

Aplicación de sondas en condiciones extremas: consejos y trucos para prolongar la vida útil de su equipo y realizar medidas de calidad en entornos físicos adversos

Autor: Jason Swaim y Ned Brush, Agilent Technologies, Inc.



Agilent Technologies

Los productos electrónicos de consumo son cada vez más pequeños. Los sistemas electrónicos en los automóviles y camiones nuevos son más y más frecuentes. Las industrias aeroespacial y de defensa imponen especificaciones ambientales más rigurosas al tiempo que los diseños se vuelven más pequeños y versátiles. Estas tendencias requieren que la instrumentación utilizada en todas las fases de desarrollo (diseño, depuración y validación) se adapte a entornos cada vez más severos. Estas condiciones presentan desafíos para los osciloscopios y las sondas, debido a cambios dramáticos en la temperatura, dispositivos sometidos a prueba diminutos o difíciles de alcanzar, así como otras consideraciones mecánicas. La buena noticia es que tomando ciertas precauciones, con una básica comprensión de qué esperar en estos ambientes “extremos” y un poco de sentido común, es posible tomar medidas fiables de alta calidad utilizando sondas y accesorios fáciles de conseguir.

“ Los fabricantes ofrecen cabezales de sonda intercambiables, la mejor solución para aplicaciones eléctricas donde el rendimiento es crucial

La “aplicación de sondas en condiciones extremas” puede tener lugar en cualquier situación de aplicación de sondas en la que, si no se toman las precauciones necesarias, sea posible dañar las sondas y accesorios o tomar una medida imprecisa o deficiente. Las “soluciones alternativas” que los ingenieros utilizan para tomar estas medidas, suelen tener consecuencias terribles sobre la integridad de la señal. Otras situaciones extremas provocarán el fallo de la sonda sin importar qué acciones se tomen al respecto; en estos casos, existen varias estrategias que pueden extender la vida útil de la sonda en la medida de lo posible.

Geometrías extremas

Con unos componentes cada vez más pequeños, los ingenieros suelen encontrarse aplicando sondas a terminales que son difíciles de ver a simple vista, con lo que se vuelve muy difícil mantener un buen contacto eléctrico, en especial utilizando una sonda examinadora de mano. La mayoría de los fabricantes de sondas ofrecen cabezales de sonda intercambiables: estos sistemas son

la mejor solución para aplicaciones eléctricas donde el rendimiento es crucial y también resultan más cómodos. Con este tipo de sondas, los ingenieros compran un amplificador de sonda y determinado número de "cabezales" que se adaptan a diferentes situaciones particulares de aplicación de sondas. Con el cabezal de una sonda de soldador, la molestia de soldar cuidadosamente la sonda en su lugar puede ahorrar muchísimo tiempo al regresar más tarde al punto de prueba: la conexión sólo deberá realizarse una vez, lo que resulta muy útil para conexiones de difícil acceso. Sin embargo, en el caso de diseños con una cantidad considerable de puntos de prueba, este procedimiento se puede volver muy costoso, ya que los cabezales de sonda suelen ser componentes eléctricos de precisión. Otras versiones del tradicional cabezal de sonda de soldador que ofrecen los fabricantes de sondas pueden solucionar este problema. Los cabezales y puntas de sonda ZIF (Zero Insertion Force, o fuerza de inserción cero) trabajan con amplificadores de sonda diferenciales y pueden reducir el coste de las sondas significativamente cuando se necesitan numerosas puntas de medida de alto rendimiento. Normalmente incluyen puntas descartables que pueden soldarse en diversos lugares sobre una placa de circuito. El cabezal de sonda más costoso y sensible puede colocarse entre estas puntas.



