

Optimización de las pruebas de sistemas electrónicos para automóviles con LXI

Por Steve Stetler, Agilent Technologies

www.agilent.com

El carácter extremadamente competitivo de la industria del automóvil impone una constante presión para reforzar la calidad y, al mismo tiempo, reducir los costes. En consecuencia, actividades laboriosas pero útiles, como las pruebas funcionales de sistemas electrónicos, se consideran a menudo "males necesarios" que deben proporcionar una elevada rentabilidad.

Aquí interviene LXI (LAN eXtensions for Instrumentation), la solución para la nueva generación de sistemas de prueba. En esencia, LXI es una arquitectura de sistemas de prueba que se basa en estándares contrastados y de uso generalizado como Ethernet. Dichos estándares se fundamentan en el principio contrastado de suministrar "sólo lo justo" de refrigeración, alimentación, protección y tamaño físico para obtener medidas excelentes, sin concesiones, en factores de formato tradicionales y modulares. El atractivo de LXI se refuerza por su disponibilidad en instrumentos para banco de trabajo, que tradicionalmente se han vendido en volúmenes mucho mayores que las alternativas basadas en jaulas de tarjetas, proporcionando un excelente rendimiento a precios competitivos.

Con estos beneficios, los diseñadores de sistemas encargados de realizar pruebas de sistemas electrónicos para automóviles pueden utilizar LXI para maximizar el rendimiento, minimizar el coste y planificar el futuro. Hay un mínimo de diez buenas razones para optar por LXI, tal como se describe en la edición de abril de 2006 de la revista LXI Connexion.¹ Estas razones son válidas para sistemas de prueba presentes y futuros:

1. Facilidad de uso
2. Rendimiento
3. Coste
4. Escalabilidad
5. Longevidad
6. Flexibilidad
7. Espacio de bastidor
8. Sistemas distribuidos
9. Sincronización IEEE-1588
10. Instrumentación Sintética

Un análisis más profundo de cada una de estas razones ayudará a ilustrar el valor de LXI en sistemas de prueba para la industria del automóvil.

1. Facilidad de uso

Los modelos de coches experimentan cambios cada año, lo que obliga a los fabricantes de sistemas electrónicos para automóviles a lanzar nuevos productos al mercado en plazos de tiempo muy breves. Cualquier cosa que impida el rápido desarrollo de sistemas de prueba o reduzca el tiempo de producción es inadmisibles. Por estas razones, es necesario conectar los instrumentos y poner en marcha los sistemas lo antes posible para poder crear sistemas rápidamente. De este modo no sólo se ahorra tiempo, sino que también se permite que los fabricantes se concentren en una tarea más importante: verificar la funcionalidad de un módulo y sus subensamblajes.

En la actualidad muchos de estos sistemas se crean con hardware basado en VXI o PXI. Dado que estos sistemas deben controlarse con un PC integrado o con un PC independiente conectado a través de una tarjeta y un cable de interfaz, los desarrolladores deben hacer frente a cuatro problemas clave que resuelve LXI:

- **Interfaz.** En lugar de una interfaz MXI o GPIB, LXI utiliza el estándar informático Ethernet, que tanto tiempo lleva en activo. De este modo se evita la necesidad de instalar una tarjeta de interfaz adicional en el PC, así como software o cables patentados. Esto solo permite poner los sistemas en funcionamiento en cuestión de minutos en lugar de horas.

- **Configuración del PC.** Dado que una jaula de tarjetas PXI es una extensión de la conexión del PC, cada vez que se inserta o se retira una tarjeta es necesario reiniciar el sistema

completo, algo que no ocurre con LXI. Su conexión LAN evita la necesidad de reiniciar el PC cuando se conectan o desconectan instrumentos. Además, algunos instrumentos LXI modulares (como la unidad de medida y conmutador multifunción 34980A de Agilent) permiten la conexión "en caliente" o la inserción y extracción de tarjetas con el sistema conectado.

- **Controladores.** Cuando se reinicia un sistema PXI, el PC utiliza un proceso de detección de instrumentos para identificar dispositivos conectados recientemente, lo que suele obligar a descargar e instalar controladores de dispositivo. Las limitaciones de los controladores pueden provocar frustración y pérdidas de tiempo, que trataremos más adelante. El estándar LXI especifica el uso de controladores IVI-COM, lo que facilita el trabajo en diversos entornos de desarrollo. Sin embargo, algunos instrumentos LXI pueden programarse directamente a través de comandos estándar para instrumentos programables (SCPI) cuando se requiere más funcionalidad o rendimiento. (SCPI está muy implantado y puede emplearse con cualquier lenguaje informático a través de sencillas llamadas de función VISA).

