden encontrar en diferentes dispositivos electrónicos, desde los juguetes de los niños hasta los ordenadores y desde los equipos de oficina hasta los equipos industriales. Se utilizan para convertir la energía eléctrica de un tipo a otro para el lograr el correcto funcionamiento de los dispositivos. Los ejemplos más comunes son los convertidores CA-CC, que transforman tensiones de CA en tensiones CC reguladas o los convertidores CC-CC que convierten la tensión de una batería a los niveles de tensión requeridos.

cálculos minuciosos con una calculadora u ordenador. Hoy en día, la mayoría de los ingenieros eligen el osciloscopio como su herramienta preferida para realizar las medidas de potencia. Este artículo técnico describe las medidas más comunes sobre las fuentes de alimentación en modo conmutado, como se muestra en la figura 1, utilizando un osciloscopio de las series MSO4000, DPO4000 ó DPO3000 de Tektronix. Con el software opcional de análisis y medidas de potencia (DPO3PWR, DPO4PWR), estos osciloscopios proporcionan las medidas automáticas

capturar con precisión las formas de onda y permitir el análisis y la solución de los problemas. Algunos detalles importantes a considerar son:

- Los modos de adquisición de las formas de onda por parte del osciloscopio.
- La eliminación del 'skew' entre las sondas de tensión y corriente.
- La eliminación del desplazamiento del nivel de continua (offset) en las sondas diferenciales.
- La eliminación del desplazamiento del nivel de continua (Degauss) en las sondas de corriente.
- Los filtros de limitación del ancho de banda.

Figura 1. Los componentes de una fuente de alimentación conmutada se caracterizan con el software de análisis de los módulos opcionales DPO3PWR y DPO4PWR.



El rango de fuentes de alimentación se extiende desde las tradicionales fuentes de alimentación lineales hasta las fuentes de alimentación conmutadas de alta eficiencia que están diseñadas para entornos de funcionamiento complejos y de características dinámicas. La carga en un dispositivo puede cambiar drásticamente de un instante a otro e incluso las fuentes de alimentación conmutadas disponibles en el comercio deben ser capaces de soportar cargas con picos repentinos que superan con creces los niveles normales de funcionamiento. Los ingenieros de diseño de fuentes de alimentación o de los sistemas que las utilizan necesitan comprender su comportamiento en las condiciones que van desde su estado de reposo al peor de los casos.

Históricamente, la caracterización del comportamiento de una fuente de alimentación implicaba la toma de medidas de corriente y tensión con un multímetro digital y la realización de

de potencia para obtener un rápido análisis, simplificar la configuración y realizar el 'deskew' de las sondas para así obtener la máxima precisión.

Preparación para la realización de las medidas de potencia

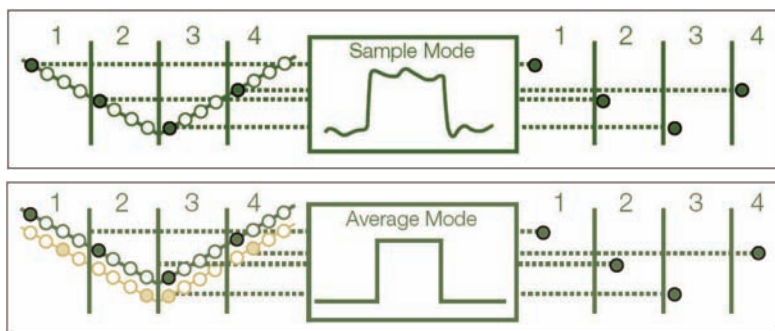
Idealmente, una fuente de alimentación debería funcionar exactamente según su diseño y modelado. En realidad, los componentes son imperfectos; las cargas varían; la red eléctrica puede suministrar una alimentación con distorsiones y los cambios ambientales pueden alterar su rendimiento. El diseño de las fuentes de alimentación se complica aún más cuando se exige una mejora en el rendimiento y en la eficiencia y una reducción del tamaño y de los costes.

Teniendo en cuenta estos retos de diseño, el sistema de medida debe ser configurado correctamente para

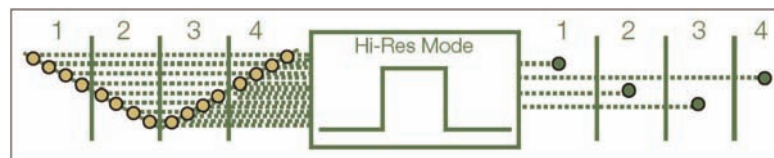
Los modos de adquisición del osciloscopio

Los modos de adquisición del osciloscopio controlan la forma en que las señales eléctricas se muestrean, se procesan y se muestran en la pantalla. Los puntos de la forma de onda resultante son valores digitales que están almacenados en la memoria y que se muestran en la pantalla para construir la forma de onda. La mayoría de los osciloscopios soportan diferentes modos de adquisición y dicho modo de adquisición elegido puede afectar a la exactitud de las medidas. Es importante entender cómo funcionan los modos de adquisición y el efecto que tendrán sobre la forma de onda y las medidas subsiguientes.

