

# Sondeo de carriles de alimentación de tensión con una integridad de las señales óptima

Artículo cedido por Keysight



www.keysight.com

Autor: Ned Brush

*En la industria de la electrónica, la reducción del consumo de energía y el aumento en las velocidades de datos siguen obligando a reducir la tensión de los carriles de alimentación. En línea con estas menores amplitudes, se están aplicando especificaciones más estrictas para las fuentes de alimentación y la potencia suministrada. Los osciloscopios siguen siendo una herramienta valiosa para medir características de los carriles de alimentación, como la respuesta a transitorios y la desviación, tanto periódica como esporádica. Disponemos de varias opciones de sondeo para realizar estas medidas, desde condensadores de bloqueo hasta sondas activas, y cada una presenta ventajas e inconvenientes. Además, la conexión física de la sonda puede afectar a la calidad de la medida. La carga de entrada, el ruido y el offset son aspectos importantes al sondear fuentes de alimentación DC. Comprender y evaluar estos factores del sondeo es crucial para obtener la mejor integridad de las señales (SI).*

A primera vista, las fuentes de alimentación DC parecen componentes sencillos dentro de la complejidad cada vez mayor en el mundo de la electrónica actual. No obstante, a medida que los microprocesadores y los chips de RF continúan reduciendo su consumo de potencia y aumentando su velocidad de datos, se incrementa la demanda de circuitos que les proporcionen alimentación. Una fuente debe ofrecer tensión y corriente estables y precisas, independientemente de su carga variable. Los diseñadores de carriles de tensión se ven sometidos a la presión de ajustar las tolerancias de tensión y eliminar las señales indeseadas de sus fuentes. Medir con precisión características como las desviaciones periódicas y aleatorias (PARD), el ruido y la respuesta dinámica es fundamental en los diseños de fuentes de alimen-

tación actuales. Los diseñadores de fuentes de alimentación en casi todos los sectores de la electrónica utilizan osciloscopios para ver las variaciones en los carriles de alimentación a lo largo del tiempo. Como estas variaciones suelen tener poca amplitud, llegando hasta décimas de milivoltios, medir un carril de alimentación con una sonda de osciloscopio puede ser difícil. El ruido del osciloscopio y la sonda puede tapar la señal, y una conexión física insuficiente puede degradar toda la medida.

Los requisitos para sondear un carril de alimentación son muy parecidos a los necesarios para cualquier otra señal, aunque con algunas diferencias clave. El ruido, la carga y el offset son las cuestiones principales. Igual que con casi todos los sondeos, será deseable una carga lo menor posible en la sonda, aunque la carga a bajas frecuencias es importante al medir fuentes. Los carriles de alimentación son menos sensibles a la carga de la sonda, ya que tienden a tener una impedancia de fuente baja. No obstante, como sucede con otras señales, es deseable una carga de sonda mínima a bajas frecuencias, especialmente en DC, para que la sonda no consuma corriente apreciable de la fuente.

Para poder medir con precisión pequeñas tensiones, es probable que el ruido sea el mayor problema del sondeo de carriles de alimentación. Aunque la tensión DC de una fuente puede ser una medida fundamental, la salida de la fuente no es DC perfecta. El ruido AC y las respuestas a transitorios respecto a cargas variables son las principales preocupaciones al analizar carriles de alimentación. Especificaciones como las PARD deben medirse en tiempo real, por lo que su promedio no resulta práctico. Para poder cuantificar de forma precisa las características de rizado y ruido de la fuente, debe minimizarse el ruido que genera la medida del oscilos-

copio. Comprender qué ruido añade la propia medida, como puede ser el ruido del osciloscopio o la atenuación de la sonda, es fundamental para obtener unas medidas óptimas.