Cabezal de sonda ZIF N5425A de Agilent con punta ZIF N5426A y cinta adhesiva de poliestireno de doble cara

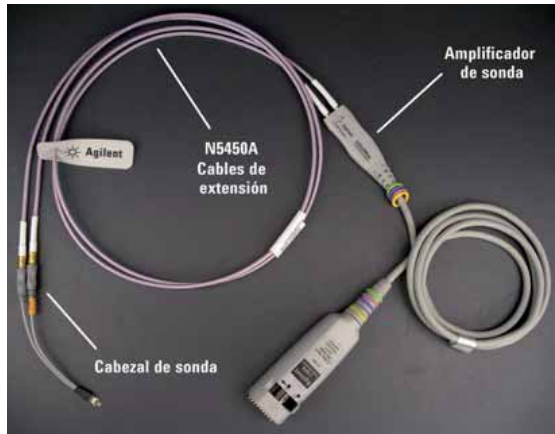
Los ingenieros pueden sentirse tentados a agregar longitud a los cables de las puntas de las sondas para alcanzar áreas de difícil acceso. Las sondas activas suelen tener un amplificador voluminoso cerca del final que probablemente no quepa en espacios reducidos, o el osciloscopio se puede encontrar a una distancia suficiente del dispositivo como para que los cables de la sonda no alcancen. Algunos fabricantes ofrecen cabezales o puntas de sonda que superan esta dimensión (por ejemplo, las puntas ZIF de cable largo Agilent N5451A). Los cables de las puntas pueden modelarse como líneas de transmisión acopladas. Frecuentemente en las sondas, las terminaciones de estos cables presentan una impedancia mayor que la

característica de los cables, provocando que la impedancia de entrada resuene a $1/4$ de la frecuencia de onda. Al aumentar la longitud del cable, aumenta la longitud de la línea de transmisión y disminuye la frecuencia de resonancia, reduciendo el ancho de banda utilizable de la sonda. Es importante tener en cuenta que separar los cables de las puntas disminuye igualmente el ancho de banda de medida.

La resistencia de la punta, que suele encontrarse en todas las sondas con un amplio ancho de banda, ayuda a aliviar el problema de la resonancia limitando el mínimo al que puede resonar la impedancia de entrada. Es importante que esta resistencia se encuentre lo más cerca posible de los dispositivos sometidos a prueba. Lamentablemente, la resistencia de la punta no evita la disminución del ancho de banda que causan los cables de las puntas de mayor longitud. A pesar de que esto puede parecer un modo sencillo y rápido de aplicar sondas a dispositivos difíciles, la extensión de la longitud de los cables de las puntas no es una solución práctica para medidas de calidad con un amplio ancho de banda.

Tal como se ha demostrado más arriba, comprender los detalles del sistema de aplicación de sondas puede ayudar a los ingenieros a tomar decisiones razonables al utilizar sus diseños y equipos en situaciones extremas. Ciertas arquitecturas de sistemas de aplicación de sondas son más apropiadas para su uso en medidas extremas. Las arquitecturas tradicionales de las sondas utilizan un divisor compensado de una impedancia relativamente alta frente a un amplificador de entrada de tensión de alta impedancia. A consecuencia de las altas impedancias, esta topología no es propicia para el uso de líneas de transmisión de impedancia controlada. Como resultado, el divisor compensado debe mantenerse cerca del amplificador. La mayoría de los fabricantes de sondas en la actualidad utilizan el concepto de un "bulto en el cable". Con este enfoque, se conecta una punta pasiva diminuta a través de cables coaxiales flexibles de poco diámetro a un amplificador con una impedancia de entrada igual a la impedancia característica del coaxial. Este sistema forma un sistema de líneas de transmisión terminado, con menos efectos parásitos y pérdida de fidelidad que los sistemas tradicionales. Esta topología permite que diferentes puntas de cabezales de sonda se utilicen en diferentes aplicaciones. En el caso de aplicación de sondas en condiciones extremas, la línea de transmisión de esta arquitectura ofrece una enorme ventaja. La longitud de la línea de transmisión puede incrementarse sustancialmente sin perder ancho de banda. Los cables de extensión coaxiales pueden proporcionar una solución eléctrica razonable para aumentar la longitud de la sonda, agregando varios metros entre el amplificador y el cabezal, en arquitecturas de sonda del estilo "bulto en el cable".