- **Interfaz de usuario.** Sin una interfaz de panel frontal puede resultar difícil utilizar el software de PC en el diagnóstico de problemas en dispositivos PXI y VXI. Cuando los desarrolladores están aprendiendo a utilizar un dispositivo nuevo necesitan leer el manual del producto en profundidad. Con los instrumentos LXI para banco de trabajo, la interfaz del panel frontal permite experimentar fácilmente con un instrumento y aprender a utilizarlo. Naturalmente, la mayoría de los instrumentos LXI más utilizados carecen de panel frontal, pero su interfaz web incorporada permite conocer sus funciones con sólo abrir un navegador web en el PC conectado. La función



Figura 1. Muchos instrumentos LXI de Agilent incluyen paneles frontales, lo que permite aprender cómo funcionan y depurarlos fácilmente sin conectar un ordenador.

de navegador también ayuda a ver fácilmente lo que ocurre con el equipo en cualquier lugar del mundo, lo que simplifica el soporte del sistema y ayuda a garantizar una mayor disponibilidad del mismo.

2. Rendimiento

Las pruebas de sistemas electrónicos para automóviles abarcan desde complejos módulos de control del conjunto propulsor que requieren miles de comprobaciones hasta sencillos módulos de airbag que pueden requerir la transferencia de grandes cantidades de datos. Estas pruebas rigurosas ponen en dificultades en ocasiones al bus GPIB, que ofrece una velocidad de transferencia de datos de 1 MB/s aproximadamente. Con LAN, la velocidad de transferencia de E/S está dejando de ser un problema, con conexiones de 1 Gbit/s cada vez más comunes y, pronto, de 10 Gbit.²

El rendimiento de E/S no debería constituir un problema para los dispositivos LXI en las aplicaciones típicas de automoción que requieren programación transaccional y la transferencia de grandes bloques de datos. Sin duda, la velocidad de LAN quedará patente en la transferencia de grandes bloques de datos (por ejemplo, en una forma de onda capturada por un digitalizador). En programación transaccional hay un conocido problema con la latencia en la LAN. La industria informática está trabajando en soluciones, porque también supone un problema para las redes de almacenamiento. Los proveedores de instrumentación están reduciendo el número de ciclos de comunicación requeridos mediante la carga previa de instrucciones en los dispositivos LXI.

3. Coste

Para minimizar el coste total de la prueba se requieren instrumentos rápidos y fiables a los precios más bajos posibles. Algunas publicaciones especializadas han sugerido que las pruebas funcionales no añaden valor: en esa etapa tan avanzada del proceso de fabricación la mayoría de los fabricantes han inspeccionado las piezas entrantes, han realizado inspección de rayos X y han completado la prueba in-circuit. Estos pasos mejoran la calidad del producto, pero no eliminan la necesidad de pruebas funcionales porque no pueden detectar fallos debidos a fallos prematuros, errores de diseño (como acumulación de tolerancias) y nodos inaccesibles (a menudo resultado de la falta de diseño de pruebas).

A todo esto se le unen los requisitos aparentemente en conflicto de los fabricantes de automóviles, que pueden imponer penalizaciones por retrasos en la entrega y por una alta proporción de defectos de fabricación. Para solucionarlo, se requieren instrumentos que ofrezcan una óptima relación entre capacidad-rendimiento y precio (Figura 2). También se requiere un análisis detenido del coste inicial del hardware y de los costes periódicos (piezas de repuesto, garantías, opciones de reparación locales o devolución a la fábrica y disponibilidad de equipos de alquiler). En muchos casos, una comparación del precio de cada instrumento mostrará reducciones del 40% en el coste del hardware LXI frente al hardware PXI.⁴

También conviene tener en cuenta el coste que implica aprender a utilizar instrumentos de jaulas de tarjetas en comparación con LXI. Los instrumentos de jaulas de tarje-

tas requieren el uso de controladores de software distintos para cada entorno de desarrollo: LabVIEW, Visual Basic, C++, etc. Los instrumentos LXI suelen ofrecer una selección que permite el uso de controladores o de SCPI. Los desarrolladores familiarizados con SCPI aprenden a utilizar el instrumento en muy poco tiempo. Naturalmente, las funciones de ayuda de IntelliSense y la documentación en línea del entorno .NET ayudan a simplificar la programación con controladores.