Todos los osciloscopios ofrecen el modo de muestreo normal (sample), que es el modo más simple de adquisición. Como se muestra en la figura 2, el osciloscopio obtiene un punto de la forma de onda y lo almacena en intervalos concretos (los intervalos de la forma de onda se muestran en la figura como de 1, 2, 3 y 4). Se sugiere la utilización del modo de muestra para realizar medidas tales como el análisis del ruido y del rizado, lo cual requiere realizar múltiples adquisiciones de señales no repetitivas.



Otro modo de adquisición ofrecido por la mayoría de los fabricantes de osciloscopios es el modo de promediado. En el modo de promediado, el osciloscopio guarda un punto de muestra en cada intervalo de la forma de onda como en el modo de muestra. Sin embargo, en el modo de promediado, los puntos de las formas de onda correspondientes a adquisiciones consecutivas se promedian entre sí para producir la forma de onda final que se visualiza en la pantalla, como se ilustra en la figura 3. El modo de promediado reduce el ruido sin pérdida de ancho de banda, pero requiere que la señal sea repetitiva. El modo de promediado es especialmente útil cuando se realizan el análisis de armónicos o las medidas de análisis de la calidad de la potencia, como la potencia real, la potencia reactiva y la potencia aparente. Tektronix también ofrece el modo de adquisición 'Hi-Res'. En este modo, las múltiples muestras consecutivas tomadas en un intervalo de la forma de onda se promedian para producir un solo punto de la forma de onda dentro de cada adquisición individual, como se muestra en la figura 4. El resultado es una reducción del ancho de banda y por tanto, el ruido y una mejora en la resolución vertical de las señales de baja velocidad. Hi-Res es especialmente útil para realizar el análisis de la modulación cuando se enciende una fuente de alimentación y se adquieren los datos en el modo de adquisición única (disparo único). El modo 'Hi-Res' puede mejorar la precisión de medidas, tales como las pérdidas de conmutación, que se basan en valores calculados matemáticamente de la potencia instantánea.



Eliminación del 'Skew' entre las sondas de tensión y corriente

Para realizar las medidas de potencia con un osciloscopio digital es necesario medir la tensión y la corriente en el dispositivo bajo prueba. Esta tarea requiere dos sondas distintas: una sonda de tensión (a menudo una sonda diferencial de alta tensión) y una sonda de corriente. Cada sonda de tensión y corriente tiene sus propias características de propagación y por ello, el retardo entre los flancos de las formas de onda adquiridas simultáneamente no estará probablemente alineado en la misma vertical. La diferencia entre los retardos de propagación de las sondas de corriente y de tensión, conocida como 'skew', provoca la aparición de medidas inexactas de amplitud y de tiempos. Es importante entender el impacto del retardo de propagación de las sondas sobre el pico máximo de potencia y también sobre las medidas de área, ya que la potencia es el producto de la tensión y la corriente. Si las señales de tensión y de corriente no están perfectamente alineadas, los resultados serán incorrectos.

Los osciloscopios de la serie MSO y DPO de Tektronix ofrecen una característica de 'deskew' que permite eliminar el 'skew' entre las sondas. Cuando se selecciona el menú de 'deskew', se muestra un cuadro informativo que describe el modelo de la sonda, su retardo de propagación nominal, el 'deskew' actual seleccionado y el 'deskew' recomendado para cada canal. Las formas de onda de

tensión y de corriente de la figura 5 tienen aproximadamente un 'skew' de 8nseg y el retardo de propagación para cada sonda se muestra en el cuadro informativo. La sonda diferencial de tensión TDP1000 de Tektronix tiene un retardo de propagación nominal de 6,5nseg, mientras que la sonda de corriente TCP0030 de Tektronix tiene un retardo de propagación nominal de 14,5nseg. La diferencia en el re-

Figura 2. Modo de muestreo normal (Sample).

