

40 páginas sobre MEDICIÓN

+ Frecuencímetro 3 GHz/-40 dBm

elektor

www.elektor.es

**Prueba de termómetros IR
dificultades - teoría - práctica**

Pico C

**Instrumento de bajo coste
que cubre de 0.1 a 2500 pF**

+ OBD-2 inalámbrico

+ Convertidor GPIB a USB

+ Probar a través de JTAG

ISSN 0211-397X



9 770211 397008

Pico faradio, Mega perspectiva

En las revistas comerciales, es habitual que la planificación editorial para el año se base en temas o que cada edición este ligeramente enfocados a un tema concreto. Sin embargo, los temas planificados no son solo una información crucial para los editores de la revista – también ofrece una orientación para las agencias de prensa, publicidad y, sobre todo, los autores potenciales suelen utilizar esta lista para enviar un artículo relevante al editor. La planificación para el año 2011 está disponible para todos en www.elektor.es en la sección Servicios.

Por cierto, varios de nuestros temas se pueden enfocar desde tantos ángulos que pueden llenar las páginas de la revista por sí mismos. La edición de Marzo de 2011 estaba muy enfocada a los sistemas en un chip (SoC), y cubría el tema en formas que pueden describirse como exploratoria, práctica, basado en hardware, basado en software y diversión. Para este mes, medida y comprobación es, sin lugar a dudas, el objetivo. Inmediatamente tras la publicación de nuestra planificación de temas, se iniciaron tantos artículos y proyectos sobre Medida y Comprobación que fácilmente podríamos haber llenado más de una edición completa de Elektor exclusivamente con ellos.

Muchos de nuestros lectores disfrutaban completamente montando y usando sus propios instrumentos de medida y me complace decir que Elektor tiene un amplio historial de éxitos en este campo. Sin embargo, con la llegada de los microcontroladores por un lado y los DMMs baratos por otro, la atención se ha desplazado desde los ohmios/voltios/amperios y faradios a aplicaciones más especializadas como el OBD, la RF de gigahercios y la monitorización de temperatura sin contactos por mencionar tres de los ejemplos que puedes encontrar en esta edición. El faradio y el microcontrolador están felizmente unidos en el Pico C (pag. 58), una joya de instrumento de medida que supera a la mayoría de los DMMs en lo que a medida de pequeñas capacidades se refiere, es decir, por debajo de los 10 pF. Algunos dicen que estos valores son “irrelevantes”, otros que pertenecen a “los reinos de la magia de RF” o incluso a “la magia negra”. Al mismo tiempo, sobre mi mesa hay un montón de informes preocupantes sobre la grave escasez en la industria mundial de ingenieros formados en RF, todo el mundo se va hacia lo embebido. El humilde picofaradio puede tener un gran potencial, no lo olvidéis.

Disfruta de esta edición
Eduardo Corral, Editor

elektor

6 Colofón

Información Corporativa de la revista Elektor.

8 Noticias Locales

Un paseo mensual por lo último en el mundo de la electrónica.

12 Los cinco mandamientos...al elegir un DSO

Factores a considerar cuando piensas que ha llegado el momento de pasar del osciloscopio CRT a uno digital.

16 Convertidor GPIB/USB

Justo cuando pensabas que le bus GPIB de Hewlett-Packard había alcanzado la categoría de ‘clásico’, puedes ver como rejuvenece con un interfaz USB.

22 Probar a través del interfaz JTAG

Cómo comprobar si componentes como los BGA están bien soldados a la placa utilizando el interfaz JTAG.

26 Medir la temperatura a distancia

Cosas a tener en cuenta cuando piensas en comprar o usar un termómetro infrarrojo.

34 ATM18, estamos bien con RS-485

Aparentemente no hay final en lo que el módulo ATM18 es capaz de hacer. Este mes le toca al bus RS-485.

39 ¡Que viene el bus! (4)

Este mes discutimos algunas propuestas de los lectores para este proyecto. El nivel es sorprendentemente alto.

42 Medir la temperatura en un santiamén...

Fallos y otras cosas a tener en cuenta cuando haces medidas de temperatura con una pistola IR.



26 Medir la temperatura a distancia

Con un termómetro infrarrojo ('pistola'), puedes medir rápidamente la temperatura de toda suerte de objetos a una distancia razonable. Los termómetros de este tipo se pueden encontrar con precios desde unas pocas docenas de euros. ¿A qué tienes que prestar atención cuando vas a comprar o a usar un termómetro infrarrojo? Aquí están nuestras respuestas y veredictos.

44 Medidor de frecuencia y nivel de 3GHz

Esto es un regalo para todos los fans de los equipos de prueba y medida de primera clase que pueden construir y utilizar en el taller o en la escuela. Claves: 50 MHz a 3GHz, una precisión de 10 ppm y un margen de nivel de señal de -40 dBm a +10 dBm. Las lecturas se muestran en un módulo LCD de tres líneas y el instrumento se alimenta con tres pilas AA estándar.

52 OBD-2 inalámbrico

Si odias los cables en las conexiones con los coches una opción interesante es un interfaz OBD inalámbrico con enlace de radio a un PC (o portátil). La solución totalmente hecha en casa que describimos aquí permite elegir entre utilizar Bluetooth o Zigbee.

58 Pico C

Los aficionados a la RF y a la reparación de radio probablemente ya lo saben, pero cuando se trata de mediciones por debajo de 200 pF o menos, los multímetros digitales modernos dan resultados bastante desviados si no ridículos. El propósito del diseño Pico C de Elektor es hacer un trabajo mucho mejor. Superando a muchos DMMs, este pequeño instrumento mide fácilmente y con precisión capacidades bajas de hasta fracciones de picofaradio.

44 Medidor de frecuencia y nivel de 3 GHz

Un sofisticado instrumento capaz de medir frecuencias desde 50 MHz a 3 GHz con una precisión de 10 ppm y niveles de señal entre -40 dBm y +10 dBm.

52 OBD-2 inalámbrico

Un interfaz de diagnóstico del automóvil con Bluetooth o Zigbee – así es, todo inalámbrico.

58 Pico C

En contraposición a los DMMs y otros capacitímetros, este instrumento de bajo coste hace muy fácil medir capacidades por debajo de los 10 pF.

64 PCs virtuales

Cómo tener dos o más sistemas operativos diferentes al mismo tiempo en un PC.

68 Hexadoku

Nuestro rompecabezas mensual con un toque de electrónica.

70 Retronica: 137 Años de Electrónica de Estado Sólido

Las usuales características de la electrónica "extraña y antigua".

76 Próximo número

Un avance de los contenidos de la próxima edición.

Los cinco mandamientos... ...al elegir un DSO



Andreas Grimm (Alemania)

El mercado de los osciloscopios no ha sido muy fácil de seguir en los últimos años. Se han añadido muchas nuevas e innovadoras funciones, lo cual amplía aún más el espectro de aplicaciones de los DSOs, y con ello se ha incrementado también el número de fabricantes. Para un equipo que será durante años el centro de nuestro laboratorio cada decisión ha de ser considerada cuidadosamente. Aquí mostramos las claves para elegir bien.

