

# Programación de microcontroladores en tarjetas: Soluciones para el mercado del automóvil

Artículo cedido por Agilent Technologies

Agilent Technologies  
www.agilent.com

*Dado que los  $\mu$ Cs modernos llevan Flash a bordo, la programación a bordo se está convirtiendo cada vez más en la opción más indicada. No obstante, la cuestión es ¿cuándo conviene programar?*

## Generalidades

Los microcontroladores ( $\mu$ Cs) suelen ser considerados por los diseñadores uno de los productos más fáciles de usar gracias a la sencillez de su lenguaje de programación, amplia gama de periféricos y buena relación calidad-precio.

Los  $\mu$ Cs son utilizados en una extensa gama de productos de vanguardia, desde lavadoras hasta automóviles. Un  $\mu$ C, conocido también con las siglas MCU o  $\mu$ C, es un pequeño ordenador montado en un circuito integrado, constituido por una CPU relativamente simple combinada con funciones de soporte tales como temporizadores, entradas/salidas serie y analógicas, etc. Actualmente, la memoria de programa suele ser de tipo Flash NOR que, por lo general, va incluida en el chip. Existen tres familias principales de  $\mu$ Cs, de 8, 16 y 32 bits. Por el momento, la familia más utilizada sigue siendo la de 8 bits, pero se están empezando a usar cada vez más los  $\mu$ Cs de 16 y 32 bits, que son más potentes.

Siendo los  $\mu$ Cs componentes fundamentales de todo tipo de dispositivos, desde juguetes simples y baratos hasta controladores avanzados en la transmisión de los automóviles, el mercado de los  $\mu$ Cs ha crecido constantemente en los últimos diez años y seguirá desarrollándose gracias a los nuevos avances en las arquitecturas de 32 bits, que los están abaratando. Con todo, el uso de dispositivos de 8 bits seguirá aumentando, aunque a un ritmo más lento, a medida que se vayan aportando mejoras.

Los  $\mu$ Cs son empleados en todos los segmentos clave de los semiconductores para todo tipo de funciones, como el control de motores, mando

de pantallas, cálculos y otros programas simples y repetitivos. Se ha previsto que el mercado del automóvil, a pesar de la ralentización que está sufriendo desde 2008, seguirá a la cabeza en el consumo de  $\mu$ Cs en 2009, acaparando un 30% del mercado disponible. Los  $\mu$ Cs son utilizados en numerosas aplicaciones del vehículo, como los módulos del cuadro de mandos, el sistema de subida y bajada de ventanillas, los módulos de los asientos, el módulo de las puertas, el techo solar, el control de temperatura y el control del reciclaje del gas de escape, entre otros. Incluso los automóviles más baratos llevan 30  $\mu$ Cs como mínimo.

Varios estudios pronostican un incremento de los pedidos de  $\mu$ Cs, que ascenderán a 14.000 millones de unidades para finales de 2010.

## Producción de tarjetas con $\mu$ Cs

La producción de una tarjeta con  $\mu$ C no se diferencia en nada de la producción de otros productos. Los paquetes usados para los  $\mu$ Cs pueden variar de DIP8 a FC-CBGA con más de 1.000 pines, es decir, que no se diferencian de los productos que ya se venden en el mercado. Si uno es capaz de soldar estos tipos de paquetes en su tarjeta, prácticamente estará elaborando un  $\mu$ C. El verdadero problema radica en la programación del firmware del  $\mu$ C. Sin firmware, un  $\mu$ C no es más que un conector o un componente cualquiera. Existen varias maneras de realizar este trabajo siguiendo distintos métodos.

En la figura 1 se ilustran las cuatro soluciones que se pueden imple-

mentar durante la producción para programar  $\mu$ Cs.

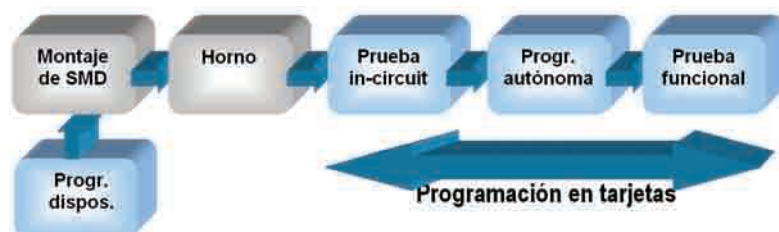
La **primera solución** sería programar el dispositivo antes de montar el componente SMD. Esto se puede hacer en la planta de producción usando herramientas dedicadas para programar el dispositivo y empaquetarlo seguidamente para pasarlo al equipo de recogida y colocación de piezas (Pick & Place).