Figura 3. Modo de muestreo promediado

Figura 4. Modo de adquisición de alta resolución (Hi-Res)

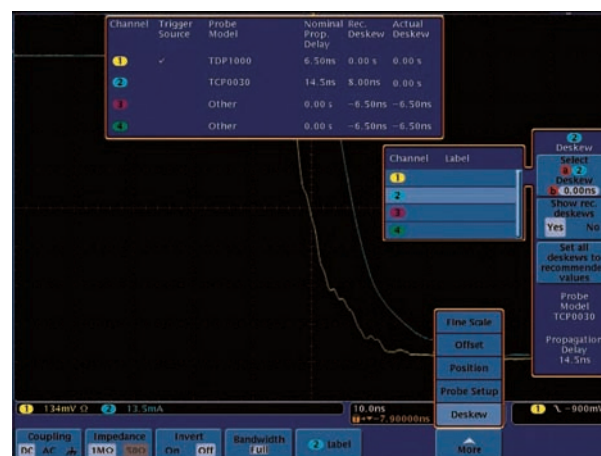


Figura 5. Tiempos de 'Skew' por defecto entre las sondas de tensión y corriente.

tardo de propagación es de 8nseg. La corrección del 'skew' entre las sondas resulta tan simple como seleccionar la opción "Establecer todos los valores recomendados para los 'deskews' " utilizando el botón lateral de la pantalla, como se muestra en la figura 6. Al elegir esta opción se ajustan los valores actuales de 'deskew' de las sondas a los valores recomendados. El valor del 'deskew' recomendado se basa en el

Figura 6. Corrección utilizando el valor nominal de los tiempos de 'Skew' entre las sondas de tensión y corriente.



retardo de propagación nominal de la sonda que se almacena en su memoria interna, suponiendo que la sonda sea del tipo TekVPI® o que en general soporte el 'deskew' automático.

La selección automática de "Establecer todos los valores recomendados para los 'deskews'" puede ajustar los retardos de propagación a los valores nominales haciendo que se compensen correctamente las diferencias entre los canales, pero puede que aún no estén ajustados con total precisión. Con el fin de alinear verticalmente con precisión las formas de onda y así obtener mayor exactitud de medida, es obligatoria la utilización del TEK-DPG (Generador de pulsos para realizar el 'deskew') y del dispositivo de 'deskew'.

Figura 9. Sonda de corriente TCP0030 CA/CC de Tektronix con 'Degauss' y 'AutoZero'.



Figura 7. Generador de pulsos y dispositivo de 'deskew' de Tektronix para realizar el 'deskew'.

El generador TEK-DPG proporciona una fuente de señal al dispositivo de 'deskew' para realizar las medidas de potencia (número parte 067-1686-XX de Tektronix), como se muestra en la figura 7. Con las sondas conectadas al accesorio de 'deskew', el "deskew real" puede ser ajustado manualmente para cambiar su valor y así alinear verticalmente con precisión las formas de onda. La figura 8 muestra que el valor real de 'deskew' de la sonda TDP1000 se ha ajustado en 680 pseg, desde 6,5nseg a 7,18nseg, para obtener la máxima precisión.

Figura 10. Filtros de limitación del ancho de banda disponibles en los osciloscopios de las series MSO4000/DPO4000 cuando se usa la sonda TDP1000.

Figura 8. Eliminación manual del 'skew' entre las sondas de tensión y corriente.



Eliminación del 'offset' de las sondas diferenciales

Las sondas diferenciales tienden a poseer una ligera tensión de 'offset'. Esta compensación puede afectar a la precisión y debe eliminarse antes de proceder a realizar las medidas. La mayoría de las sondas de tensión diferencial han incorporado un control de ajuste del nivel de CC, que elimina el 'offset' mediante un procedimiento relativamente sencillo.



Las sondas de corriente pueden necesitar también un ajuste antes de hacer las medidas. El ajuste del 'offset' de estas sondas se hace anulando el valor de la corriente de CC a un valor medio de 0 amperios o a un valor lo más cercano posible (Degauss). Las sondas con la interfaz TekVPI, tales como la TCP0030 CA/CC, tienen un procedimiento de Degauss/AutoZero automático incorporado que resulta tan sencillo como pulsar un botón en la caja de compensación sonda.

Degauss

Una sonda de corriente debería incluir también una función desmagnetización que fuese fácil de utilizar. La función de 'Degauss' elimina cualquier flujo residual de CC en el núcleo del transformador, que puede haber sido causado en algún momento por una gran cantidad de corriente de entrada. Este flujo residual se traduce en un error de salida que debe eliminarse para aumentar la precisión de las medidas que se están realizando.