Ciertamente, los criterios de selección más importantes, como el ancho de banda y la tasa de muestreo, ya son conocidos por casi todos los lectores de Elektor. Sin embargo, existe toda una serie de factores que juegan un papel determinante al evaluar osciloscopios. Todos ellos los comentamos en los siguientes puntos, de forma que podamos orientar mejor la compra según nuestras necesidades.

1. Datos clave

El ancho de banda y la tasa de muestreo necesaria están determinados por la señal más rápida que se quiera medir. Ya que hoy en día las señales digitales tienen un rol cada vez más importante, el tiempo de alcance resulta también importante.

En nuestro ejemplo práctico un procesador funciona con un reloj de 8 MHz. El tiempo de alcance típico es de 10 ns. El propio tiempo de alcance del osciloscopio ha de ser a toda costa menor que el de la señal; puede servirnos de guía más o menos el 30 %. Para una señal con un tiempo de alcance de 10 ns, un tiempo "Tr" en el osciloscopio de 3 ns es un buen valor. De la fórmula en primera aproximación $B = 0,3/Tr$ para este ejemplo podemos calcular que necesitamos un osciloscopio con un ancho de banda de 100 MHz. La **figura 1** muestra lo determinante del tiempo de alcance propio en un osciloscopio de 100 MHz al medir señales con un tiempo de 10 ns.

Tras calcular el ancho de banda necesario, le llega el turno a la tasa de muestreo. Esto puede determinarse mediante la fórmula $SR =$

$(8...10) \times B$, siendo B el ancho de banda analógico del osciloscopio. Un equipo de 100 MHz tiene una tasa de muestreo de 1 GSamples. Ahora toca analizar si puede muestrear la onda fundamental y un buen número de armónicos en una señal cuadrada –desde la perspectiva de la teoría de señales.

¿Por qué muchos electrónicos después no están satisfechos con su compra, a pesar de haber elegido el osciloscopio basándose en este criterio? La razón es que no sólo hay que fijarse en lo rápido que sea capaz de seguir un cambio de valor, sino también en otras formas de señales más complejas (que incluyan muchos flancos rápidos de este tipo). Aquí es donde entra en juego el tercer parámetro importante de un osciloscopio digital con memoria: la capacidad de dicha memoria. Una sencilla fórmula ayuda a calcular el valor necesario. La memoria se obtiene del producto de la tasa de muestreo por la ventana temporal en la que nos centremos.

La duración de esta ventana temporal está determinada a su vez por el tipo de señales que estemos tratando. Si queremos analizar la regulación de una fuente de alimentación conmutada, tendremos que tomar miles de pulsos en la puerta (gate) del transistor. En estas ventanas temporales es necesario fraccionar en milisegundos. Si queremos registrar otros eventos adicionales relativos a la frecuencia de la red, lo típico es utilizar ventanas de 100 milisegundos, con el fin de poder ver periodos completos.

Cuando queremos analizar un circuito con un microprocesador, generalmente hemos de observar transferencias de datos, registrando muchos ciclos de memoria. En este caso hablamos de tiempo en el margen de fracciones de microsegundo, correspondientes a varios ciclos en el margen de milisegundos. En resumen: como valor indicativo podemos decir que vale entre 1 ms y 100 ms.

Si nos fijamos en los datos clave del ejemplo de arriba (reloj del procesador a 8 MHz, $T_r = 10$ ns, SR = 1 GSamples/s) y asume que la ventana temporal es de 1 ms, se obtiene:

Memoria = 1 GSamples/s * 1 ms = 1 MPuntos, o sea, un millón de puntos almacenados (ver la **figura 2**).

Por el contrario, también puede determinarse la tasa de muestreo fijando un tiempo de almacenamiento fijo (de 1 ms) y la capacidad de la memoria con la fórmula de arriba. Ésta se reduce considerablemente según se decreta la capacidad de la memoria, como puede deducirse de la siguiente tabla:

Ventana temporal	Capacidad de la memoria	Tasa de muestreo resultante
1 ms	2M de puntos	2 GSamples/s
1 ms	100k de puntos	0,1 GSamples/s = 100 MSamples/s
1 ms	10k de puntos	0,01 GSamples/s = 10 MSamples/s
1 ms	2,5k de puntos	0,004 GSamples/s = 4 MSamples/s

Aquí podemos ver cómo la capacidad de la memoria es un criterio muy importante, ¡a menudo subestimado!

2. Características de medida

Las posibilidades que nos ofrece un osciloscopio también tienen que ver con las características de su amplificador de entrada analógico y el comportamiento de su disparador (trigger). La parte analógica ha de ser lo más precisa y limpia de ruido posible. La mejor precisión disponible en el mercado es de 1 mV/DIV, pero no es en absoluto un estándar. Para que esto pueda representar una ventaja, es importante que el ruido de fondo sea lo suficientemente bajo: incluso con el amplificador en la configuración más sensible éste debe ser considerablemente menor a un cuadro de cada división. Sólo así tiene sentido medir por ejemplo rizados (pequeñas tensiones superpuestas a otras mayores). La sensibilidad del trigger también juega un importante papel, pues en el ejemplo anterior éste puede sincronizarse con el rizado que deseamos medir. Por lo tanto, en cuanto a precisión del trigger ha de ser bastante mejor que las en lo que a divisiones se refiere.

Especialmente en el desarrollo de electrónica de potencia es necesario el análisis matemático avanzado de señales. Suele utilizarse cuando se trata de eliminar el ruido en alta frecuencia mediante filtros de paso bajo. Finalmente para hacer el balance energético, el osciloscopio ha de multiplicar el canal de la corriente por el de la tensión, e integrar el resultado. Estas “matemáticas encadenadas” suelen ser opcionales y por lo general sólo están disponibles en el segmento superior a los 6.000 €.

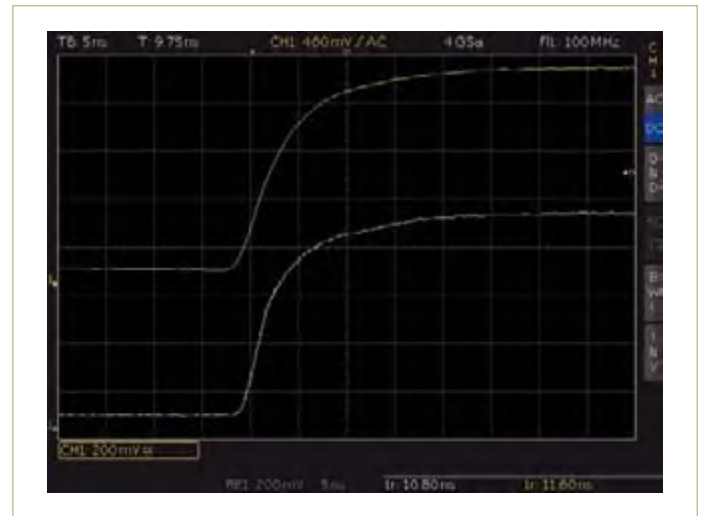


Figura 1. Influencia del tiempo de alcance en un osciloscopio de 100 MHz midiendo una señal con 10 ns de tiempo de pico (blanco), la curva amarilla es la señal resultante.

