

Con DC o sin DC: esa es la cuestión

Consideraciones para comprobar la tolerancia a las perturbaciones de las líneas de alimentación DC

Por Bob Zollo, Planificador de productos de Agilent Technologies Inc.



DC y perturbaciones DC

DC no siempre es DC. Cuando se desarrollan sistemas que funcionarán con alimentación DC, el entorno eléctrico DC tendrá ruido y podrá, además, experimentar otras perturbaciones. En este artículo se analizan las consideraciones para generar perturbaciones de baja frecuencia (glitches, bajadas de tensión, excesos de corriente, picos) que se producen en la región de 100 μ s y más con anchos de banda de 10 kHz o menos. En contraste, el ruido, que no se aborda en este artículo, puede ser de baja frecuencia (como un zumbido de 50/60 Hz), pero resulta difícil de generar en el rango desde kHz hasta MHz o hasta GHz.

Las perturbaciones pueden estar causadas por diversos factores. Las perturbaciones provenientes de la fuente pueden deberse a eventos que causan una variación de la fuente, como el cambio de la potencia de salida de la fuente debido a condiciones ambientales (por ejemplo, una nube que pasa sobre un panel solar o un alternador de automóvil que gira a distinta velocidad). Las perturbaciones provenientes de la carga pueden deberse a un cambio de cargas en la alimentación DC, por ejemplo, cuando un carril DC se reduce debido a que se conectan nuevas cargas (dispositivos) o debido al encendido/apagado de subsistemas para ahorrar energía.

En el diseño de sistemas con alimentación DC, los ingenieros deben tener en cuenta los efectos de las perturbaciones DC en el funcionamiento global del sistema. Obviamente, los eventos normales de perturbación DC, como la conexión de un nuevo dispositivo, no deberían provocar el colapso del carril ni el bloqueo, el reinicio, la pérdida de datos o el fallo de otros dispositivos situados en el mismo bus común de alimentación DC. De este modo, la validación del diseño de sistemas y dispositivos con alimentación DC requerirá la simulación de perturbaciones DC a fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Ejemplos de sistemas DC y posibles perturbaciones

Muchos sistemas y dispositivos operan desde una fuente de polarización o un carril DC. El sistema funcionará correctamente si el carril DC se mantiene en la tensión DC deseada con cierto margen operativo. A continuación se ofrecen ejemplos de sistemas DC y de cómo pueden producirse las perturbaciones DC, provocando resultados no deseables.

Un sistema eléctrico para automoción se suele considerar un sistema DC de 12 V. Sin embargo, el bus de tensión de un coche tiene muchas desviaciones y perturbaciones.

Un cambio en la velocidad del motor puede producir fluctuaciones de tensión. Un cambio en las cargas, por ejemplo, al activar los motores de las ventanillas, puede reducir el bus DC de 12 V. Cuando el motor gira y arranca se generan transitorios significativos en el bus DC de 12 V. La electrónica del automóvil, desde las unidades de control del motor hasta los sistemas de entretenimiento e instrumentación, debe ser tolerante a estos transitorios. A nadie le gustaría que el ordenador del motor se bloqueara al frenar o acelerar.

Cuando la iluminación LED funciona con un sistema de distribución de alimentación DC, las perturbaciones en el sistema DC pueden afectar a las luces visibles de la iluminación LED. Las perturbaciones y los transitorios pueden producir parpadeos no deseados y molestos en las luces LED.

Cuando se alimentan múltiples dispositivos o subsistemas con un bus DC común, al agregar o quitar dispositivos del bus pueden producirse transitorios que afectan a todos los dispositivos del bus. Cuando se conecta por primera vez un dispositivo USB, las corrientes de avalancha pueden superar la corriente operativa DC nominal e incluso la corriente nominal de la línea USB de 5 V. Este es particularmente el caso de los dispositivos de alta potencia, como las unidades de disco duro USB, que requieren grandes corrientes de avalancha iniciales cuando el motor hace girar la unidad. Esta corriente de avalancha reduce la tensión en la línea USB de 5 V y, si la tensión baja lo suficiente, puede provocar que otros dispositivos del USB se reinicien. Esta situación no es deseable, ya que puede producir pérdida de datos.

Como en el ejemplo mencionado de USB, las corrientes de arranque pueden ocasionar problemas incluso cuando el sistema es una configuración fija que no tiene dispositivos agregados ni conectados. Cuando se encienden por primera vez, las FPGA pueden captar corrientes de avalancha.