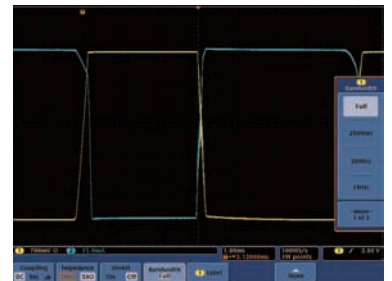
Las sondas de corriente con interfaz TekVPI de Tektronix disponen de un indicador de advertencia de la necesidad de realizar una operación de 'Degauss' que alerta al usuario para que realice dicha operación.

Dado que las sondas de corriente pueden tener importantes derivas a lo largo del tiempo que afectan a la exactitud de las medidas, un indicador de advertencia de la necesidad de 'Degauss' es una característica muy útil.

Filtros de limitación del ancho de banda

La limitación del ancho de banda del osciloscopio elimina el ruido de alta frecuencia no deseado de la forma de onda visualizada en la pantalla, lo que da como resultado una señal más limpia.

Las series MSO/DPO disponen de filtros de limitación del ancho de banda, como se muestra en la figura 10. En algunos casos, la sonda también puede estar equipada con filtros de limitación del ancho de banda.



El usuario debería tener cuidado al utilizar estos filtros; ya que, se pueden llegar a eliminar de la medida el contenido de alta frecuencia correspondiente a los armónicos de orden n-simo de la frecuencia fundamental. Por ejemplo, si se está midiendo una señal de 1 MHz y se quieren tener en cuenta los armónicos de hasta el nivel 40, es obligatorio que el ancho de banda del sistema sea al menos de 40 MHz. Si se eligiese el filtro de 20 MHz, lo cual es una opción disponible en el ejemplo que se muestra en la figura 10, se eliminarían parte de las frecuencias necesarias para realizar esta medida.

Medidas en fuentes de alimentación

Una vez que el sistema de medida está configurado correctamente, se puede comenzar la tarea de realizar las medidas. Las medidas de potencia más comunes pueden dividirse en tres categorías: el análisis de la entrada, el análisis del dispositivo de conmutación y el análisis de la salida.

Análisis de la entrada

Las redes eléctricas del mundo real nunca suministran ondas sinusoidales ideales, ya que siempre tienen algo de distorsión y de impurezas en la línea. Una fuente de alimentación conmutada representa una carga no lineal para la fuente. Debido a esto, las ondas de tensión y de corriente no son idénticas. La corriente es extraída durante una parte del ciclo de entrada, provocando la generación de armónicos en la forma de onda de la corriente de entrada. Las medidas clave para el análisis de la entrada de la fuente de alimentación son los siguientes:

- Armónicos
- Calidad del suministro eléctrico

Armónicos

Las fuentes de alimentación conmutadas tienden a generar armónicos impares de forma predominantemente, que pueden encontrar su camino de regreso a la red eléctrica. El efecto es acumulativo y cuantas más y más fuentes de alimentación conmutadas se conectan a la red (por ejemplo, una oficina que añade más ordenadores de sobremesa), puede aumentar el porcentaje total de la distorsión armónica que se devuelve a la red. Puesto que esta distorsión provoca la acumulación de calor en los cables y en los transformadores de la red eléctrica, es necesario reducir al mínimo los armónicos. Las normas reglamentarias, tales como la IEC61000-3-2, se han establecido para supervisar la calidad del suministro eléctrico de una carga no lineal en particular.

La determinación de los efectos de estas distorsiones es una parte

importante de la ingeniería eléctrica y los beneficios de utilizar un osciloscopio en lugar de un multímetro son importantes. El sistema de medida debe ser capaz de capturar las componentes armónicas hasta el armónico 50º de la frecuencia fundamental. La frecuencia de la red eléctrica es generalmente de 50 Hz o 60 Hz, aunque para algunas aplicaciones militares y de aviónica, la frecuencia de la red eléctrica puede ser de 400 Hz. Asimismo, cabe señalar que las aberraciones de la señal pueden contener componentes espectrales de una frecuencia aún mayor. Gracias a la alta frecuencia de muestreo de los modernos osciloscopios, los eventos transitorios pueden ser capturados con gran detalle (resolución). En cambio, los medidores de potencia convencionales pueden pasar por alto algunos detalles debido a su tiempo de respuesta relativamente lento.

La realización del análisis de los armónicos resulta tan fácil como tomar una medida de la forma de onda normal. Dado que la señal en este caso es una forma de onda periódica que se repite, es fácil disparar con ella y verla en la pantalla. Para garantizar una buena resolución en frecuencia se debe mostrar en la pantalla al menos cinco ciclos y la escala vertical debe establecerse de tal forma que la señal ocupe el mayor número de divisiones verticales posibles en la pantalla para optimizar el rango dinámico del osciloscopio.