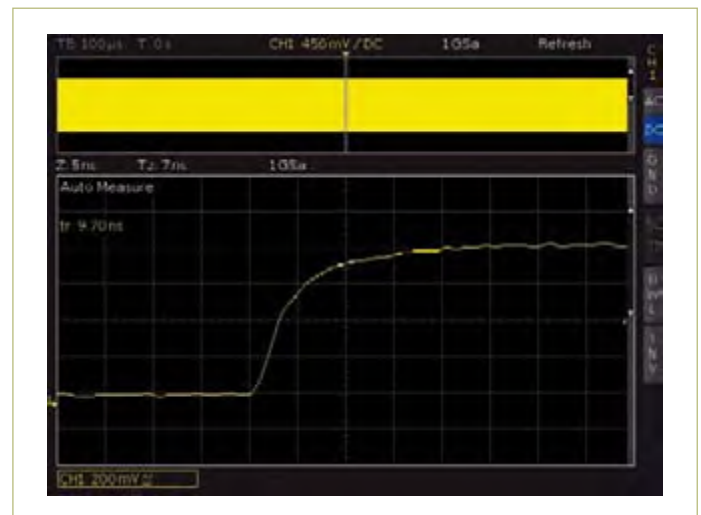


Figura 2. Con una memoria de 1 millón de puntos y una fracción de tiempo de 1 ms, podemos supervisar cambios muy rápidos en señales (<10 ns) con claridad.

La medición estándar de la potencia con un osciloscopio suele hacerse con las funciones del cursor. Aquí resulta útil que los cursores sean capaces de seguir la evolución de la señal, mostrando tiempos y tensiones a la vez, con el fin de evitar las idas y venidas moviendo los cursores de medidas de amplitud a medidas de tiempo. Junto a los cursores, la medida automática de parámetros resulta también ideal, por ejemplo el ancho de pulso o el sobrepaso. La ventaja de las medidas de parámetros de las de los cursores es que sólo tenemos que encender el equipo y ya disponemos de resultados.

Para supervisar formas de señal podemos servirnos de un test de Pass-Fail, que está basado en una máscara. Se necesita una señal de referencia en la que fijamos un umbral de tolerancia; si se incumple este límite se lleva a cabo la acción correspondiente, como por



Figura 3. Una FFT sólo es útil si disponemos del suficiente número de puntos (a la izquierda, 2048 puntos, y a la derecha 65536).

ejemplo finalizar la grabación, generar un pitido o hacer una captura de pantalla.

Actualmente casi todos los osciloscopios asequibles disponen de función FFT, por ejemplo para poder representar el ruido en un espectro de frecuencias. Sin embargo, en la práctica esta característica a menudo no se utiliza, puesto que no se tiene el número de puntos necesario para hacer una FFT. El número de puntos utilizados en el cálculo (junto con la duración del periodo de tiempo especi-

ficado) determina la resolución de la FFT. Por ejemplo, con 1.000 puntos es imposible obtener ningún resultado concluyente. Para ello necesitaremos 32.000 o más (ver la figura 3).

3. Características de confort

Junto a las razones “de peso”, siempre existen otras características intermedias que realmente no tienen que ver con lo que son las mediciones en sí. El tamaño y resolución del display entrarían dentro de éstas. Mientras que los TFTs a color y con más de 6 pulgadas de diagonal son ya un estándar, generalmente la resolución se queda corta. Un display VGA (640 x 480 píxeles) con buenos ángulos de visión tanto horizontal como vertical, así como un elevado contraste, suponen el mínimo exigible. Los displays QVGA (320 x 240 píxeles) decepcionan bastante, especialmente si se trata de un MSO (Mixed-Signal) con más de 20 canales en acción. La conexión con un monitor o proyector externo puede ser un criterio de selección importante.

El espacio en la mesa de laboratorio puede reducirse significativamente si nos servimos de sistemas apilables y/o con carcasas más pequeñas. Junto a lo que ocupe, también hemos de prestar atención al ruido que haga el ventilador, pues normalmente un osciloscopio funciona de forma continuada.

4. Visión de futuro

Durante años, la tendencia a utilizar sistemas embebidos sigue en aumento; de aquí la demanda de hacer análisis síncronos en señales analógicas o digitales. Mientras que la memoria generalmente está conectada con el bus del procesador, los componentes periféricos como las FPGAs, sensores o displays suelen estar conectados mediante buses serie como el UART, I2C o SPI. En el desarrollo de este tipo de circuitos un osciloscopio es de gran utilidad, bien para almacenar datos en paralelo o para disparar y decodificar datos en serie (figura 4).

Que esté preparado para el futuro significa que osciloscopio puede funcionar en modo MSO o que es capaz de decodificar protocolos serie. Cuando hemos de ahorrar costes al máximo, en nuestra elección hemos de considerar que el disparo y decodificado de protocolos en serie no se tenga que hacer con ambos canales analógicos, y que pueda hacerse desde una entrada de trigger externa, perteneciente a un equipo de dos canales.



Figura 4. Osciloscopio de señal mixta.

Es muy importante disponer de documentación de los resultados de medida. Por ello el dispositivo ha de contar con los puertos adecuados; como poco, debe permitirnos conectar un pendrive USB o un ordenador a través de este mismo puerto. En algunos casos de medida automatizados cada vez son más comunes las conexiones GPIB o incluso Ethernet a un ordenador de control. En tal caso, como poco han de poderse actualizar los interfaces. El servicio y soporte técnico prestados por el fabricante también contribuyen a garantizar la inversión. Éste ha de ser simple, rápido y gratuito ante todo, y debe continuar así durante cinco o más años.

5. Relación Calidad-Precio

Como hemos visto, en la elección de un osciloscopio no sólo hay que prestar atención a los datos más relevantes y al precio, sino a otros muchos por igual. En la siguiente lista se enumeran los criterios de selección más importantes:

- Ancho de banda (tiempo de alcance), sensibilidad, ruido de los canales de entrada
- Tasa de muestreo, tamaño de la memoria

- Tipos de disparo y precisión de éstos
- Tamaño, resolución y ángulo de visión del display, monitor externo
- Funciones como los parámetros o tomar medidas mediante cursores, “canales” matemáticos
- Test de Pass-Fail
- Mixed-Signal-Option
- Disparo y decodificación de protocolos serie (reajustar si fuera necesario)
- Puertos como USB, LAN, GPIB (obviamente sigue siendo opcional)
- El servicio y soporte técnico ha de estar operativo durante varios años

La mayoría de estos parámetros pueden encontrarse en las hojas de datos correspondientes o en un manual, mientras que otras características como el ruido del ventilador o el ángulo de visión pueden preguntarse directamente al distribuidor. Normalmente también es posible probar el equipo antes de adquirirlo.

(100896)

Andreas Grimm es jefe del departamento de producción de Hameg Instruments GmbH (www.hameg.com).