Por último, el rango de offset de la sonda puede desempeñar un papel fundamental a la hora de minimizar el ruido. Para poder medir la fuente con los ajustes de ruido más bajos de un osciloscopio, la sonda necesita un rango de offset adecuado. Adaptando el offset de la sonda a la tensión DC de la fuente, es posible centrar la señal en la pantalla del osciloscopio con el zoom máximo; así, el osciloscopio normalmente carecerá de atenuación y, por lo tanto, ofrecerá el mínimo ruido posible. Un amplio rango de offset permitirá inspeccionar a fondo distintas fuentes, independientemente de la tensión DC.

Existen distintas opciones de sondeo para medir carriles de fuentes de alimentación en un osciloscopio. Ningún método es perfecto y todos presentan ventajas e inconvenientes. Quizá la técnica más común sea utilizar un condensador de bloqueo o el modo de acoplamiento AC en el osciloscopio. De esta forma, el carril puede sondarse directamente con un cable en una entrada de 50  $\Omega$ . La principal ventaja de este método es que el osciloscopio puede medir prácticamente cualquier tensión DC con alta sensibilidad. El mayor inconveniente es que el contenido de baja frecuencia no es observable. A menudo, los diseñadores de fuentes de alimentación necesitan analizar variaciones lentas en transitorios largos. Si la frecuencia de la variación está por debajo del punto de corte del filtro, un condensador de bloqueo no permitirá observar estos comportamientos.

Otra técnica habitual es sondear la fuente con un cable de 50  $\Omega$  directamente en el canal de 50  $\Omega$  del osciloscopio. Al adaptar el offset del canal del osciloscopio a la tensión

DC, la señal puede verse utilizando la mínima atenuación, minimizando el ruido aportado por el osciloscopio. Este método también permite observar contenido DC y frecuencias de hasta el ancho de banda del osciloscopio. Si el ancho de banda del osciloscopio es mucho mayor que las frecuencias de interés, el ancho de banda del canal deberá reducirse para minimizar el ruido que aporta el osciloscopio.

Sin embargo, usar un cable de 50  $\Omega$  directamente en el canal de un osciloscopio presenta ciertos inconvenientes. Quizá el mayor sea el rango de offset limitado que el osciloscopio presenta a altas sensibilidades. A medida que se minimiza el ajuste de voltios por división en el canal del osciloscopio, también se reduce el rango de offset. Si el osciloscopio no tiene un rango de offset suficiente para dar cabida a la tensión DC de interés, la única opción será aumentar la relación voltios/división, aumentando así el ruido de la medida. Otra desventaja importante de este método tiene que ver con la carga. La fuente debe suministrar corriente para una carga adicional de 50  $\Omega$  en DC. Dependiendo del diseño, esta carga adicional podría hacer que la fuente se comportara de forma distinta a como lo haría sin la carga de 50  $\Omega$  en DC. En este ejemplo, la carga de 50  $\Omega$  puede causar una tensión de salida inferior desde un regulador lineal. En cambio, en diseños con un margen menor o mayor complejidad, este comportamiento puede ser más imprevisible.

Otra opción disponible para sondear carriles de fuentes de alimentación son las sondas activas. Para esta medida pueden utilizarse tanto sondas activas unipolares como diferenciales. Al adaptar el offset de la sonda a la tensión DC del carril, la señal puede verse con alta sensibilidad.

Al utilizar una sonda activa para medir un carril de alimentación, debemos tener en cuenta varios factores. Las sondas activas ofrecen distintos rangos de offset, por lo que es importante utilizar una sonda con offset suficiente para cubrir el rango de tensión del carril de alimentación. Otro problema al utilizar una sonda activa es el ruido de