Figura 2. La unidad de medida y conmutador multifunción LXI 34980A es un mainframe de ocho ranuras y bajo coste con multímetro digital incorporado opcional, lo que lo convierte en una opción rentable como subsistema de conmutación.

4. Escalabilidad

La Figura 3 muestra un sistema de prueba funcional de electrónica para automóviles creado con dispositivos LXI: matriz ampliable de relés de láminas, muchos conmutadores de carga de relés de armadura, muchos canales de salida de formas de onda arbitrarias y muchos canales de conversión D/A. En un sistema basado en jaulas de tarjetas, estos dispositivos pueden llenar rápidamente todas las ranuras, y la incorporación de otro dispositivo requeriría otra jaula de tarjetas y otra interfaz de ordenador. Para sistemas sencillos que no necesitan más que

Figura 4. LAN ha evolucionado, manteniendo su compatibilidad con versiones anteriores, mientras otras interfaces han aparecido y

unas pocas tarjetas, la jaula de tarjetas añade costes y consume espacio, si bien las ranuras vacías permiten ampliaciones futuras. Los instrumentos LXI proporcionan la funcionalidad que se necesita exactamente, al tiempo que facilitan la ampliación posterior sin añadir una jaula de tarjetas o una interfaz de ordenador adicional. Como mucho, el sistema puede requerir la conexión de un conmutador LAN de bajo coste para suministrar más puertos a los dispositivos LXI añadidos.

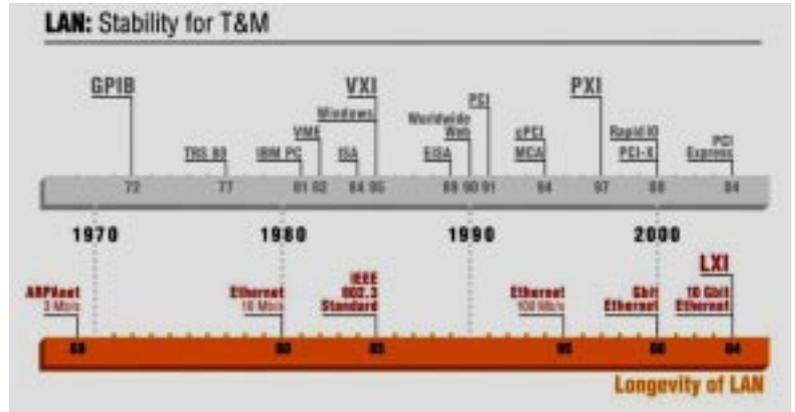
Figura 3: En un sistema de prueba para automóviles, los componentes LXI ofrecen una mayor escalabilidad y flexibilidad para responder a necesidades presentes y futuras.



5. Longevidad

La división de medida y prueba de Hewlett-Packard (en la actualidad, Agilent Technologies) inventó la interfaz GPIB a mediados de los años setenta, que sigue siendo la norma del sector. El estándar LAN está en circulación desde los años setenta, cuando comenzó como Arpanet. La Figura 4 ofrece una comparación de distintas interfaces a lo

Figura 5: Algunas fuentes de alimentación LXI presentan ventajas de tamaño y funcionalidad en relación con los modelos GPIB y PXI.



largo de más de treinta años. Cabe destacar la mejora continua en el rendimiento de LAN al tiempo que se mantiene la compatibilidad con versiones anteriores. La implantación generalizada de LAN sugiere que seguirá siendo una fuerza dominante en la industria informática durante mucho tiempo.

Las extensiones diseñadas en el estándar LXI garantizan que responderá a las necesidades del sector de medida y prueba durante todo ese tiempo. La longevidad es necesaria en la industria de sistemas electrónicos para automóviles, que se basa en un mercado posventa muy activo y en una larga duración de los productos. LXI se ha diseñado para proporcionar un entorno de prueba estable y prolongado para este entorno.

6. Flexibilidad

Las soluciones basadas en jaulas de tarjetas limitan la ubicación óptima de la instrumentación en un bastidor de pruebas. Por ejemplo, conviene colocar conmutación en un subsistema de bajo coste e instrumentos de estímulo/medida en otro. De este modo se simplifica el servicio y se elimina el uso ineficiente de conexiones de alto rendimiento y elevado coste para controlar relés lentos (como suele ocurrir en las jaulas de tarjetas PXI o VXI).