La **segunda solución** sería usar un "software enmascarado" donde los proveedores de silicio podrían ofrecer la opción de programar los dispositivos en su propia fábrica; en este caso no es necesario hacer nada durante la producción. Sin embargo, esta técnica no es tan flexible como requiere el sector de la electrónica moderna. Actualmente, un solo proveedor de servicios de fabricación de electrónica puede producir tarjetas electrónicas para cualquier lugar del mundo, y las diferencias entre un producto vendido en Estados Unidos y otro vendido en Europa o Asia radica sólo en el firmware. Manejar piezas con distinto firmware puede hacer más laborioso el trabajo en la planta de producción y, sin duda alguna, limita significativamente la flexibilidad.

Dado que los  $\mu$ Cs modernos llevan Flash a bordo, la programación a bordo se está convirtiendo cada vez más en la opción más indicada. **No obstante, la cuestión es ¿cuándo conviene programar?**

La programación en tarjetas (OBP) puede ser efectuada en distintos momentos.

Por lo general, la programación se puede hacer hasta en 3 fases distintas.



La primera es durante la prueba in-circuit (ICT). Normalmente, las piezas grandes de las tarjetas producidas son sometidas a prueba in-circuit. Esto no es aplicable en el caso de tarjetas de accesibilidad limitada.

En esta fase, el mejor modo de llegar al  $\mu\text{C}$  de la tarjeta y programarlo es a través de la fijación para pruebas. Las únicas limitaciones serían el tiempo de programación y la capacidad del sistema ICT para manejar el  $\mu\text{C}$  en cuestión.

En muchos casos puede haber incluso una estación de programación Flash dedicada. Se trata de un hardware especial con una fijación especial y un operador dedicado que ejecuta sólo la fase de OBP.

La última solución sería programar el  $\mu\text{C}$  durante la prueba funcional.

Cada una de las soluciones citadas presenta sus ventajas e inconvenientes.

Agilent cree que la fase de ICT es la más indicada para este proceso, porque en esta fase la fijación ya está disponible. La ICT es, en la mayoría de los casos, una fase obligatoria. Así pues, la única limitación en esta fase es programar el  $\mu\text{C}$  en una mínima fracción del tiempo de ICT total. Si es posible satisfacer este requisito, la ICT será el mejor momento para efectuar la programación OBP.

Por esta razón, Agilent ha invertido gran cantidad de recursos en el desarrollo de una solución de programación de  $\mu\text{Cs}$  integrada y rápida, compatible con todos los  $\mu\text{Cs}$  del mercado y capaz de programar los  $\mu\text{Cs}$  del modo más rápido posible.

### Microcontrolador para el sistema i3070 de Agilent

La solución desarrollada por Agilent para su sistema ICT i3070 está constituida por una tarjeta de programación por pines (PinCard) dedicada con capacidad para programar por lo menos ocho dispositivos en paralelo. Si los dispositivos a programar usan una interfaz de programación de un hilo (BDM, SWIM, etc.), el número de dispositivos que se pueden programar en paralelo puede llegar a 96. Esto es útil sobre todo cuando se producen en paneles grandes cantidades de productos que hacen uso de  $\mu\text{Cs}$ .