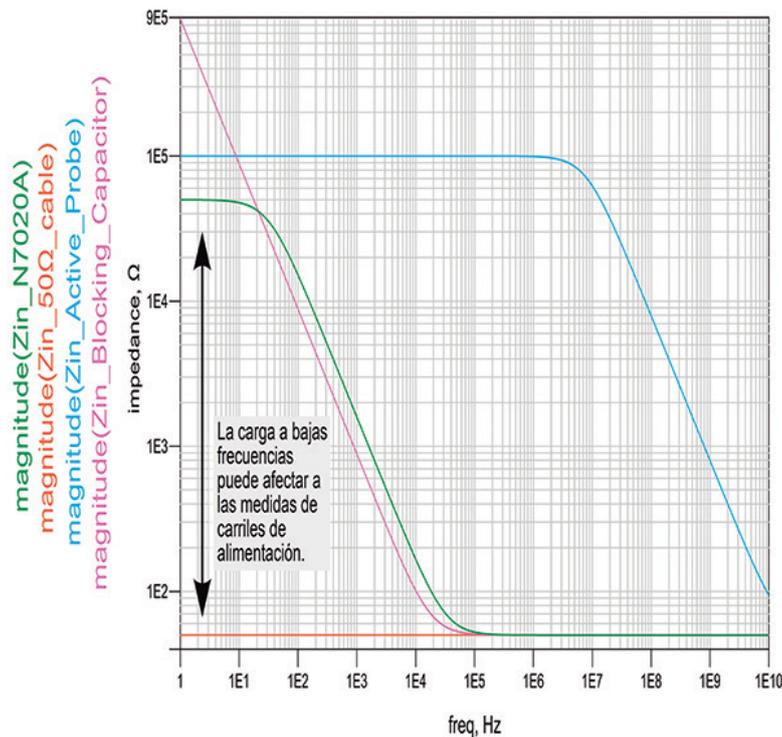


Figura 1. Gráfico de la relación carga-frecuencia con varias soluciones de sondeo para carriles de alimentación.

entrada. La mayoría de las sondas activas presentan atenuación para mantener rangos de entrada viables. La atenuación de la sonda aumenta el ruido referido a la entrada, ya que multiplica el ruido del osciloscopio por su factor de atenuación y este se añade al ruido que aporta la sonda. Normalmente, las sondas activas con atenuación tendrán un ruido referido a la entrada mucho mayor que un condensador de bloqueo o un canal de 50  $\Omega$  directo. Como la atenuación de una sonda a menudo aporta ruido referido a la entrada, a la hora de sondear fuentes de alimentación normalmente es preferible una sonda con una atenuación 1:1. Aunque las sondas activas ofrecen varias ventajas fundamentales, como una carga mínima y un amplio rango de entrada, a menudo resultan indeseables para sondear carriles de alimentación debido a su mayor ruido.

Empieza a existir demanda de sondas diseñadas específicamente para medir fuentes de alimentación, que sacrifican algunas de las capacidades de uso general que encontramos en las sondas activas tradicionales en favor de características que las hacen ideales para la medida de fuentes de alimentación. Ofrecen ruido muy bajo, carga DC

mínima, offset grande y un amplio rango de entrada. Un ejemplo de estas sondas es la N7020A de Keysight Technologies. Con atenuación 1:1 y resistencia DC de 50 k $\Omega$ , puede medir el contenido de banda ancha, incluido DC hasta  $\pm 24$  V, con un ruido y una carga mínimos. Para carriles de alimentación, esta sonda ofrece muchas de las ventajas de las técnicas de sondeo descritas anteriormente y casi ningún inconveniente.

Como ya hemos mencionado, la carga es un problema para las medidas de carriles de alimentación, especialmente a baja frecuencia. La Figura 1 muestra gráficamente la carga de sonda según las distintas opciones que hemos tratado. Como la mayoría de las fuentes de alimentación presentan una baja impedancia de entrada, apenas se verán afectadas por la carga de la sonda a altas frecuencias. El cable de 50  $\Omega$  consumirá una corriente sustancial a DC, a diferencia de las otras sondas. La sonda activa es la única opción mostrada en la Figura 1 que mantiene una baja carga incluso a frecuencias altas. Mientras que esto es importante en otras aplicaciones de sondeo generales, donde la impedancia de entrada puede ser mayor, no suele

representar ventaja alguna para las aplicaciones de carriles de alimentación, ya que la impedancia de la fuente es baja.