Publicidad

LO ÚLTIMO EN NUEVAS TECNOLOGÍAS... LO TENEMOS

- Cada día incorporamos online más de **100** productos de las tecnologías más recientes
- Acceso directo a más de **420.000** productos de más de **3.500** marcas líderes en el sector
- **element14**: Portal tecnológico y comunidad online para ingenieros de diseño
- Revisamos constantemente nuestros precios, solicite su cotización online en eCotiza
- i-Buy: la solución de eProcurement gratuita para hacer su proceso de compra más rápida y eficientemente

Visítenos hoy en www.farnell.com/es

element14

www.element14.com

A Premier Farnell Company



Diseño con el mejor

Convertidor GPIB/USB

Puerto USB para el bus de instrumentación universal

Rainer Schuster (Alemania)

El “General Purpose Instrumentation Bus” (también conocido como IEEE-488 e IEC-625) es con certeza el sistema de bus más antiguo que continúa estando en uso; aparte, cuenta con más de 5000 dispositivos GPIB disponibles en el área de las técnicas de medida profesionales. Ya que los PCs normalmente no tienen puerto GPIB, se necesita una tarjeta adaptadora o un caro convertidor USB/GPIB. Nuestra solución casera presenta una tarjeta R8C13 con USB integrado, resultando igual de simple que de asequible.

Cuesta creer que el sistema de bus HP-IB (Hewlett-Packard Interface Bus) original de los años 60 sea todavía un estándar industrial muy extendido. En los 70, el HP-IB se normalizó como IEEE-488 o IEC-625, y fue llamado GPIB por muchos fabricantes. Su gran utilización y una fiabilidad puesta a prueba durante décadas, así como su simplicidad, ponen de manifiesto el hecho de que el GPIB se haya mantenido igual de fresco hasta hoy como ningún otro bus. Ya que muchos usuarios no pueden o no quieren renunciar a este puerto, hoy en día algunos aparatos de medida, como por ejemplo osciloscopios y generadores, incluyen aparte de un conector USB y/o Ethernet también un GPIB, normalmente del tipo IEEE488.2 (IEC-60488-2). Como puerto paralelo de 8 bits parecido al GPIB estaba el puerto de impresora Centronics, obsoleto desde hace tiempo, pero en el que podían direccionarse hasta 30 dispositivos y conectar hasta 15 a la vez en un sólo cable de bus, uno tras otro, formando una estrella, o en una combinación de ambas. No damos más detalles al respecto ya que estaría fuera del tema principal del artículo. Como casi siempre, la página de Wikipedia [1] ofrece una buena descripción y dispone de algunos links con información ampliada.

Ya que los PCs normalmente no tienen puerto GPIB, es necesaria una tarjeta adaptadora o un convertidor GPIB/USB externo, y en algunos casos su coste es mayor que el propio equipo de medida que vamos a controlar. En adelante mostramos cómo esto es más simple de lo que parece. En cuanto a hardware, todo lo necesario para un convertidor GPIB/USB es un microcontrolador con puerto USB, que cuente al menos con dos puertos I/O bidireccionales, y un conector Centronics de 24 pines...

Reciclaje del R8C

Dimos rápidamente con el microcontrolador nombrado antes “con puerto USB y al menos dos puertos I/O bidireccionales”, el publicado en Elektor 02/2009. Para el proyecto del “trazador de curvas características para transistores” el autor ya había desarrollado una pequeña tarjeta R8C con puerto USB, disponible en la tienda Elektor como artículo número 080068-91, con dicha tarjeta montada y probada. Esta manejable tarjeta controladora (80 x 35 mm) puede programarse también mediante el puerto USB. La piedra angular del circuito de la **figura 1** es un controlador R8C/13, que viene equipado con un convertidor USB-serie PL2303. La lista de componentes y el diseño de la tarjeta pueden descargarse (gratuitamente) desde la página del trazador de curvas para transistores, así como en la correspondiente a este artículo en Elektor [2].

El cableado del R8C/13 se corresponde con el de la mítica R8C/13-Board [3], que aparecía en el suplemento gratuito de la edición de diciembre de 2005 de Elektor, y cuyo CD de software está disponible en la tienda Elektor.

La combinación del driver USB PL2302 con el microcontrolador se describe en Application-Board de la edición de enero de 2006 de Elektor [4] para el R8C/13.

La alimentación se lleva a cabo mediante el puerto USB. Se puede acceder a varios pines de puerto, +V y masa desde el conector de 20 pines (K1), con lo que esta tarjeta puede ser utilizada para otras tareas. La asignación de pines se enumera en la **tabla 1**.

Características

- Convertidor GPIB/USB de bajo coste
- Hardware muy simple (R8C/13-USB-Board con conector Centronics)
- Tarjeta R8C/13-USB disponible ya montada y verificada
- Firmware gratuito con código fuente
- Programa en flash gratuito
- Entorno de desarrollo gratuito
- Programa ejemplo para PC gratuito con código fuente

Mediante el botón de reset S1 el microcontrolador puede reiniciarse en cualquier momento. 18 resistencias de 470 Ω limitan la corriente de salida de los pines de puerto a unos 10 mA y previenen las conexiones erróneas, lo cual podría dañar la tarjeta controladora.

Si el jumper JP1 está cerrado, el programa puede ser cargado en el microcontrolador haciendo uso del puerto USB (por ejemplo con el Flash Development Toolkit de Renesas, que podemos encontrar en el CD de software del R8C [5]. El paquete de software del R8C incluido en dicho CD también puede descargarse [6].

Cómo obtener el software del R8C, poder descargar el archivo hexadecimal en el controlador e instalar el driver USB para el PC se describe en detalle en el citado artículo o en la página del R8C en la web de Elektor [8].

Como ya se ha dicho, el hardware del convertidor GPIB/USB consiste únicamente en lo mostrado en la figura 2, un conector Centronics de 24 pines y la tarjeta R8C/13-USB (o80068-91). El cableado se hace siguiendo la asignación dada en la tabla 2. Todo lo demás ya es cuestión del firmware en la R8C/13...