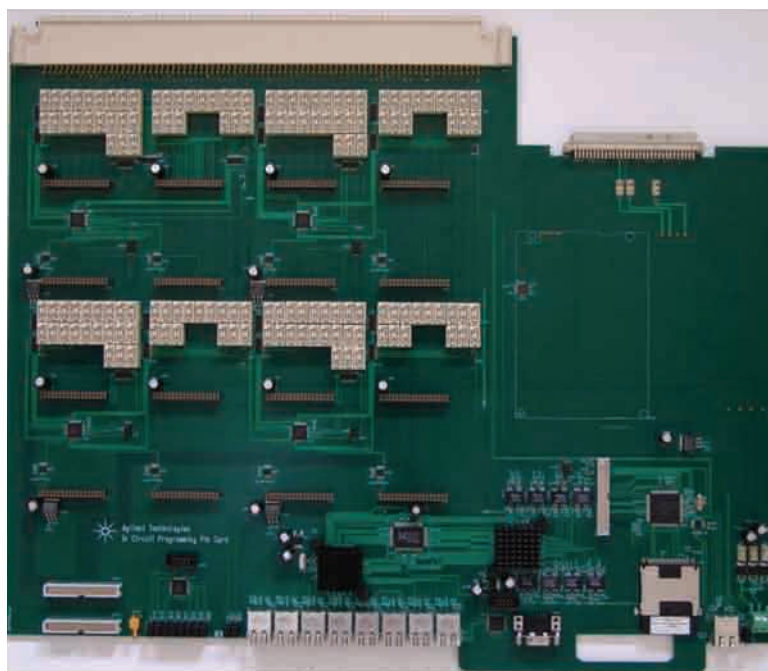


Figura 2. PinCard del i3070

Puede ser considerado un “programador Gang” ICT y no será necesario añadir ningún tipo de hardware especial a la fijación. Esto significa que la fijación es estándar, sin costes extras derivados del proceso de OBP.

Esta PinCard se conecta a una ranura vacía del módulo del sistema i3070 de Agilent. La tarjeta será ali-

mentada por una fuente de alimentación externa. El uso de una sola tarjeta representa la mejor solución para la mayor parte de las producciones disponibles en el mercado. Teóricamente, un i3070 de 4 módulos tiene cabida para 32 PinCards, que permiten controlar 256 programadores en paralelo.

#### Características de la PinCard del controlador del i3070 de Agilent:

- La PinCard puede llevar hasta ocho módulos de programación, que pueden ser usados en paralelo con el mismo software o en secuencia con un software de programación distinto para la programación de dispositivos serie.
- La posición de cada módulo puede ser cambiada a un máximo de tres posiciones distintas (si no están montados todos los módulos).
- A través de la tarjeta se pueden enrutar 48 señales externas.
- El dispositivo bajo prueba puede ser alimentado por medio de la PinCard con un máximo de ocho fuentes a la vez, y no más de 3 amperios en total. La tensión puede estar comprendida entre 0 y 8 voltios. Las fuentes no pueden tener más de 600 MA de potencia permanente cada una con una intensidad de pico de 1,5 amperios como máximo.
- Lleva 24 relés que pueden ser utilizados dentro de la fijación para conexiones de uso general, capaces de conmutar hasta a 5 A a 220 V.
- Cuatro canales CAN
- Cuatro canales LIN
- Dos canales FlexRay
- La tarjeta puede ser controlada mediante RS232 o bien mediante TCP/IP.
- Rutinas de software Testplan flexibles en tiempo real para ICT disponibles para manejar la programación.
- Código 100% compatible; no requiere otro código.
- Herramientas de cableado de la fijación que permiten añadir cables fácilmente para integrarlos en el proceso de construcción de la fijación para ICT.

Figura 3. Vistas de ambas caras del módulo de programación FR.



Los módulos de programación que se pueden instalar en la PinCard son los FlashProgFR, considerados los más rápidos y potentes del mercado (ver figura 3).

MB/s) dependiendo del rendimiento deseado. Soporta protocolos para automoción LIN, CAN y FlexRay.

Combinando la potencia de este módulo con la tecnología de fijación de cableado corto del i3070 de Agilent, es posible usar señales digitales a alta velocidad sin problemas. Éste es uno de los puntos claves para alcanzar altas velocidades durante la OBP.

La integridad de las señales es, sin duda alguna, un factor que afecta a la mayoría de las soluciones de fijación para plataformas ICT, pero usando la fijación de cableado corto de Agilent se evita el cableado de par trenzado. No obstante, en muchos casos, si queremos programar rápido, tenemos que usar una velocidad de reloj elevada. Como ejemplo, la figura 4 representa una

señal SPI usada para programar una memoria simple 25P64. En este caso la velocidad de reloj utilizada no es la más alta admitida por este tipo de dispositivos, pero sí es la mejor opción para alcanzar el tiempo de programación de la hoja de datos, ya que estos dispositivos pueden necesitar hasta 5 ms para programar un solo byte. Las señales han sido capturadas en los pines de los componentes a través de una fijación i3070 estándar de Agilent.

La velocidad de programación es el factor decisivo para incluir la OBP en la fase de ICT. Por eso, todo ha sido estudiado para facilitar este resultado tanto desde el punto de vista del software como del hardware.