Todas las opciones de sondeo descritas anteriormente tienen una cosa en común que puede afectar de forma determinante la integridad de las señales: el primer medio centímetro de la sonda. Siempre que la amplitud de las señales de interés sea baja, la calidad de la conexión física de la sonda puede tener un fuerte impacto en la integridad de la medida.

El ruido en la medida puede estar causado por el osciloscopio y la sonda, puede ser parte de la señal en la punta de la sonda o puede ser resultado de una influencia externa debido a una conexión inferior. Hay dos fuentes de ruido principales causadas por una conexión a masa incorrecta. Una es la inyección de bucle de masa y, la otra, la captación electromagnética. Una longitud excesiva en la señal de la sonda o la conexión a masa hará que ambos casos empeoren.

Los bucles de masa suelen ser un problema en las sondas unipolares.

Estos se forman cuando uno o más recorridos a masa se unen en dos o más puntos. Provocan problemas en las medidas cuando el potencial de masa del dispositivo bajo prueba es distinto del potencial de masa del chasis del osciloscopio. En tal caso, la corriente baja por el apantallamiento a masa de la sonda, haciendo que aparezca una señal en la pantalla. Para determinar si un bucle de masa debería preocuparnos, la conexión de masa de la sonda y la entrada debe conectarse a la masa del dispositivo bajo prueba. Si en el osciloscopio aparece una señal, el bucle de masa debe eliminarse. Para ello pueden mejorarse las conexiones a masa del dispositivo bajo prueba y el osciloscopio en el banco o bien se puede unir la masa del osciloscopio a la del dispositivo con una ruta de baja impedancia.

El ruido también puede deberse a interferencias electromagnéticas. En este caso, el cable de masa funciona como una antena de espira monovuelta. Cualquier circuito cercano que emita energía electromagnética podría ser captado por la sonda y aparecer en la medida. Si al mover

el cable de masa cambia la naturaleza del ruido, es probable que el problema sea de captación de ruido. Otro método para determinar la fuente del ruido es desconectar la sonda del dispositivo bajo prueba y conectar la entrada al cable de masa. Funcionando como una antena, la punta de la sonda puede moverse alrededor de varias fuentes potenciales para identificar aquellas que radian energía.

En el caso de las medidas unipolares, una línea de transmisión coaxial preparada, también llamada "pigtail", suele ofrecer la mejor conexión física para medir carriles de alimentación. Como se ve en la Figura 2, la sonda pigtail tiene un conductor central sobresaliente y una protección exterior de hojalata expuesta, que facilita la soldadura entre el carril de tensión y la masa. Sin apenas longitud de masa excesiva, la inductancia de tierra se ve minimizada.

Además, el área de bucle entre el conductor central y la masa se reduce, por lo que la conexión tendrá menos probabilidad de sufrir influencias externas. A menudo, un condensador de bypass es adecuado para sondear un carril con una sonda pigtail. El conductor central puede soldarse en el lado de alimentación del bypass y el apantallamiento puede soldarse en el lado de masa, como se muestra en la Figura 2.

El osciloscopio es una herramienta valiosa a la hora de analizar diseños de fuentes de alimentación. A medida que aumentan los requisitos exigidos a las especificaciones de las fuentes y se reducen las tensiones de interés, la integridad de las señales cobra una importancia fundamental. Los distintos métodos de sondeo, de los condensadores de bloqueo a las sondas activas, ofrecen ventajas e inconvenientes. Al elegir una sonda deben tenerse en cuenta factores como la carga de entrada, el ruido y el offset. Además, la conexión física afecta directamente a la calidad de la medida.

Minimizar la longitud de la conexión a masa es esencial para mantener el mejor nivel de ruido. Al medir carriles de alimentación, es importante comprender los compromisos que representan las distintas técnicas de sondeo y sus conexiones. □

Figura 2. Cabezal de sonda pigtail conectado a un condensador 0402 con inductancia de tierra mínima.