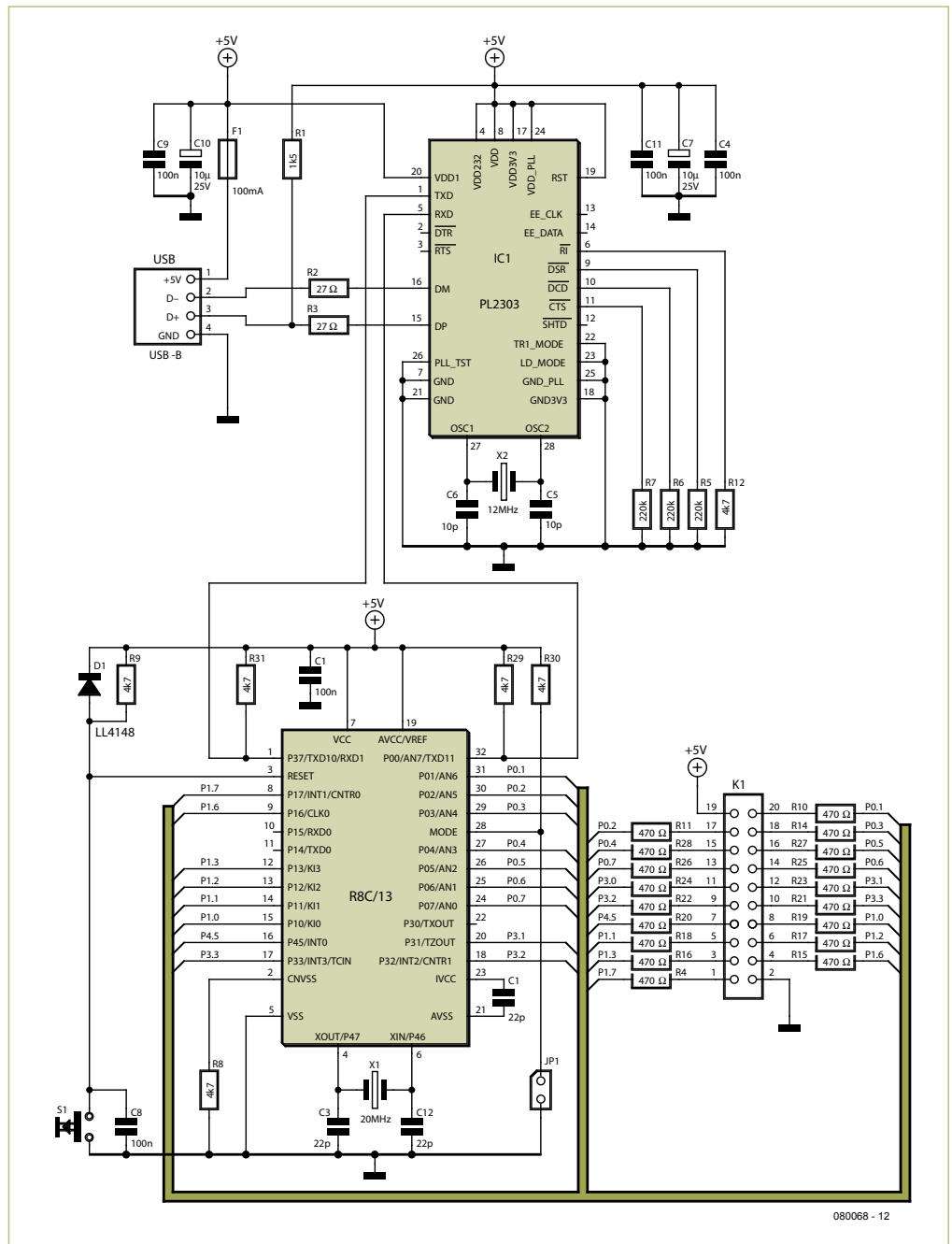


Figura 1. Esquema de la tarjeta controladora con el R8C/13 y el convertidor USB/serie PL2303.

Firmware

El firmware para el microcontrolador se ha codificado en C para el “Renesas High Performance Workshop” (versión 4.08) y puede descargarse gratis en la web de Elektor de este proyecto [7]. Puede

obtener información más ampliada sobre cómo programar un R8C/13 en las páginas dedicadas al R8C en Elektor [8].

Para establecer la comunicación entre el puerto USB y el dispositivo GPIB primero hace falta inicializar el puerto serie UART1 del R8C/13

Servicios y productos Elektor

- Tarjeta controladora (R8C/13-USB-Board, montada y verificada), ref. o80068-91
- Diseño de la tarjeta (descarga en PDF) y lista de materiales de la tarjeta controladora, gratis en www.elektor.es/o80068
- Firmware (código fuente inclusive) y software de PC, ref. 100756-11.zip
- Página de información y descargas de software gratuito en www.elektor.es/100756

Tabla 1: asignación de K1

Pin	Correspondencia	Pin	Correspondencia
1	P1.7	11	P3.0
2	GND	12	P3.1
3	P1.3	13	P0.7
4	P1.6	14	P0.6
5	P1.1	15	P0.4
6	P1.2	16	P0.5
7	P4.5	17	P0.2
8	P1.0	18	P0.3
9	P3.2	19	+5V
10	P3.3	20	P0.1

con la siguiente configuración: 38400 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de stop y sin paridad. Después, la línea REN (Remote Enable) del bus GPIB se activa, e IFC (Interface Clear) también se activa a su vez durante 10 ms, con el fin de resetear todos los dispositivos conectados. Al mismo tiempo esto pone al R8C/13 en estado “Controller in Charge” (CIC).

Después no sucederá nada, ya que por definición los dispositivos GPIB conectados sólo han de responder si previamente han sido preguntados por el controlador. Para transmitir datos e instrucciones a los dispositivos GPIB conectados, el programa espera a determinados comandos en el puerto serie, y así poder implementarlos. A continuación se implementa un pequeño protocolo:

Tabla 2: conexión del Centronics en K1 de la tarjeta R8C/13-USB

Nombre de la señal	Pin de puerto en la controladora	Correspondencia en K1	Correspondencia en el conector Centronics de 24 pines
DIO1	P0.1	20	1
DIO2	P0.2	17	2
DIO3	P0.3	18	3
DIO4	P0.4	15	4
EOI	P3.0	11	5
DAV	P1.3	3	6
NRFD	P1.6	4	7
NDAC	P1.7	1	8
IFC	P1.0	8	9
SRQ	P4.5	7	10
ATN	P1.2	6	11
Shield	-	2	12
DIO5	P0.5	16	13
DIO6	P0.6	14	14
DIO7	P0.7	13	15
DIO8	P3.1	12	16
REN	P1.1	5	17
GND	-	2	18-24

<Instrucción>[<Dirección del dispositivo><, >] [cadena GPIB] <CR><LF>

Por ejemplo: R1,*IDN? <CR><LF> representa la instrucción READ. Mediante ésta se envía la cadena “*IDN?” al dispositivo GPIB con la dirección 1 y se espera por la respuesta. La cadena de respuesta del dispositivo se envía mediante el puerto USB al PC.

En la **tabla 3** se muestran las instrucciones implementadas. Además se especifican las llamadas instrucciones universales, a las cuales responden todos los dispositivos conectados. También están las instrucciones direccionadas, que sólo van dirigidas a dispositivos direccionados previamente (véase la **tabla 4**).

Para direccionar un dispositivo (como “listener”), antes de estas instrucciones ha de enviarse el comando “listen (0x20)” junto con la dirección de dispositivo (“ordenada”). Tras el verdadero comando ha de enviarse otra vez “unlisten”.

En todos estos comandos también existen instrucciones en “bajo nivel”. Normalmente para comunicarnos con los dispositivos sólo nos hacen falta los comandos R = Read, W = Write y quizá S para consultar el service-request.

Si durante la transferencia de datos aparecen errores, el R8C/13 enviará “Error X” al PC.

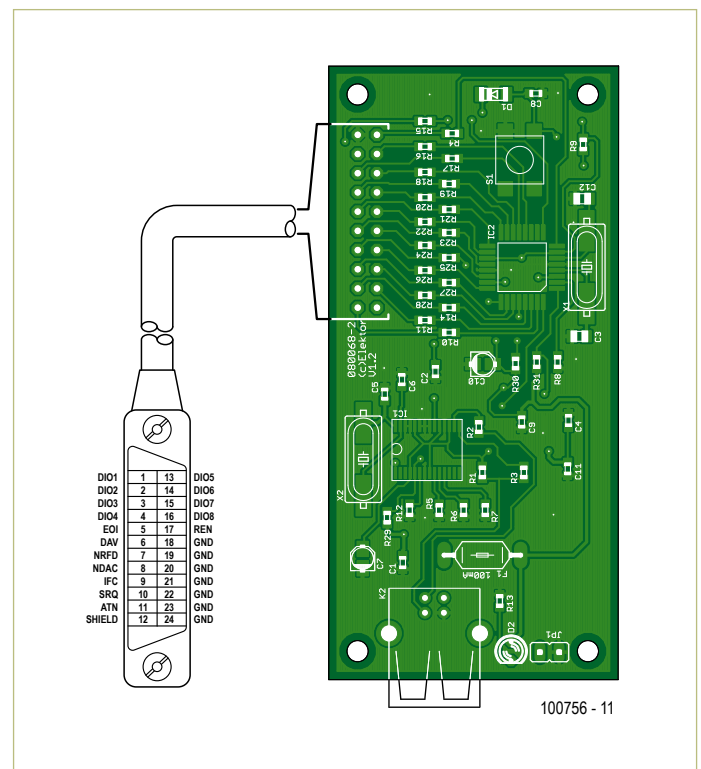


Figura 2. El hardware del convertidor GPIB/USB consta de la combinación de un conector Centronics de 24 pines con una tarjeta R8C/13-USB.