La figura 11 muestra el resultado del análisis de armónicos de la corriente de carga de una fuente de alimentación. En el menú de 'Display', se pueden seleccionar las medidas sobre un determinado armónico. En este ejemplo se seleccionó el quinto armónico. Los usuarios pueden elegir ver los resultados en forma de tabla o en forma gráfica y pueden seleccionar si quieren ver los armónicos pares, impares o todos. Los datos de los armónicos se pueden guardar como un archivo CSV en un dispositivo de almacenamiento USB o en una tarjeta CompactFlash. Se muestran también el valor de la distorsión armónica total (THD) en relación al fundamental y el valor RMS. Estas

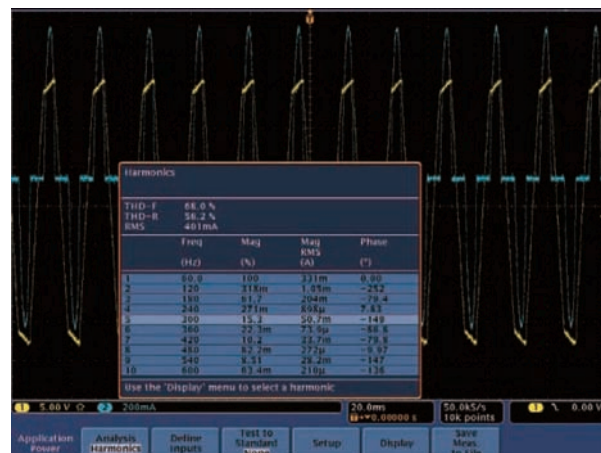


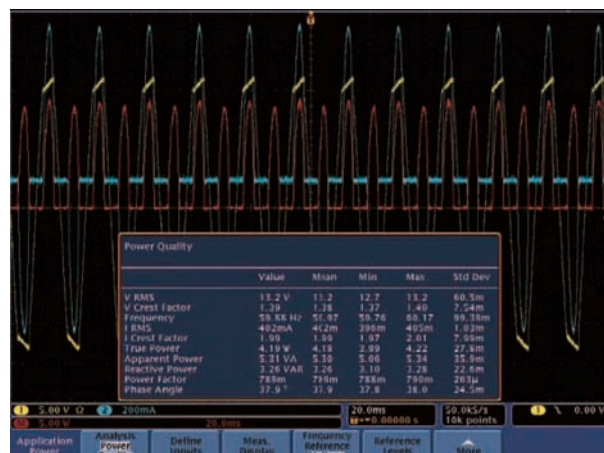
Figura 11. Análisis de armónicos con el módulo DPO3PWR ó DPO4PWR.

medidas son útiles cuando se analiza la conformidad con respecto a estándares como IEC61000-3-2 y MIL-STD-1399, los cuales se tienen en cuenta en el software para aplicaciones de potencia DPO3PWR y DPO4PWR.

Calidad del suministro eléctrico

La calidad de la potencia no depende solo del productor de la electricidad, depende también de la fuente de alimentación y de la carga del usuario final. Las características de calidad del suministro eléctrico definen la "salud" de la fuente de alimentación y determinan los efectos de las distorsiones causadas por las cargas no lineales. Como se muestra en la figura 12, el software para aplicaciones de potencia DPO3PWR ó DPO4PWR proporciona una tabla de resultados con las siguientes medidas automáticas: VRMS, IRMS, factores de cresta de la tensión y de la corriente, potencia real, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia.

Figura 12. Medidas de la calidad del suministro eléctrico con el módulo DPO3PWR ó DPO4PWR.



Análisis de dispositivos de conmutación

La arquitectura que prevalece en las fuentes de alimentación de CC en la mayoría de los sistemas modernos es la correspondiente a las fuentes de alimentación conmutadas por su capacidad para manejar con eficacia los cambios de las tensiones de entrada y de las cargas. Este tipo de fuentes minimiza el uso de componentes que implican pérdidas de potencia, tales como las resistencias y los transistores que trabajan en modo lineal y hace hincapié en los componentes que idealmente no tiene pérdidas. Las fuentes de alimentación conmutadas incluyen también una sección de control que contiene reguladores con modulación del ancho de pulso, reguladores con modulación de la frecuencia del pulso y circuitos de retroalimentación.

La tecnología de las fuentes de alimentación conmutadas se basa en dispositivos de conmutación que utilizan semiconductores de potencia como los MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors) y los IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors). Estos dispositivos de conmutación ofrecen tiempos de conmutación rápidos y son capaces de soportar picos de tensión irregulares. Además, los transistores disipan muy poca potencia en las transiciones entre sus estados activos e inactivos (ON/OFF), logrando un alto rendimiento con baja disipación de calor. En su mayor parte, el dispositivo de conmutación determina el rendimiento global de una fuente de alimentación conmutada. Las medidas más

importantes en los dispositivos de conmutación son las siguientes:

- Pérdidas de conmutación.
- Área de funcionamiento seguro (SOA).
- Velocidad de transición entre los estados activos e inactivos (slew rate).