En la tabla1 (página siguiente) se ilustra un ejemplo de lo que se puede conseguir con esta solución. En ella se indican los tiempos de programación de algunos de los dispositivos más corrientes en el mercado:

Esta tabla sirve sólo de referencia. Contacte con Agilent para más información sobre el dispositivo específico de su placa.

Como ejemplo de la vida real podemos citar el dispositivo correspondiente al algoritmo de programación MCP555, lanzado en 2004. En aquella época la solución implementada por nuestro cliente se basaba en una estación de programación dedicada al final de la línea. Para llegar al ritmo de producción requerido, la estación de programación tardaba aproximadamente 56 segundos en programar cuatro tarjetas en paralelo (fig. 5 arriba).

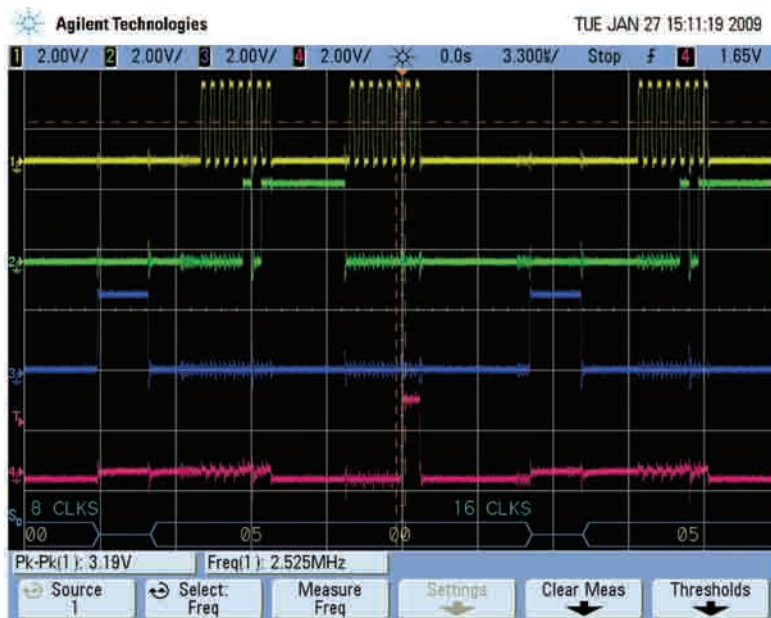


Figura 4. Reloj de 2,5 MHz en una señal SPI a través de fijación de cableado corto i3070 de Agilent.

FlashProgFR es la solución de programación in-circuit más pequeña (del tamaño de una tarjeta de crédito) y más avanzada del mercado. Se basa en un PowerPC de 132 MHz, cuenta con cuatro  $\mu$ Cs residentes, RAM de imagen multiplano de alta velocidad de 72 M, 1 M de la nueva RAM Magneto y medios de almacenamiento de hasta 1 TB de eMMC o SSD. Dispone de 12 canales de recursos que admiten hasta 11 A de corriente de pico y señales de 400 MHz con características de salida programables para limpiar las señales y evitar el montaje de componentes en la fijación. Puede programar hasta a 4,5 GB/min (4,4

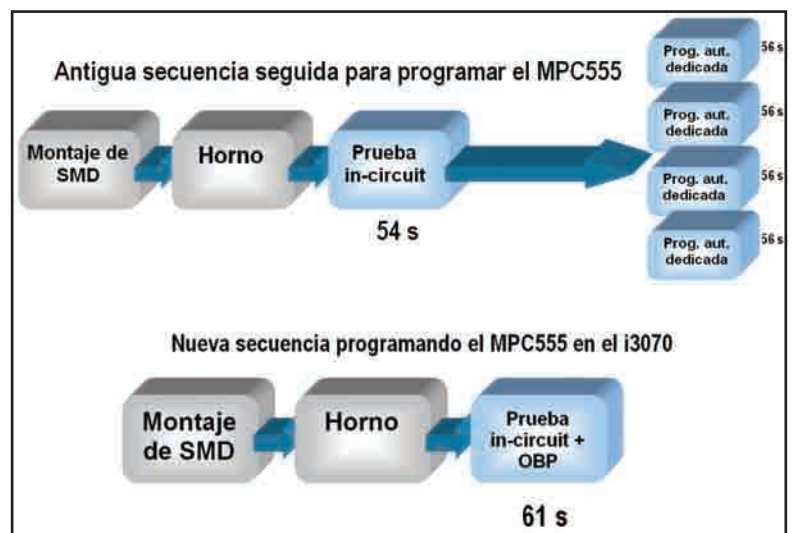


Figura 5. Comparación entre secuencias de programación



Tabla 1.