“ La mayoría de los fabricantes de sondas en la actualidad utilizan el concepto de un *bulto en el cable* ”



Cabezal de sonda, cables de extensión y cable del amplificador InfiniiMax de Agilent

Una línea de transmisión más larga entre el cabezal y el amplificador de la sonda genera un impacto menor sobre la integridad de la señal. Los cables coaxiales más largos mostrarán cierta pérdida y podrán incrementar el ruido de entrada equivalente; por eso es muy importante utilizar cables coaxiales de buena calidad para esta conexión. Las dos características principales de estos cables son la adaptación de fase y las pérdidas. Las desviaciones de una perfecta adaptación de fase degradarán la integridad de la señal diferencial que llega al amplificador. Minimizar la pérdida del cable ayudará a reducir la pérdida en banda, lo que a su vez disminuirá los tiempos de subida en el dominio del tiempo. Los cables de extensión N5450A de Agilent son cables de bajo nivel de pérdida que vienen en pares de fases combinadas y que generan impactos mínimos en la integridad de la señal.

Estos cables de extensión permiten tomar medidas en lugares complicados, incluso en algunos casos en que sería imposible tomar medidas sin ellos. Son especialmente útiles cuando el amplificador de la sonda no puede colocarse cerca del dispositivo sometido a prueba. Los cables permiten que el amplificador se mantenga fuera de los recintos, alejado del dispositivo. En combinación con los cabezales de sonda de soldador, los amplificadores de sonda pueden intercambiarse entre los cables sin apagar el dispositivo sometido a prueba.

Al pasar los cables de extensión a través del recinto o dispositivo se recomienda aliviar la tensión con bandas de Velcro, cinta adhesiva de doble cara (Agilent sugiere la cinta doble 3M n.º 4416), o adhesivos termofusibles de baja temperatura en puntos críticos donde un tirón accidental podría romper un contacto eléctrico. Recuerde que los pegamentos o cintas adhesivas que se encuentren cerca de los cabezales de sonda deberán colocarse cuidadosamente; como norma general, manténgalos al menos a 0,5 cm de distancia de los cables de

CESPEDES ELECTRONICA

+ SONIDO
+ ILUMINACION
+ ELECTRONICA



NOVEDAD EFECTOS Y FOCOS DE LEDS



SOLICITE NUEVO CATÁLOGO

San Jacinto, 6 • 46008 Valencia
Tel. 96 382 18 00 • Fax. 96 382 31 11
info@cespedes-electronica.com
<http://www.cespedes.es>

conexión para evitar daños mecánicos o deterioro en el rendimiento eléctrico. Incluso una cantidad mínima de adhesivo muy cerca de los cables de la punta de la sonda puede modificar significativamente su respuesta eléctrica.

Temperaturas extremas

Probar circuitos en amplitudes de temperatura extremas se ha convertido en una práctica bastante común. Agilent clasifica las temperaturas en tres categorías generales: una categoría "estándar" en la que los productos están plenamente garantizados (de 5 a 40 °C), una categoría más exigente que suele utilizarse para probar los productos electrónicos de consumo en condiciones adversas (de -25 a 80 °C), y una clasificación extrema que se emplea en las industrias automotoras y aeroespaciales (de -55 a 150 °C). Las sondas activas, que normalmente tienen un amplificador ASIC incorporado al cable de la sonda (que suele denominarse "bulto en el cable"), no toleran temperaturas superiores o inferiores a las de la clasificación estándar debido a los componentes eléctricos de precisión que conforman el amplificador, así como los problemas de disipación térmica a altas temperaturas. Sería poco práctico y muy costoso desarrollar un amplificador de sonda activa que pudiera soportar amplitudes térmicas extremas y tener un funcionamiento fiable en esas condiciones. Además, la calibración de los osciloscopios y sondas supone que la temperatura ambiente que rodea al amplificador de la sonda y al osciloscopio no cambiará sustancialmente en el transcurso de la medición. Un enfoque más práctico es dejar el amplificador a temperatura ambiente y exponer sólo el cabezal de la sonda a temperaturas extremas. Los cabezales de las sondas están compuestos por elementos pasivos únicamente y no suelen ser tan sensibles a los cambios drásticos de temperatura. Agilent ha probado diversos cabezales de sonda InfiniiMax en las tres categorías de temperatura [1]; verifique los límites térmicos absolutos de su equipo con el fabricante de su sonda. Con los cables de extensión, es posible someter el dispositivo a prueba y los cabezales de sonda a cambios drásticos de temperatura, en una cámara térmica por ejemplo, sin repercusiones sobre el amplificador de la sonda o el osciloscopio.