Figura 1. El analizador de potencia DC Agilent N6705A está configurado para la generación de perturbaciones DC. Las fuentes de alimentación integradas pueden generar transitorios de hasta 600 W, con tiempos de subida/bajada de menos de 1 microsegundo y anchos de banda de 5 kHz. Un generador de formas de onda arbitrarias integrado facilita la programación de perturbaciones. Las medidas integradas permiten a los ingenieros visualizar los transitorios de tensión y corriente.



cha o de arranque significativas. Estos picos de arranque, que pueden ser diez veces mayores que la corriente en estado estable, pueden reducir fácilmente el carril DC en un sistema, provocando una bajada de tensión momentánea que puede afectar negativamente a otros componentes y subsistemas conectados al carril y producir su reinicio o apagado. Si bien los efectos de la corriente de arranque o de avalancha pueden minimizarse utilizando una fuente de alimentación mayor en el carril, esta solución no siempre resulta práctica y, por tanto, quizá sea necesario comprobar los distintos subsistemas para determinar cómo toleran las perturbaciones DC inducidas por corrientes de avalancha.

Consideraciones prácticas para generar perturbaciones DC durante las pruebas

Los diseños de sistemas deben ser tolerantes a diversas perturbaciones de tensión DC, en particular los sistemas que dependen de la interoperabilidad de dispositivos plug-n-play. El usuario medio solo quiere conectar un nuevo aparato y que funcione correctamente sin que afecte a otros instrumentos acoplados al mismo bus DC. El único modo de garantizarlo es disponer de estándares o especificaciones de diseño sobre estabilidad del bus DC y calidad de alimentación, y diseñar dispositivos que toleren estas desviaciones especificadas. En I+D y validación de diseños, los ingenieros necesitan un modo de crear un bus de alimentación DC con perturbaciones repetibles y controladas para comprobar que sus diseños cumplen la norma y la especificación de diseño.

Para comprobar el grado de tolerancia de un diseño a las perturbaciones de tensión DC en el bus de alimentación DC se necesita un tipo especial de fuente de alimentación. No sólo debe ser una fuente DC, sino que también debe poder generar una salida no DC en forma de un transitorio de tensión DC con variación temporal que pueda programarse a la forma de la perturbación DC.

Los ingenieros han intentado, a veces sin éxito, crear una fuente de alimentación para pruebas que pueda

generar transitorios de DC. Algunos diseños se basan en un generador de formas de onda arbitrarias, pero a menos que el dispositivo sometido a prueba tenga requisitos de potencia muy bajos, la mayoría de los generadores de formas de onda arbitrarias no pueden suministrar suficiente corriente para operar un dispositivo. Algunos ingenieros han intentado mejorar el generador de formas de onda arbitrarias añadiendo una etapa de amplificador de potencia. El amplificador puede ser un diseño personalizado o un amplificador estándar, como un amplificador de audio para automóvil, que puede generar alta potencia con buen ancho de banda. Sin embargo, estas soluciones "caseras" no constituyen una solución general, pues resulta difícil conseguir que sean estables sobre una amplia gama de impedancias de carga. Por tanto, el diseño de la fuente debería ajustarse para cada condición de carga.

A la hora de seleccionar una fuente de alimentación DC estándar que pueda generar transitorios DC es necesario tener en cuenta las especificaciones dinámicas. En primer lugar, la etapa de potencia de la fuente de alimentación DC debe tener velocidad suficiente para generar la tasa de cambio de tensión designada. Esta especificación se denomina a menudo tiempo de subida de la fuente de alimentación o tiempo de respuesta de programación de la fuente de alimentación.

Además, la fuente de alimentación necesita un modo de programarse para cambiar rápidamente su salida y crear la perturbación deseada. Una solución consiste en emplear una fuente programada analógica. Con este sistema, un generador de formas de onda arbitrarias crea la forma de la perturbación y la salida del generador lleva la entrada analógica a la fuente de alimentación, que actúa como un amplificador de potencia. Otro método implica el uso de una fuente de alimentación que sea lo bastante rápida para responder a una serie de comandos individuales del ordenador y reprogramar/cambiar rápidamente su salida para generar la forma deseada de la perturbación. El tercer método consiste en seleccionar una fuente de alimentación DC que tenga algún tipo de capacidad de secuenciación

interna donde se pueda descargar la forma de onda del transitorio DC en la fuente de alimentación y hacer que ejecute la secuencia para generar la forma de onda.