Fabricante	Dispositivo	Memoria programada	Secuencia de programación	Tiempo en segundos
Atmel	ATMega64	64K	ERA+PRG+VER	5,5
Freescale	MC68HC908EY16	16K	ERA+BLK+PRG+VER	1,8
Freescale	S12XE	1M	ERA+BLK+PRG+VER	19
Freescale	MPC5553	1.5M	ERA+BLK+PRG+VER	7,5
Freescale	MPC5566	3M	ERA+BLK+PRG+VER+SUM	2,38
Freescale	S12XHZ512	512K	ERA+BLK+PRG+VER	10
Freescale	MPC555	0.5M	ERA+BLK+PRG+VER	7,4
Freescale	9S12H128	128K	ERA+BLK+PRG+VER	3
Fujitsu	MB90F351	64K	ERA+BLK+PRG+VER	2,2
Fujitsu	MB91F467	1M	ERA+BLK+PRG+VER	18
Infineon	XC164CS-32F	256K	ERA+BLK+PRG+VER	4,4
Microchip	PIC18F4523	32K	ERA+PRG+VER	2
NEC	UPD70F3373	256KFlash+64KDataFlash	ERA+PRG+VER	9,1
NEC	UPD70F3358	512K	ERA+PRG+VER	12,1
NEC	UPD78F0393	32K	ERA+PRG+VER	3
NEX	LPC2103	32K	ERA+PRG+VER	1,8
Renesas	R5F21276	32K	ERA+BLK+PRG+VER	1,7
STMicroelectronics	25P20	256K DataFlash	ERA+PRG+VER	7,2
STMicroelectronics	uPSD3233	160K Flash+PLD	ERA+PRG+VER	5,6
STMicroelectronics	STM8A	128K	ERA+BLK+PRG+VER	8,1
STMicroelectronics	ST72F324J6	32K	ERA+BLK+PRG+VER	3,8
TexasInstrument	MSP430F135	16K	ERA+PRG+VER	1,6

La solución de programación de  $\mu$ Cs con un solo programador directamente en la fase de ICT generó gran interés, ya que de ese modo se ahorran cuatro estaciones de programación dedicadas (fig. 5 abajo).

La lista de dispositivos que se pueden programar es bastante extensa y aumenta constantemente a medida que se lanzan al mercado nuevos dispositivos microcontroladores.

Como referencia de las principales familias soportadas hasta ahora, la figura 6 ilustra las librerías de programación (plug-in) disponibles, divididas por proveedores de silicio.