La instrumentación LXI ofrece una metodología más eficiente. El Agilent 34980A, con su multímetro digital interno y su selección de tarjetas de conmutación, ofrece un sistema de bajo coste y especializado para crear un subsistema de conmutación. También permite colocar el subsistema de instrumentación basado en LXI en cualquier parte.

La funcionalidad puede ser un problema, ya que pocas fuentes de alimentación basadas en jaulas de tarjetas pueden cumplir los requisitos actuales de muchos módulos electrónicos para automóviles. Esto requiere el uso de fuentes de alimentación externas basadas en distintas arquitecturas. Una buena alternativa son las nuevas fuentes de alimentación compatibles con LXI. Por ejemplo, Agilent ha actualizado diseños contrastados para hacerlos compatibles con LXI y ha añadido otras mejoras, como programación rápida arriba/abajo, creación y control de formas de onda de potencia y cajas protectoras compactas. Las fuentes modulares N6700 y de alta potencia serie N5700 de Agilent son algunos ejemplos (Figura 5).



7. Espacio de bastidor

En las aplicaciones de automoción, un sistema de prueba funcional basado en LXI puede montarse en un bastidor de sólo 400 mm de alto (Figura 6). Este nivel de eficiencia espacial se debe en parte a dispositivos basados en LXI, como el sistema de alimentación modular N6700B de 1U de Agilent y el dispositivo de ocho ranuras 34980A de Agilent con multímetro digital integrado.



Para conseguir máxima densidad, los desarrolladores de sistemas utilizan a menudo instrumentación basada en jaulas de tarjetas. Con VXI, una jaula de tarjetas de tamaño C puede albergar hasta doce instrumentos de alto rendimiento en 6U aproximadamente, aunque esta solución tiene a menudo un coste elevado. PXI también proporciona alta densidad, si bien su compacto tamaño 4U presenta cuatro inconvenientes destacados:

- **Tamaño de las tarjetas.** El tamaño de las tarjetas PXI obliga en ocasiones a utilizar varias ranuras para conseguir la funcionalidad necesaria. Los instrumentos LXI pueden crearse en distintos tamaños para garantizar que cumplen el uso al que están destinados.

- **Protección.** Las tarjetas PXI experimentan varios problemas de interferencias. Por ejemplo, una fuente de alimentación SCXI que emite altos niveles de interferencia magnética puede afectar al rendimiento de un multímetro digital PXI adyacente, lo que puede reducir en un dígito la resolución del multímetro. VXI evita estos problemas porque requiere que todas las tarjetas dispongan de cajas protectoras. Del mismo modo, los dispositivos LXI están protegidos de manera inherente, ya que son totalmente independientes.

- **Refrigeración y alimentación.** Las jaulas de tarjetas deben proporcionar suficiente refrigeración y capacidad de alimentación para gestionar un número máximo de instrumentos o relés en un momento determinado. En sistemas de mucha demanda, quizá resulte necesario ampliar a uno o varios mainframes de mayor coste que sean capaces de suministrar la alimentación y la refrigeración requeridas. Además, las aplicaciones de electrónica para automóviles requieren a menudo tensiones de salida para instrumentación que superan la capacidad de muchos mainframes PXI. En general, los instrumentos LXI están diseñados para proporcionar la potencia, la tensión y la refrigeración necesarias para la aplicación de destino.

8. Sistemas distribuidos

Los sistemas de prueba de producción para automóviles suelen coubicar todos sus instrumentos. Sin embargo, los sistemas de prueba de durabilidad, de I+D y de validación de producción pueden beneficiarse de la posibilidad de ubicar los instrumentos LXI donde deba realizarse la medida. Puede ser junto a una cámara climática, con una conexión LAN inalámbrica a un PC en el escritorio del ingeniero de pruebas.

Los sistemas de prueba de producción también pueden beneficiarse de un cabezal de medida remoto. Con los módulos estándar de conmutación LXI es posible crear una fijación para pruebas que, por ejemplo, se adapte automáticamente a cualquier módulo de control de motor conectado, con independencia de la disposición de las patillas. Esta fijación se podría montar en el interior de una caja protectora y conectar dentro en una caja robótica de pruebas finales.

La posibilidad de ubicar los instrumentos de estímulo y medida donde se necesitan (sin cableado o con un cableado mínimo al



Figura 6. Con LXI, un sistema de prueba funcional cabe en un bastidor de sólo 400 mm de altura.