Pérdidas de conmutación

Los circuitos con transistores de conmutación suelen disipar más energía durante las transiciones; ya que, los elementos disipativos parásitos del circuito impiden la conmutación instantánea de los dispositivos. Las pérdidas de energía en los dispositivos de conmutación, como los MOSFETs o los IGBTs, que ocurren en la transición desde el estado inactivo (OFF) al estado activo (ON) se definen como "Turn-on loss". Del mismo modo, "Turn-off loss" define la pérdida de energía cuando el dispositivo de conmutación pasa desde su estado activo (ON) al inactivo (OFF). Los circuitos con transistores pierden energía durante la conmutación debido a los elementos disipativos en las capacidades e inductancias parásitas y a la carga almacenada en el diodo. Un análisis adecuado de estas pérdidas es esencial para caracterizar la fuente de alimentación y evaluar su eficacia.

La medida de las pérdidas en la conmutación, como se muestra en la figura 13, se realizan en cada ciclo completo dentro de la región seleccionada de la adquisición (por defecto, toda la forma de onda) y las estadísticas de las medidas se acumulan para los ciclos dentro de la misma adquisición, no para los pertenecientes a sucesivas adquisiciones.

Un reto importante en la medida de las pérdidas "Turn-on" y "Turn-off" es que las pérdidas se producen durante períodos de tiempo muy cortos, mientras que las pérdidas durante el resto del ciclo de conmutación son mínimas. Esto requiere que la sincronización entre las formas de onda de tensión y de corriente sea muy precisa, en otras palabras, que se reduzcan al mínimo las descompensaciones del sistema de medida y que la medida del rango dinámico sea el adecuado para medir con precisión las tensiones y corrientes en sus estados "ON" y

"OFF". Como se señaló anteriormente, se deben anular los "offsets" de las sondas diferenciales, desmagnetizar (degauss) la sonda de corriente para eliminar cualquier flujo residual de CC en el transformador y minimizar el "skew" entre los canales.

El otro gran reto es el elevado rango dinámico necesario para realizar medidas precisas de las pérdidas de conmutación. La tensión a través del dispositivo de conmutación cambia drásticamente entre los estados "ON" y "OFF", lo que hace difícil medir con precisión los dos estados realizando una sola adquisición. Hay tres formas para determinar los valores correctos con los osciloscopios de las series MSO4000, DPO4000 y DPO3000:

Medir la caída de tensión en los terminales del dispositivo de conmutación durante el estado de conducción (ON). Debido a que esta tensión suele ser muy pequeña en comparación con la tensión en los terminales del dispositivo de conmutación cuando el dispositivo no está en estado de conducción (OFF), no es posible, generalmente, medir con precisión ambas tensiones con mismo ajuste de sensibilidad vertical del osciloscopio.

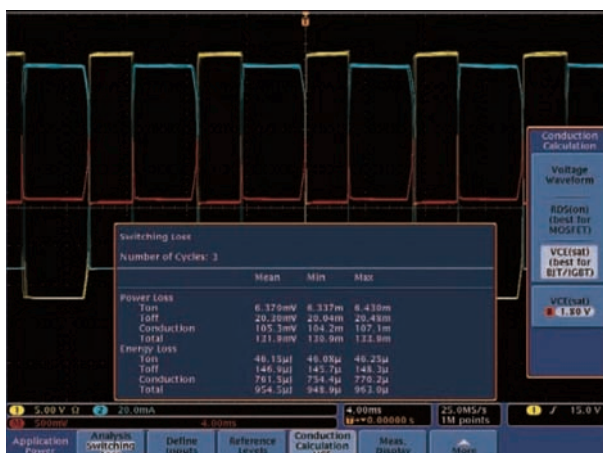
Obtener el valor de $R_{DS(on)}$ (el mejor modelo para un MOSFETs) en base a la hoja de especificaciones del dispositivo. Este valor indica la resistencia esperada entre el terminal de drenaje y el de la fuente del dispositivo cuando está conduciendo (ON).

Obtener el valor de $V_{CE(sat)}$ (el mejor modelo para BJTs y IGBTs) en base a la hoja de especificaciones del dispositivo. Este valor indica la tensión de saturación colector-emisor del dispositivo cuando está saturado.