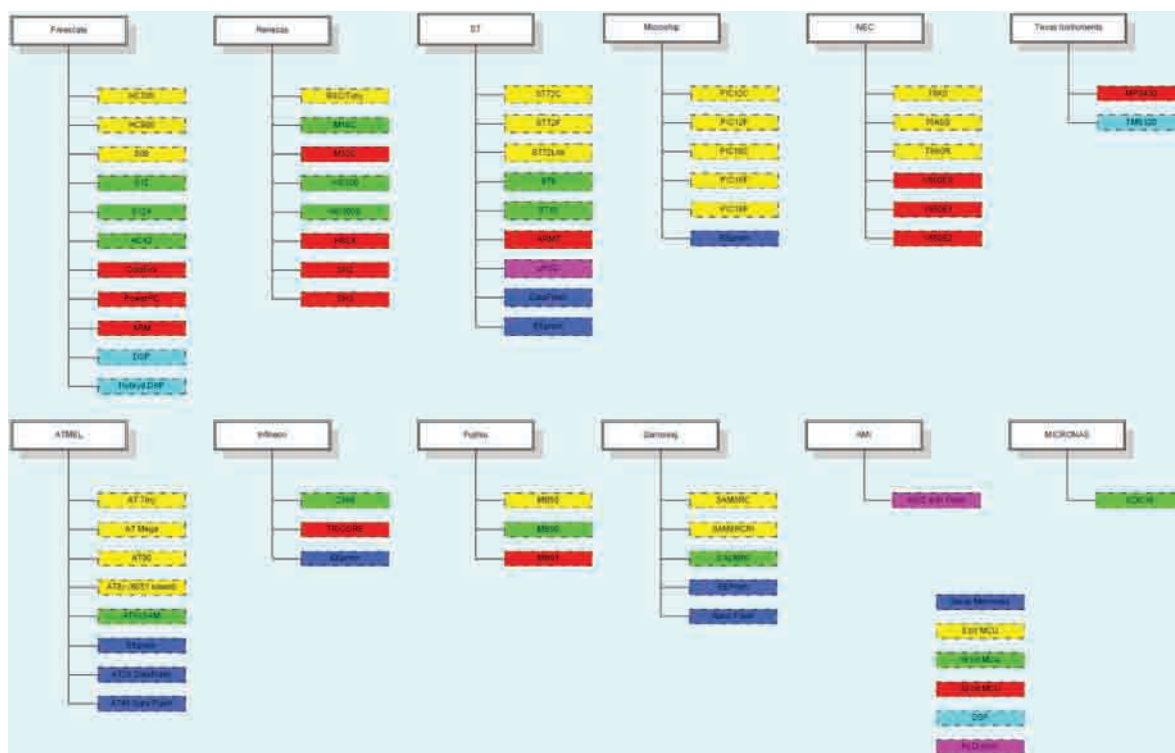


Figura 6. Plug-in disponibles para diversos proveedores y modelos.

Figura 7. Paquete CAN generado por el i3070 de Agilent y descodificado con el osciloscopio InfiniiVision MSO7000 de Agilent.

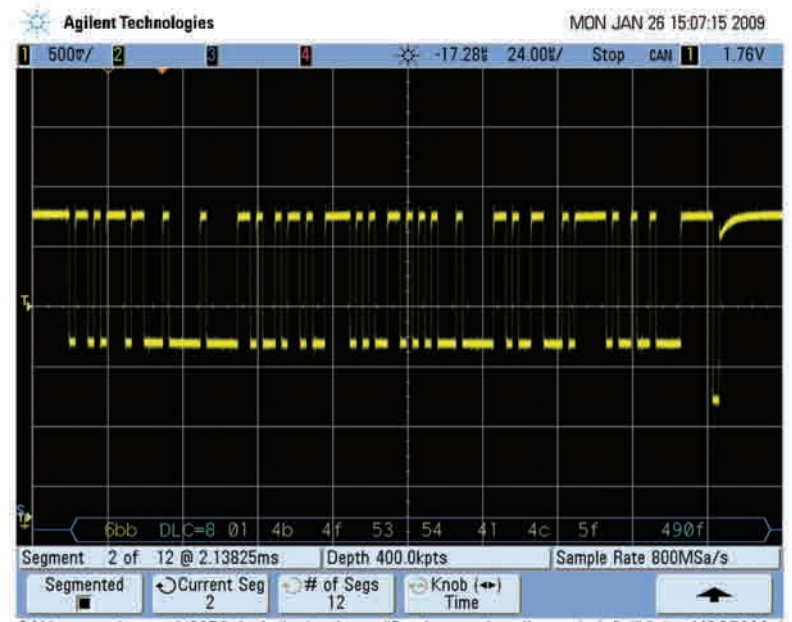
## Soluciones para el mercado del automóvil

Como se ha dicho antes, la PinCard y el módulo FlashProgFR también llevan buses CAN, LIN y FlexRay integrados. Esto significa que esta solución puede ser aplicada ampliamente en el mercado del automóvil.

Como respuesta a la demanda de distintos clientes del sector del automóvil, Agilent ha implementado estos buses para poder usarlos como prueba funcional previa justo después de haber programado la placa.

Una ventaja importante de esta solución sigue siendo su capacidad para funcionar en paralelo. La PinCard tiene cuatro buses CAN como configuración mínima. Esto significa que con ese bus se pueden efectuar cuatro pruebas en paralelo.

El Testmain del i3070 de Agilent incluye todo lo necesario para efectuar la configuración del bus CAN y ejecutar hasta cuatro pruebas en paralelo. Seguidamente, la PinCard puede multi-



plexar los cuatro buses CAN disponibles hasta 20 ofreciendo flexibilidad suficiente para manejar paneles grandes.

Además, los buses para automoción están disponibles también en los

módulos FlashProgFR; por tanto, dependiendo de la configuración elegida, el número de pruebas CAN que se puede efectuar en paralelo puede llegar hasta 12 por PinCard. 