A pesar de que sea posible utilizar simplemente pistolas de aire caliente y rociadores congelantes para calentar y enfriar los circuitos, estos métodos ofrecen muy poco control y consistencia en el calor o frío aplicados. Es fácil exceder los límites del material (es decir, los puntos de fundición) de sondas y circuitos utilizando pistolas de aire caliente. Una cámara térmica proporciona un ambiente controlado, ofreciendo temperaturas más precisas.

A temperaturas extremas, en especial las de la clasificación más agresiva, muchas propiedades materiales de varios componentes presentan cambios drásticos. Los plásticos se vuelven frágiles y quebradizos con el frío y la mayoría se acerca a su temperatura de transición vítrea o punto de fundición alrededor de los 150 °C. Debe prestarse especial atención al recubri-

miento de los cables ya que es particularmente vulnerable a las altas temperaturas. Evite retorcer los cables de los cabezales de sonda y del dispositivo sometido a prueba cuando vayan a soportar temperaturas muy altas.

Todos los materiales cambian su forma con los cambios térmicos, algunos más que otros. Como resultado, se pueden crear circuitos eléctricos abiertos y cortocircuitos y luego desaparecer con los cambios de temperatura. Las propiedades eléctricas de los componentes pasivos pueden cambiar al tiempo que se modifican sus estructuras materiales con la temperatura. No obstante, el problema más importante a tener en cuenta con respecto a la temperatura es el comportamiento térmico de los componentes activos, tales como los ASIC, las matrices de puertas programables FPGA, y otros componentes con perfiles de comportamiento que dependen en gran medida de la temperatura. Es importante aplicar sondas e investigar estos componentes en grandes amplitudes térmicas en busca de glitches y otros fallos que quizás no se hagan presentes en condiciones de operación "normales". Utilizando cabezales de sonda aprobados y cables de extensión apropiados, es posible tomar medidas eléctricas de los mismos en una gran amplitud térmica.

“ Las propiedades eléctricas de los componentes pasivos pueden cambiar al tiempo que se modifican sus estructuras materiales con la temperatura

Es necesario fijar y asegurar bien las sondas cuando están conectadas a un dispositivo dentro de una cámara térmica, ya que es prácticamente imposible realizar ajustes de posición cuidadosos cuando ambos se encuentran a una temperatura extrema. La mayoría de los adhesivos y cintas adhesivas no soportan bien las temperaturas extremas. Se recomienda probar las propiedades térmicas desconocidas de los mismos en un área segura. El recubrimiento de los cables de los cabezales de sonda Agilent puede considerarse un área segura: incluso si el adhesivo se desintegrara o derritiera, el recubrimiento de los cables protegerá los conductores centrales y la integridad de la señal del cabezal de la sonda. Otra consideración acerca de los cambios dramáticos de temperatura es la acumulación de condensación en los componentes de la sonda (así como en el dispositivo sometido a prueba). El agua puede provocar cortocircuitos y daños eléctricos tanto en los cabezales de la sonda como en el dispositivo sometido a prueba. Si comienza a formarse condensación, desconecte de la alimentación todos los dispositivos y espere a que el agua se evapore antes de continuar.

Es importante destacar que la vida útil de todos los componentes, circuitos y sondas disminuye considera-

blemente al utilizarlos a temperaturas extremas. La exposición repetida a ciclos de temperaturas es particularmente exigente, motivo por el cual las pruebas de vida útil de los diseños suele realizarse a temperaturas extremas en cámaras HALT (Highly-Accelerated Lifetime Testing, o prueba de vida útil muy acelerada). Esto quiere decir que, a pesar de que los cabezales de sonda puedan utilizarse a temperaturas extremas, su vida útil será menor. Consulte con el fabricante de su sonda para conocer los límites razonables de los ciclos que puede esperar de los cabezales de sonda calificados [2].