Área de funcionamiento seguro (SOA)

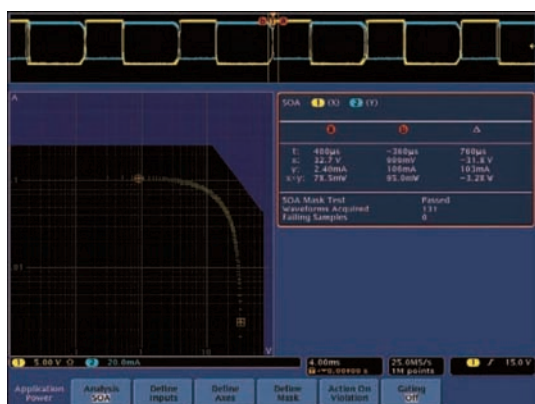
El área de funcionamiento seguro (SOA) de un transistor define las condiciones en las que el dispositivo puede funcionar sin sufrir daños; concretamente, significa cuánta corriente puede pasar a través del transistor para una determinada tensión. La superación de estos límites puede provocar la destrucción o el fallo del transistor. El SOA es una técnica gráfica de prueba que tiene en cuenta

Figura 13. Medida de las pérdidas de conmutación



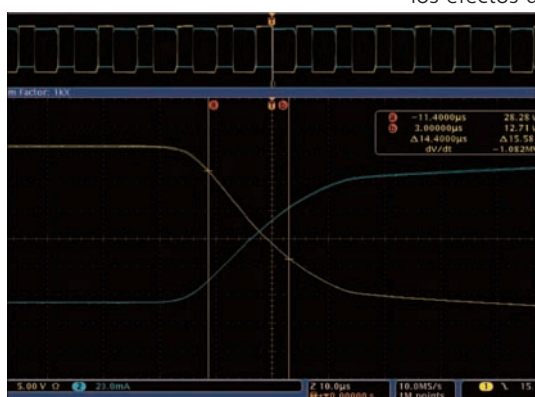
las limitaciones del dispositivo de conmutación, tales como la tensión máxima, la corriente máxima y la potencia máxima y permite estar seguro de que el dispositivo estará funcionando dentro de límites especificados.

La hoja de especificaciones del fabricante del dispositivo de conmutación resume ciertas limitaciones en el dispositivo de conmutación. El objetivo es garantizar que el dispositivo de conmutación tolerará los límites funcionales a los que la fuente de alimentación debe hacer frente en el entorno del usuario final. Las variables de prueba de SOA pueden incluir diversos escenarios de carga, variaciones de la temperatura de funcionamiento, subidas y bajadas de la tensión de entrada y otras más.



Según se muestra en la figura 14, se puede crear una máscara definida por el usuario para garantizar que el dispositivo de conmutación ajustará su funcionamiento a las tolerancias definidas en cuanto a tensión, corriente y potencia. Las violaciones de la máscara se reportan como fallos en la aplicación de potencia.

Velocidad de transición (Slew Rate)



Para comprobar que el dispositivo está funcionando a su máxima eficiencia, se deben medir las velocidades de transición (slew rate) de las señales de tensión y de corriente para verificar que el circuito está funcionando dentro de las especificaciones. Como se muestra en la figura 15, el osciloscopio se pueden utilizar para determinar la velocidad de transición de las señales de conmutación mediante el uso de los cursores de medida, simplificar la caracterización del control de la puerta y realizar los cálculos de conmutación dv/dt y di/dt .

Análisis de la salida

Idealmente, la salida de una fuente de alimentación no debe tener ningún tipo de armónicos debidos a la conmutación o a componentes que aporten ruido. Realmente, esto no es posible. Las medidas de análisis de la salida son esenciales para determinar los efectos de las variaciones de la tensión de entrada o de la carga en el tensión de salida. Estas medidas incluyen:

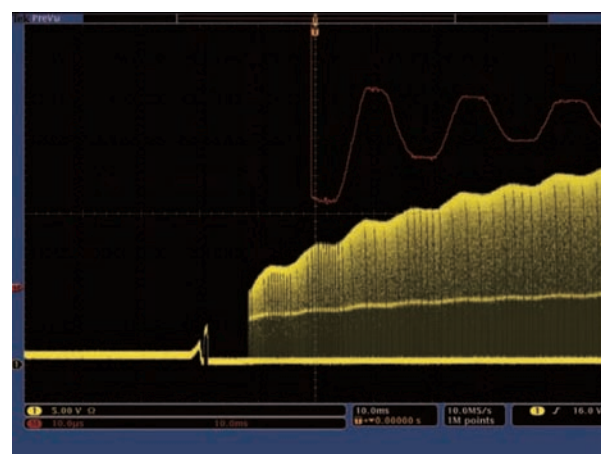
- El análisis de la modulación.
- La medida del rizado.