X=1 significa que el dispositivo direccionado no existe.
 X=2 notifica un timeout en el envío o recepción de los datos.

Programación

El entorno “High Performance Embedded Workshop” de Renesas genera un archivo hexadecimal Motorola (GPIB_USB.mot), que puede volcarse con el “Flash Development Toolkit 3.4 Basic” (de [5] o [6]) también mediante el puerto USB. Aparte ha de cerrarse el jumper JP1 en la tarjeta controladora y pulsar brevemente el botón de reset. Tras la programación no debemos olvidar retirar otra vez el jumper y pulsar el botón de reset nuevamente. Después nuestro convertidor GPIB-USB ya estará preparado para ponerse en práctica.

Funcionamiento

Como aplicación práctica del convertidor presentamos un programa codificado en VB6, que transfiere el oscilograma de un osciloscopio Tektronix-TDS210 al PC. Conociendo las instrucciones de su propio osciloscopio podemos adaptar fácilmente el programa, que está incluido en las descargas de software [7].

El programa se instala en el PC ejecutando “Setup.exe”. Tras la instalación se inicia haciendo clic en GPIB_USB.exe.

Una vez iniciado el programa se mostrarán los puertos COM disponibles y se envía la cadena de identificación del convertidor GPIB-

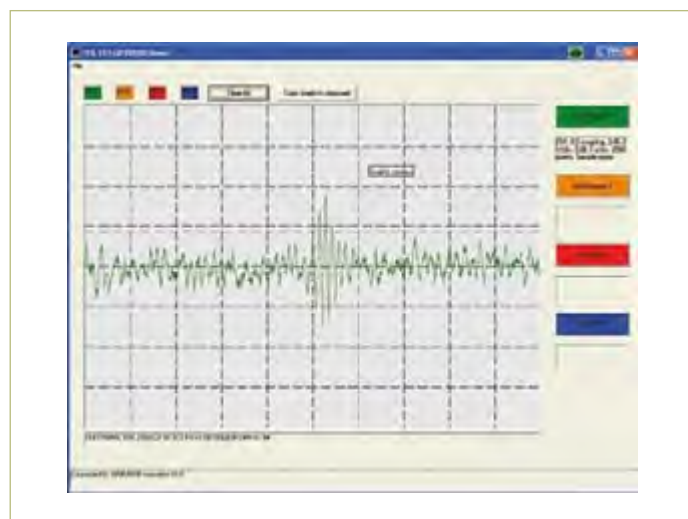


Figura 3. Ejemplo de un oscilograma transferido mediante el convertidor GPIB/USB del osciloscopio al PC.

USB (I<CR><LF>), hasta encontrar el puerto adecuado y recibir la cadena de respuesta. Inmediatamente después se ejecuta el chequeo de la cadena de identificación del osciloscopio enviando el comando “R1,*IDN?<CR><LF>”. Aparte, se fija la dirección del dispositivo mediante la constante global “ADDR” a 1. ¡Para otra dirección del dispositivo, ha de cambiarse este valor! Si se recibe la cadena de respuesta del osciloscopio, el programa estará listo para transmitir curvas y mostrar resultados en el monitor del PC.

Tabla 3: posibles instrucciones GPIB universales		
Instrucción	Parámetro	Significado
C	-	Envía IFC, activando con ello todos los dispositivos conectados
G	Comando GPIB	Activa la línea ATN- y envía el comando dado como parámetro mediante el bus GPIB
I	-	Pregunta la cadena de identificación al convertidor USB Respuesta: GPIB/USB converter V1.0
R	Dirección del dispositivo, cadena y dispositivo direccionado	La cadena dada en parámetros también se envía al dispositivo direccionado, y la cadena de respuesta del dispositivo se envía de vuelta
S	-	Solicitud de la línea de SRQ (Service Request) Si responde 0: ningún dispositivo necesita el servicio Si responde 1: hace falta este servicio
T	Tiempo de timeout en μ s	Cambio del tiempo de timeout al enviar o recibir datos mediante el bus GPIB. Por defecto = 200000[μ s] = 200ms
W	Dirección del dispositivo, cadena	La cadena dada en parámetros se envía al dispositivo direccionado, no se espera respuesta
LLO	0x11	Local Lockout: prohíbe el funcionamiento de todos los dispositivos conectados
DCL	0x14	Device Clear: se reinician todos los dispositivos conectados al bus GPIB
PPU	0x15	Parallel Poll Unconfigure: deshabilita la función “Parallel Poll”
SPE	0x18	Serial Poll Enable: tras un servicio de “request” comienza la solicitud en serie de los dispositivos
SPD	0x19	Serial Poll Disable: deshabilita la solicitud en serie
UNL	0x3F	Unlisten: retira todos los dispositivos del modo escucha
UNT	0x5F	Untalk: ordena al dispositivo en particular que guarde silencio

Tabla 4: instrucciones GPIB direccionadas		
Instrucción	Valor en hexadecimal	Significado
GTL	0x01	Goto Local: pone los dispositivos direccionados en modo de funcionamiento local
SDC	0x04	Selected Device Clear: resetea los dispositivos direccionados previamente
PPC	0x05	Parallel Poll Configure: solicitud en paralelo de los dispositivos direccionados previamente
GET	0x08	Group Execute Trigger: ejecuta una acción determinada para todos los dispositivos direccionados previamente
TCT	0x09	Take Control: transfiere el control a un dispositivo direccionado previamente

La **figura 3** muestra como ejemplo la transmisión del canal 1 del osciloscopio.

Pueden transferirse las curvas del canal 1, 2, ref A y ref B. La línea de puntos representa el offset en el eje Y. Y-offset, Y-DIV y X-DIV se extraen de los datos de las curvas. Éstos a su vez se transfieren en formato ASCII entre -128 y +127, siendo el rango visible de -100 a +100. Mediante el botón “Clear All” se borran las curvas, y mediante “Copy to Clipboard” los datos de las curvas se copian al portapapeles para su procesamiento posterior, por ejemplo para ser copiadas en Word. En la sección del menú “File → Export csv” o “Export pwl” los datos de las curvas pueden exportarse a Excel o ser guardados como datos “.pwl”. El formato “pwl” significa “Piece Wise Linear Function”, y se trata de un archivo con el que pueden integrarse datos de curvas en el programa de simulación de LTSpice. En la edición de septiembre de 2010 de Elektor [9] se puede echar un vistazo al programa simulador.