Otro aspecto es la capacitancia del dispositivo que se está alimentando, que aparece como una carga en la salida de la fuente de alimentación. La corriente necesaria para operar el dispositivo se define mediante la ecuación $I=C \cdot dv/dt$. De este modo, a medida que sube la tasa de cambio de tensión, sube la corriente de excitación necesaria. Cuando el dispositivo tiene una alta capacitancia de entrada, las corrientes pueden ser enormes si desea cambiar rápidamente la tensión en la entrada del dispositivo sometido a prueba. Por tanto, deberá considerar la corriente necesaria durante el transitorio, no solo la corriente DC de estado estable, y dimensionar la fuente de alimentación DC en consecuencia.

Una última consideración es la rapidez con la que la fuente de alimentación cambia su tensión en sentido descendente. Esta especificación es el tiempo de bajada de la fuente de alimentación. Muchas fuentes DC del mercado no pueden cambiar su tensión en sentido descendente a la misma velocidad que en sentido ascendente. Es decir, el tiempo de bajada es mucho mayor que el de subida. Es frecuente ver una especificación de tiempo de subida de 20 ms y una especificación de tiempo de bajada de 200 ms. Cuando el dispositivo sometido a prueba tiene una gran capacitancia en su entrada, una vez cargado, el condensador almacena la carga y mantiene la tensión estable en el condensador. Si necesita reducir la tensión que llega al dispositivo sometido a prueba, el condensador debe descargarse para que caiga la tensión. Algunas fuentes de alimentación tienen un circuito especial llamado programador de bajada o reductor activo que introduce una pequeña carga electrónica en la fuente de alimentación para extraer corriente del condensador. Para estas fuentes, la especificación de tiempo de bajada será igual o similar en tamaño a la del tiempo de subida, permitiendo transitorios rápidos en ambas direcciones.

Figura 2. Resumen de los requisitos principales de las fuentes de alimentación para generación de perturbaciones DC

Selección de una fuente de alimentación estándar para perturbaciones DC

Una vez comprendidas las consideraciones prácticas para generar perturbaciones, veamos las posibles soluciones de fuentes de alimentación estándar.

Hay muchas fuentes de alimentación disponibles para atender las altas corrientes necesarias durante las perturbaciones, pero la mayoría tienen tiempos de subida/bajada lentos, lo que hace que resulten poco adecuadas para la generación de perturbaciones.

Algunos fabricantes producen fuentes de alimentación con tiempos de subida rápidos y con programadores de bajada, o incluso con operación completa de dos cuadrantes, que permiten descensos rápidos de tensión. Estos serán más adecuados para la generación de perturbaciones, pero seguirán necesitando un modo de programarse lo bastante rápido para generar el transitorio. Una vez más, se necesitarán programación

Especificación clave de la fuente de alimentación	Requisito de generación de perturbaciones DC
Tensión, corriente y potencia	¿Hay suficiente tensión, corriente y potencia para generar el estado estable y la perturbación DC?
Tiempo de subida de salida	¿Puedo mover la salida con la suficiente rapidez para generar la perturbación?
Tiempo de bajada de salida	¿Hay un programador de bajada que me permita cambiar rápidamente la tensión para perturbaciones en sentido negativo?
Programación analógica	¿Hay un puerto de programación analógica que me permita generar una perturbación empleando un generador de formas de onda arbitrarias como fuente y la fuente de alimentación como amplificador? O
Programación rápida de la salida	¿Es la fuente de alimentación lo bastante rápida para enviarle una serie de comandos informáticos individuales y reprogramar/cambiar rápidamente su salida para generar la forma deseada de la perturbación? O
Secuenciamiento de tensión de salida integrado	¿Hay un modo de programación en la fuente de alimentación que me permita descargar una forma de onda de perturbación en la fuente de alimentación y hacer que genere esa forma de onda para crear una perturbación DC?

analógica, programación de salida rápida mediante control informatizado o secuenciamiento interno de la tensión de salida.

Algunos ingenieros recurren a fuentes de alimentación de cuatro cuadrantes o con amplificadores bipolares. Suelen estar disponibles en baja potencia (< 50W) con una precisión muy alta (también llamados SMU) o en alta potencia (1.000 W), muy pesados y voluminosos. En

cualquier caso, las fuentes de cuatro cuadrantes resultan mucho más caras que las fuentes DC ordinarias del mismo nivel de potencia. A la hora de seleccionarlas conviene tener en cuenta su velocidad de salida, pese a ser mucho más rápidas que las fuentes DC ordinarias. Además, debido al limitado número de opciones, puede resultar difícil encontrar una fuente de cuatro cuadrantes con suficiente velocidad, tensión y corriente. 