Es necesario tener en cuenta que los fallos de los cabezales de sonda son más comunes a temperaturas extremas. Dependiendo de la medición, un fallo en un cabezal de sonda a causa de la exposición reiterada a ciclos de temperaturas extremas podría no hacerse evidente inmediatamente a partir de la medición en el osciloscopio. Por ejemplo, el síntoma que presenta un fallo de un cabezal de sonda Agilent provocado por los cambios térmicos es un circuito DC abierto, ya sea en el lado positivo o negativo (evidentemente, esto será distinto para cada fabricante). Si se sospecha la existencia de un fallo, es importante medir la continuidad desde la punta de la sonda hasta el conector SMP en cada lado. La resistencia DC debería ser de 25 k.

Es una buena idea guardar en un lugar diferente los cabezales de sonda que hayan sido expuestos a temperaturas extremas (con su correspondiente etiqueta). La resistencia de entrada de los cabezales de sonda puede medirse antes de las pruebas extremas para asegurarse de que aún pueden realizar una medición precisa. El recubrimiento de los cables podrá endurecerse o descolorarse en las pruebas extremas. Esto es normal y no debería preocuparle: los 150 °C se acercan a la temperatura de reflujo de la mayoría de los plásticos de tipo PVC como el que recubre los cabezales de sonda de Agilent. El cable coaxial será funcional mientras permanezca completamente cubierto. La mayoría de los cables de RF de alto rendimiento se fabrican utilizando un dieléctrico de Teflon que, dependiendo del fabricante, será por extrusión o de cinta. Los cables dieléctricos de cinta suelen ser más flexibles, pero también pueden ser más frágiles. Los retorcimientos y dobleces excesivos ocasionarán la deformación permanente del dieléctrico en los cables, lo que podría afectar el desempeño eléctrico. Deberá evitar dejar caer los cables de los cabezales de sonda o los cables de extensión sobre objetos afilados, como por ejemplo un dissipador térmico, ya que podrían pro-

vocar un tajo en el recubrimiento debilitado por el calor. El revestimiento de un cable que se encuentra sobre un área eléctricamente activa podría derretirse y provocar un corto circuito en el área hasta la protección del cable.

Choques y vibraciones

Otro aspecto de las pruebas de los productos del mundo real y de la vida útil de los productos incluye diseños que generan choques y vibraciones mecánicas. Esto puede simular la caída de un teléfono móvil o la instalación de productos electrónicos en automóviles. Las consideraciones para la aplicación de sondas en este caso son similares a las que tienen lugar a temperaturas extremas y en lugares de difícil acceso: proteja el amplificador de sonda sensible, utilice cabezales de sonda de soldador o puntas de sonda para evitar circuitos abiertos cuando conecte el dispositivo sometido a prueba y alivie la tensión de los cabezales de sonda y los cables para evitar que el movimiento los desconecte.

En general, el sentido común y un conocimiento simple de las limitaciones del equipo de aplicación de sondas le garantizarán una amplia vida útil y mediciones de calidad. Comprender la arquitectura y el comportamiento del sistema de aplicación de sondas le ayudará a tomar decisiones razonables al forzar las limitaciones físicas del equipo. La mayoría de los fabricantes de osciloscopios producen una amplia variedad de accesorios que pueden ayudarle con aplicaciones especiales. Las sugerencias realizadas deberían ayudarle a realizar mediciones precisas, prolongando la vida útil de las sondas y los accesorios en ambientes extremos. <<

Web: www.agilent.es

Jason Swaim trabaja como ingeniero de diseño mecánico para Agilent Technologies. Obtuvo la Licenciatura en Física (BA in Physics) en el Pomona College de Claremont, California y realizó su Máster en Ingeniería Mecánica (MSME) en la Universidad de Colorado en Boulder.

Ned Brush obtuvo la Licenciatura y el Máster en Ingeniería Eléctrica (BSEE y MSEE) en la Universidad de Virginia en Charlottesville. Trabaja como ingeniero de diseño de hardware en el laboratorio de I+D de osciloscopios de Agilent Technologies.

Referencias

[1] Dascher, Dave, The Truth about the Fidelity of High-Bandwidth Voltage Probes, Agilent Technologies, Nota de aplicación 1404, <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-6515EN.pdf>

[2] Agilent Technologies, 1168A and 1169A InfiniiMax Differential and Single-ended Probes, Agilent Technologies, Guía del usuario, <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/01169-97007.pdf>