Figura 7. La Serie L4400A de módulos de conmutación LXI de Agilent permite crear potentes sistemas de prueba remota.

núcleo del sistema) es una característica exclusiva de LXI. Los módulos como la serie L4400A de Agilent (1U de altura y sin panel frontal) están diseñados para este tipo de aplicación remota o distribuida (Figura 7).

Otro factor que favorece a LXI es la depuración y la solución de problemas remotas. Los técnicos de servicio con privilegios de acceso remoto pueden diagnosticar un sistema de prueba prácticamente desde cualquier lugar del mundo empleando sólo un navegador web. Si se añade al sistema una webcam conectada a través de LAN, el técnico podrá ver lo que ocurre a medida que soluciona los problemas del sistema desde otro lugar.

9. Sincronización IEEE-1588

En líneas de producción de alto volumen, reducir en un solo segundo por módulo el tiempo de prueba permite ahorrar miles de dólares. En este caso, cualquier cambio en el hardware o el software que implique un incremento del tiempo de ejecución de las pruebas resulta totalmente inaceptable.

LXI soluciona este problema por medio de amplias funciones de disparo. Comienza por un bus de disparo estandarizado en instrumentos LXI de Clase A. Pero LXI va más allá, y ofrece una nueva forma de mejorar el tiempo de ejecución de las pruebas: medidas con autodisparo basadas en un reloj preciso de tiempo real que se sincroniza de instrumento a instrumento.

Con esta función, basada en el protocolo de precisión temporal IEEE-1588, pueden realizarse medidas complicadas y laboriosas sin intervención del ordenador host. De este modo es posible minimizar (o eliminar) el cableado de

disparo en sistemas de prueba y reducir las obstrucciones de E/S. Esta nueva función aún no está disponible en todos los dispositivos LXI, pero está en camino y convendrá investigarla.

10. Instrumentación Sintética

Dado que los automóviles se están transformando en terminales móviles de Internet, telefonía y conectividad GPS, utilizan muchos tipos de comunicaciones inalámbricas. En consecuencia, los requisitos de prueba de la industria de automoción son cada vez más parecidos a los de las telecomunicaciones y la industria aeroespacial y de defensa. Y en el futuro cada vez se utilizarán más equipos de prueba de RF en los sistemas de prueba de electrónica para automóviles.

Impulsada por la iniciativa Nx-Test ("next test" o "prueba siguiente") de la Marina de EE.UU., la industria aeroespacial y de defensa demanda componentes discretos de instrumentación (amplificadores de RF, convertidores de subida y bajada, digitalizadores) que se puedan organizar y reorganizar fácilmente sobre la marcha para suministrar la funcionalidad de osciloscopios, analizadores de redes, analizadores de espectros, etc. Agilent es líder en esta área y basa sus productos de Instrumentación Sintética en LXI (Figura 8).



Figura 8. El convertidor de bajada de alto rendimiento N8201A de 26,5 GHz de Agilent es un ejemplo de módulo de Instrumentación Sintética basado en LXI

Una arquitectura viable

A estas alturas debería estar claro que LXI se ha creado con vocación de durar y que resulta muy adecuado para pruebas de sistemas electrónicos para automóviles.

Sus beneficios principales son coste, escalabilidad y facilidad de uso, pero también ofrece ventajas en cuanto a rendimiento, longevidad, flexibilidad, sincronización y espacio de bastidor.

El estándar cuenta con el apoyo de los principales protagonistas de la industria de medida y prueba, lo que garantiza a los desarrolladores que se trata de una arquitectura viable para hoy y para mañana.

Para más información, visite <http://www.lxistandard.org> y <http://www.agilent.com/find/lxi.o>

Notas

1. LXI Connexion, Abril de 2006, Stefan Kopp; disponible en línea en: <http://www.lxiconnexion.com/articles.shtml#10%20Good%20Reasons%20to%20Use%20LXI>

2. LAN Latency issue, The Application of IEEE 1588 to Test and Measurement Systems por John C. Eidson http://www.lxistandard.org/papers/paperOverview/White_Paper_1_The_Application_of_IEEE_1588_to_Test_and_Measurement_Systems.pdf

3. La Nota de aplicación de Agilent "A Comparison Between PXI and the Agilent 34980A for Switch/Measure Applications" muestra un ahorro del 40%.

4. "Making High Speed Measurements Through Triggering", <http://www.home.agilent.com/agilent/editorial.jsp?cc=US&lc=eng&ckey=725622&id=725622>.