Una característica de este programa es que podemos seleccionar no sólo señales con curvas predefinidas (senoidal, cuadrada, triangular...), sino que también ofrece la posibilidad de importar curvas externas en formato “.pwl” (véase la **figura 4**). En el ejemplo de la **figura 5**, la señal ruidosa que fue transferida en la figura 3 del osciloscopio al PC fue importada como archivo .pwl al programa simulador e integrada con un simple filtro paso bajo (combinación RC). El resultado del filtrado simulado de la señal adquirida en el mundo real puede verse en la figura 5 abajo: la curva azul representa la señal de entrada (del archivo “.pwl”), y la verde la señal tras pasar por el paso bajo.

(100756)

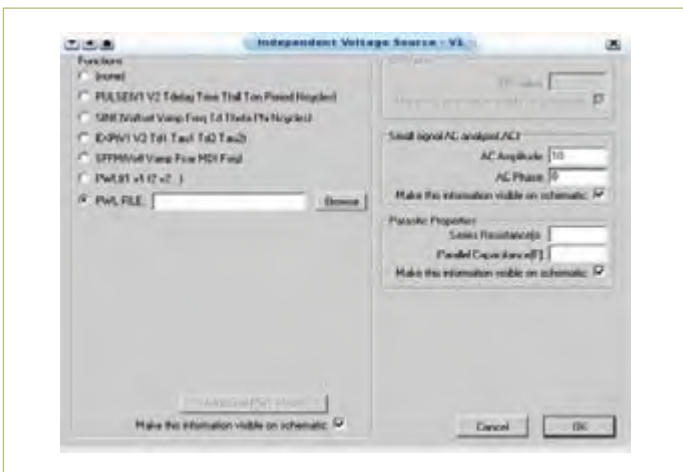


Figura 4. El programa de simulación LT-Spice permite importar señales medidas con el osciloscopio en formato .pwl.

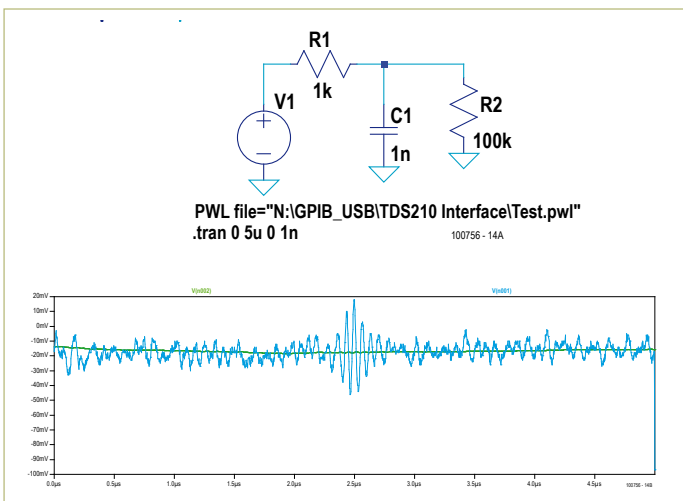


Figura 5. Ejemplo de uso de una señal real medida en una simulación con LT-Spice.

Enlaces

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/GPIB>
- [2] www.elektor.es/080068
- [3] www.elektor.es/r8cstart
- [4] www.elektor.es/050179-3
- [5] www.elektor.es/050179-2
- [6] www.blafusel.de/files/r8c
- [7] www.elektor.es/100756
- [8] www.elektor.es/r8c
- [9] www.elektor.es/081006

Probar a través del interfaz JTAG

Comprobar conexiones sin sondas de prueba

Rob Staals, JTAG Technologies (NL)

Probar placas manualmente es algo complicado sino imposible en el caso de aplicaciones con integrados complejos y placas multicapa. Afortunadamente, la mayoría de los integrados disponen hoy en día de una lógica especial para comprobar en profundidad las conexiones internas del integrado y las conexiones de la placa. Para esto se utiliza el interfaz JTAG internacionalmente estandarizado.



Después de la construcción de un prototipo o un producto final, queremos saber lo más rápidamente posible si el circuito funciona. Conectamos la alimentación y esperamos nerviosos a ver lo que pasa. Generalmente el prototipo no funciona o funciona parcialmente a la primera. ¿Dónde está el problema, es por algún problema de diseño o es porque determinados componentes no están bien montados? Enseguida cogemos un osciloscopio o un polímetro para verificar si las señales son las correctas y comprobar las conexiones. Sin embargo, esto es casi imposible de hacer en las actuales placas multicapa con pequeñas distancias entre pistas y/o componentes BGA. Sin embargo, ¿cómo podemos probarlos?

Un método muy utilizado es una **prueba funcional**. La funcionalidad de la placa se examina mediante rutinas especiales software de prueba. Un requisito importante es que el núcleo del circuito funcione, sino no podemos seguir con la prueba funcional. En una prueba funcional, el diagnóstico del error es difícil. La prueba indica, por ejemplo, que hay un fallo en la memoria, pero no sabe qué terminal es el causante.

También podemos optar por una **prueba estructural**.

Si los componentes de la placa están interconectados correctamente, el circuito debe funcionar, a menos que haya un fallo en el diseño. Aquí partimos de la idea de que los componentes están bien. En otras palabras: El objetivo es demostrar que los componentes estén soldados de forma correcta. El método más sencillo es hacer una prueba de continuidad con un polímetro entre todos los componentes (ver **figura 1**).

La gran ventaja de la prueba estructural es que se conoce el sitio exacto del problema. Un terminal que no esté soldado correctamente o que haga cortocircuito con otro terminal, lo pillas al instante. Hay que probar una gran cantidad de puntos para obtener una alta cobertura de prueba y poder hacer el diagnóstico correcto. Para eso se utiliza generalmente una almohadilla de pruebas en la placa. Sin embargo las almohadillas de pruebas cuestan mucho dinero y ocupan mucho.

En diseños modernos con una alta densidad, se presenta directamente un problema. En una placa multicapa con una pequeña distancia entre pistas o componentes BGA no hay sitio para sondas. Lo que es peor, las sondas pueden causar fácilmente cortocircuitos entre terminales (**figura 2**).

Para solucionar este problema se desarrolló en los años ochenta la tecnología Boundary scan (Bscan).

La arquitectura Boundary scan

Tomamos como ejemplo un microcontrolador. Se ha integrado en silicio, aparte del núcleo que forma la función real del integrado, el hardware necesario para Bscan. Este hardware adicional consta, entre otras cosas, de los registros Bypass, Instruction, Boundary-scan y un controlador. El registro Bscan (BSR) está formado por células transparentes que se encuentran entre los terminales y el núcleo. Además se han añadido varios terminales adicionales: TDI (Entrada de Datos de Testeo), TDO (Salida de Datos de Testeo), TCK (Reloj de Testeo), TMS (Selector de Modo de Testeo) y opcionalmente TRST (Reset de Testeo), ver **figura 3**.

Síncronizadamente con el reloj de TCK, se pueden enviar bits hacia dentro a través de TDI y hacia fuera a través de TDO. La ruta que toman estos bits se determina enviando un comando específico al controlador a través de TMS. Así existen comandos para colocar los registros Bypass, Instruction, o BSR en el camino de TDI→TDO. Los terminales TDI, TDO, TMS, TCK y TRST forman juntos el Test Access Port (TAP), para muchos más conocido como el interfaz JTAG. Una gran cantidad de componentes disponen ya de este interfaz JTAG y es apto por defecto para el uso de Bscan.