Análisis de la modulación

La tecnología de adquisición de fósforo digital de los osciloscopios de las series MSO/DPO4000 y DPO3000 ofrece unas ventajas únicas cuando se buscan problemas en un diseño, especialmente cuando se identifican los efectos de una modulación excesiva en una fuente de alimentación conmutada. Estos osciloscopios tienen una velocidad de captura de 50.000 formas de onda/seg, la cual es muchas veces mayor que la que típicamente se puede encontrar en un osciloscopio de almacenamiento digital (DSO). Esto ofrece dos ventajas cuando se

investigan los efectos de la modulación. En primer lugar, el osciloscopio permanece activo más tiempo y dedica menos tiempo al procesado de las formas de onda para su visualización en la pantalla. Por lo tanto, el osciloscopio tiene muchas más posibilidades de capturar la modulación. En segundo lugar, la pantalla de fósforo digital hace que sea más fácil ver la modulación de la señal en tiempo real. En la pantalla aparecen más luminosas las zonas donde la traza pasa con más frecuencia, como ocurre con osciloscopio analógico. La modulación aparece con una luminosidad más tenue que la parte principal de la forma de onda que se repite continuamente, por lo que es más fácil de ver.

La medida de los efectos de la modulación con un osciloscopio de Tektronix es también fácil. La figura 16 muestra la señal modulada que controla la salida del lazo de control



en modo de corriente de una fuente de alimentación. La modulación es importante en un sistema de retroalimentación para controlar el bucle. Sin embargo, demasiada modulación puede causar que el bucle se vuelva inestable. Observe que la forma de onda es más tenue en las regiones en que la modulación es menos frecuente. La forma de onda en rojo es una forma de onda matemática que muestra la evolución de la medida del ancho del pulso ciclo a ciclo que se realiza en la puerta de control de un IGBT cuando el oscilador de la fuente de alimentación arranca. Dado que la forma de onda matemática representa los valores de medida del ancho del pulso (con unidades de

Figura 14. Máscara de prueba de SOA con el módulo DPO3PWR/DPO4PWR.

Figura 16. Análisis de la modulación de la señal del control de la puerta de un IGBT durante el encendido utilizando el módulo DPO3PWR/DPO4PWR

Figura 15. Medidas de "Slew Rate" con el módulo DPO3PWR/DPO4PWR.

tiempo), las variaciones del ancho del pulso se pueden medir usando los cursores. Los valores matemáticos representan las tendencias de la medida de la modulación seleccionada en la forma de onda adquirida. En este caso, representa la respuesta del lazo de control del oscilador durante el arranque. Este análisis de la modulación podría utilizarse también para medir la respuesta del lazo de control de la fuente de alimentación con

respecto a los cambios en la tensión de entrada (regulación de la línea) o con respecto a un cambio en la carga (regulación de la carga).

Medida del rizado

El rizado es la tensión de alterna que se superpone a la salida de una fuente de alimentación de CC. Se expresa como un porcentaje del tensión de salida normal o como una tensión pico a pico. En el caso de las fuentes de alimentación lineales se puede observar como una señal que se aproxima al doble de la frecuencia de la red (~ 120 Hz), mientras que en las fuentes de alimentación conmutadas se puede observar un rizado con una frecuencia de cientos de kHz.

Conclusión

Las fuentes de alimentación son esenciales casi para cualquier tipo de producto electrónico alimentado desde la red o utilizando baterías y las fuentes de alimentación conmutadas

se han convertido en las arquitecturas dominantes en muchas aplicaciones. El rendimiento de una sola fuente de alimentación conmutada - o su fallo - puede afectar a la suerte de un gran y costoso sistema.

Para garantizar la fiabilidad, la estabilidad, el rendimiento y la conformidad con las normas de un nuevo diseño de fuente de alimentación conmutada, el ingeniero de diseño debe llevar a cabo medidas numerosas y complejas. Los osciloscopios de las series MSO4000, DPO4000 y DPO3000 de Tektronix con el módulo para aplicaciones de potencia DPO3PWR o DPO4PWR simplifican drásticamente el análisis de las fuentes de alimentación. Las medidas automáticas de armónicos, calidad de energía, pérdidas de conmutación, área de funcionamiento seguro, velocidad de transición, modulación y rizado garantizan un rápido análisis al mismo tiempo que simplifican la configuración y el 'des-kew' de las sondas proporciona la máxima precisión.

Figura 17. Medidas de rizado con los módulos DPO3PWR ó DPO4PWR.

