

# Integridad de la alimentación: usar la FFT y el disparo del osciloscopio para identificar posibles orígenes de ruido en las fuentes de alimentación

Artículo cedido por Keysight



## Introducción

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

Gracias a la aplicación continua de la ley de Moore y a la propagación del microcontrolador asequible, ahora todos disponemos de una amplia variedad de productos electrónicos que incorporan cada vez más características y funcionalidades. Para funcionar, estos productos con abundantes características precisan de una alimentación DC de mejor calidad que sus predecesores. Una de las dificultades a las que se enfrentan los diseñadores de estos productos es la de proporcionar fuentes "limpias" a los dispositivos y los circuitos que los componen.

El estudio de la eficacia en la entrega de alimentación DC desde la salida de los convertidores DC/DC hasta la entrada de los dispositivos de los circuitos se llama "integridad de la alimentación". Habitualmente se emplean osciloscopios en tiempo real para medir el rizado, el ruido, la respuesta a la carga de señales transitorias y muchos otros parámetros de la integridad de la alimentación. En este artículo se demostrará cómo se pueden obtener datos analíticos sobre los posibles orígenes del ruido de las fuentes de alimentación usando las capacidades de FFT y disparo del osciloscopio.

## Consideraciones de la FFT en los osciloscopios

Un osciloscopio capturará una cantidad finita de tiempo en cada disparo basándose en la cantidad de memoria y la velocidad de muestreo. La FFT no puede "ver" frecuencias de la señal entrante que se sitúen por debajo de la inversa de la ventana de captura de tiempos del osciloscopio. La frecuencia más baja que puede analizar la FFT es  $1/[1/(\text{velocidad de muestreo}) \times (\text{capacidad de memoria})]$ . Para ver un origen sospechoso en la FFT, hay que establecer la capacidad de modo que permita capturar muestras suficientes. Por ejemplo, si la fuente de conmutación funciona a 33 kHz, habría que capturar  $1/(33 \text{ kHz})$  o 30 microsegundos de actividad de la señal para verla en la FFT. En el caso de una velocidad de muestreo de 20 Gmuestras/s, se necesitarían 600 000 puntos en memoria. Normalmente, la FFT actúa solo sobre los datos que aparecen en pantalla.

## El problema

La importancia de una alimentación "limpia" ha crecido de forma proporcional a la densidad y la velocidad de las generaciones sucesivas de los productos diseñados. Las desviaciones de los raíles de corriente DC quizá sean la fuente individual que más jitter de reloj y datos provoca en los sistemas digitales. Este proceso recibe el nombre de jitter inducido por la fuente de alimentación. Una caída en la fuente de alimentación que alimenta un dispositivo digital puede reducir el retardo de propagación hasta las entradas del dispositivo, lo que provocaría una reducción del margen de sincronización o, incluso, fallos de bits.

A medida que han ido aumentando las velocidades de conmutación y las pendientes de las transiciones ("slew rate") de los dispositivos digitales, también lo ha hecho la probabilidad de que se induzca ruido de conmutación en la fuente de alimentación. El ruido resultante se produce en la frecuencia de la corriente de conmutación, y fácilmente puede ser superior a 1 GHz.

Mejorar la eficiencia energética o reducir el consumo de energía son otras tareas a las que se enfrentan los diseñadores. Para reducir la densidad de potencia y mantener el consumo de energía en niveles aceptables, los diseñadores han reducido la tensión de funcionamiento DC o han ajustado las tolerancias de las fuentes DC. Para los diseñadores, el reto consiste en medir las señales AC cada vez más pequeñas y más rápidas que pasan por sus fuentes DC.

## Ruido de las fuentes de alimentación DC

Lo idóneo sería que las fuentes de alimentación DC no registraran ningún ruido. ¿Y eso cómo se consigue?

Para empezar, en la fuente existe ruido gaussiano que es consecuencia del ruido térmico inevitable, a saber, el ruido electrónico generado por la

agitación térmica de los electrones. Por regla general, no es lo que provoca más ruido.

Los principales orígenes de ruido en las fuentes de alimentación DC son el ruido de conmutación de la fuente en sí y el ruido inducido por las corrientes de conmutación de los dispositivos del circuito, que crean demandas de corriente transitorias. El ruido creado por los eventos de conmutación puede parecer aleatorio en el tiempo. Sin embargo, suele ser coherente con los relojes del sistema.

Si pensamos que el ruido de la fuente DC es una combinación de "señales" (como el ruido de conmutación de la fuente y el ruido de la corriente de conmutación) superpuestas en la fuente DC, resultará más sencillo medirlo y analizarlo.

Dado el amplio ancho de banda del ruido de las fuentes de alimentación DC, las personas que miden este ruido suelen optar por el osciloscopio por su amplio ancho de banda, su sencillez de uso y su disponibilidad inmediata.

## Uso del dominio de la frecuencia para el análisis

Usar las capacidades de FFT del osciloscopio para ver señales en el dominio de la frecuencia puede resultar útil a la hora de identificar orígenes que contribuyan al ruido de una fuente.

En este ejemplo, tenemos un convertidor DC/DC de conmutación que convierte 5 V en 3,3 V, y será a lo que prestaremos especial atención. El conmutador funciona a 2,8 MHz. Por lo demás, el producto objetivo incorpora otros circuitos alimentados por 5 V que funcionan con un reloj de 10 MHz.

Con la sonda de raíles de corriente N7020A y el osciloscopio de la Serie S de Keysight, medimos la fuente de 3,3 V. Simultáneamente, mediremos el reloj de 10 MHz (con la sonda pasiva estándar). En la Figura 1 se muestran los resultados de las medidas de la fuente de 3,3 V y el reloj en el dominio



Figura 1. Vista del dominio del tiempo de una fuente de 3,3 V (2 trazas superiores) y un reloj de 10 MHz (2 trazas siguientes) y vista del dominio de la frecuencia de una fuente de 3,3 V.

del tiempo, junto con una vista del dominio de la frecuencia de la fuente de 3,3 V obtenida usando la función de FFT del osciloscopio. La vista del dominio del tiempo de la fuente de 3,3 V nos permite ver una señal con un periodo de aproximadamente 360 ns que son restos del conmutador de 2,8 MHz. Si comparamos la vista del dominio del tiempo de la fuente de 3,3 V con la vista del dominio del tiempo del reloj de 10 MHz, no parece que el circuito digital contribuya al ruido de la fuente de 3,3 V.

Observemos de nuevo la Figura 1 y fijémonos en el dominio de la frecuencia. Vemos con claridad picos que están relacionados con el conmutador de 2,8 MHz (y sus armónicos), así como un pico a 10 MHz que representa el ruido relacionado con el reloj. Ver el ruido tanto en el dominio de la frecuencia como en el dominio del tiempo nos ha proporcionado datos adicionales sobre los orígenes del ruido.

### Uso del disparo para ver y medir componentes de la señal en el ruido de la fuente

Usando la función de FFT del osciloscopio hemos podido concluir que una parte del ruido de la fuente de 3,3 V está relacionada con el reloj de 10 MHz y el circuito digital del producto

objetivo. Tras conocer esta información, el próximo paso que puede dar un diseñador es obtener datos sobre qué cantidad de ese ruido lo provoca el reloj de 10 MHz. Seguidamente, puede tomar una decisión fundada sobre el valor de un nuevo diseño destinado a minimizar ese ruido.

El disparo puede ayudar a visualizar y medir componentes del ruido de la fuente que se acoplan a la fuente procedentes de otros elementos del sistema con los que están en coherencia de fase. Para demostrar esto, medimos la fuente de 3,3 V y el reloj de 10 MHz al mismo tiempo. A conti-

nuación, configuramos el osciloscopio para que dispare en el flanco creciente del reloj de 10 MHz. Por último, establecemos el modo de adquisición del osciloscopio en media analógica. Al calcular la media de adquisiciones repetidas, en este caso, 1024 adquisiciones, eliminaremos todo el ruido aleatorio y otros componentes de la señal que no son coherentes con el reloj. El resultado final serán las partes del ruido de la fuente que están relacionadas con el reloj de 10 MHz. Los resultados de esta medida se muestran en la Figura 2.

La decisión sobre si vale la pena realizar un nuevo diseño para minimizar o eliminar el ruido de nuestro ejemplo debe tomarla el diseñador, combinando de forma equilibrada esta nueva información sobre el ruido con otras limitaciones a las que tenga que hacer frente.

### Resumen

Identificar posibles orígenes de ruido en una fuente DC es un paso fundamental para el ingeniero o el técnico de integridad de la alimentación. Una vez identificado el origen del ruido, se pueden adoptar medidas para reducir o eliminar su efecto. Se puede usar la función de FFT de un osciloscopio para acotar e identificar posibles fuentes de ruido.

A continuación se pueden usar el disparo y la media para verificar que esos posibles orígenes son los que realmente provocan el ruido de la fuente. 📌



Figura 2. Disparar en el reloj de 10 MHz y habilitar las medias elimina todo el ruido aleatorio y las señales que no son coherentes con el reloj. La vista que se obtiene es la del ruido de la fuente de 3,3 V que está relacionado con el reloj de 10 MHz.