¿Cómo funciona Boundary-scan?

Colocando el BSR en el camino de TDI→TDO puedes enviar cualquier patrón de bits hacia dentro a las células Bscan a través del terminal TDI. Los datos se colocan en los terminales mediante un "Update". De forma inversa los datos de los terminales pasan al BSR mediante un "Capture". Después se puede enviar el contenido del BSR hacia fuera a través de TDO. Las dos acciones de "drive" y "sense" se utilizan para probar las conexiones entre los componentes.

Ejemplo 1

Conectando el TDO de un integrado Bscan al TDI de otro, se forma una cadena Bscan. Para obtener una sincronización correcta, las señales TCK y TMS del TAP se conectan directamente a cada integrado por separado (figura 4). En principio se pueden incluir una cantidad interminable de componentes en la cadena. Por razones prácticas se limita generalmente dicha cantidad a unos 10 componentes Bscan.

En la figura 4 partimos de una cadena con 2 componentes Bscan, un μ C y un FPGA. Esta cadena consta de las células Bscan de IC1 más las células Bscan de IC2. Según el esquema, IC1 e IC2 están unidos a través de las conexiones Net_1...Net_5. El ejercicio consiste ahora en la verificación de que esto también ocurra en la placa. En otras palabras: Tenemos que comprobar que los terminales de IC1 e IC2 estén soldados correctamente y que no haya ninguna desconexión o cortocircuito.

Detrás de cada terminal conectado con Net_1...Net_5 hay una célula Bscan correspondiente. Estas células se utilizan para la prueba de conexión. El primer paso es la colocación de la cadena combinada en el camino TDI TDO. Después se envía un vector al BSR a través de TDI, de tal manera que las células Bscan de IC1 correspondientes a Net_1...Net_5 contengan unos lógicos. Ojo, durante el desplazamiento el estado de los terminales no cambia nada. Los datos de las células Bscan se colocan en los terminales justo en el momento del "Update". Entonces el vector "11111" se encuentra en Net_1...Net_5 (figura 5).

A continuación el vector que se encuentra en Net_1...Net_5 pasa mediante un "Capture" a las células Bscan correspondientes de IC2 (figura 6).

Después de leer el vector se envía hacia fuera el contenido completo del BSR. El vector leído se compara mediante software con el vector esperado. Este último tiene que ser "11111", en cambio el vector leído resulta ser "11011". El bit leído de Net_3 es un "0", mientras se esperaba un "1". Esto indica que hay un problema con Net_3. Utilizando varios vectores de prueba inteligentes se puede diagnosticar que

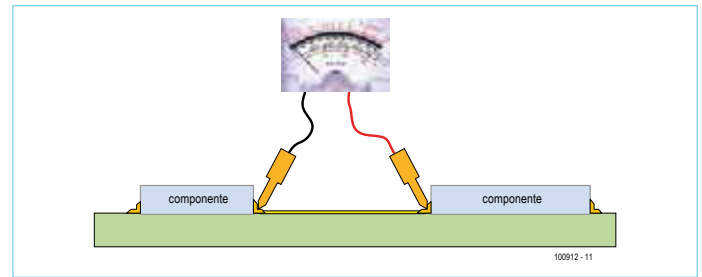


Figura 1. El método más sencillo para verificar que todos los componentes están correctamente interconectados es la realización de una prueba de continuidad con un polímetro.

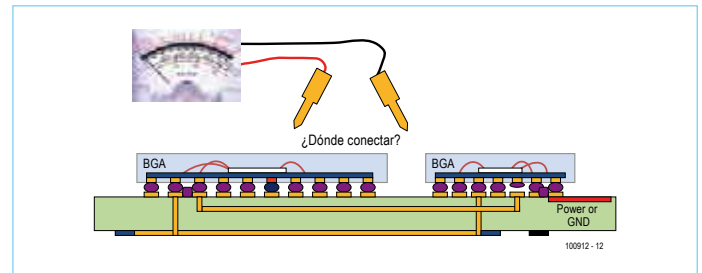


Figura 2. En una placa multicapa con pequeñas distancias entre pistas o componentes BGA, no hay sitio para sondas de prueba.

hay una desconexión debajo del terminal de IC2. De esta manera se localizan rápidamente desconexiones, cortocircuitos de redes entre sí y cortocircuitos con Vcc o Gnd. En el ejemplo se parte de tan sólo 5 conexiones, pero en la práctica se pueden probar de esta forma fácilmente desde algunas decenas hasta cientos de conexiones.

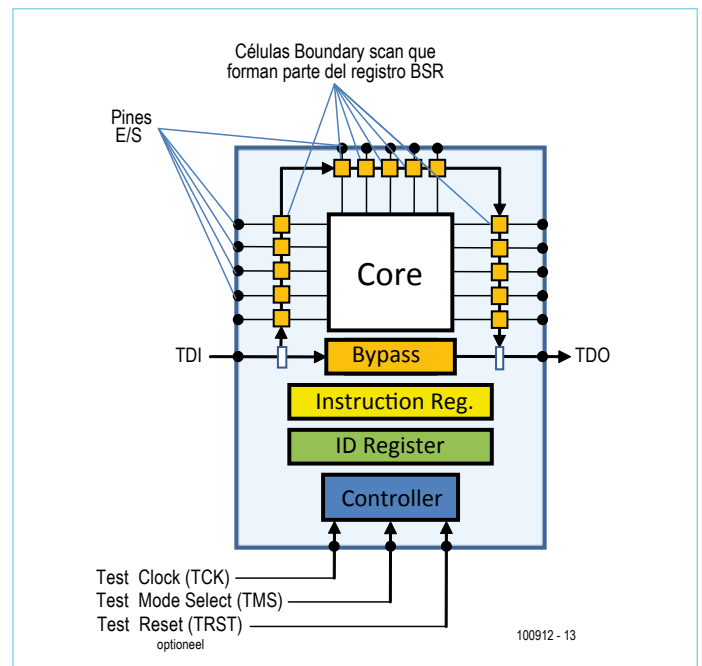


Figura 3. En un integrado Bscan se ha integrado hardware adicional. Este consta de los registros Bypass, Instruction, Boundary scan y un controlador, entre otras cosas.

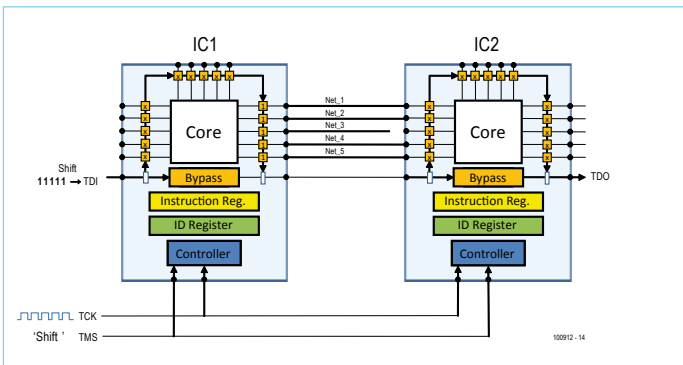


Figura 4. Aquí se han interconectado dos componentes Bscan, un μ C y un FPGA.

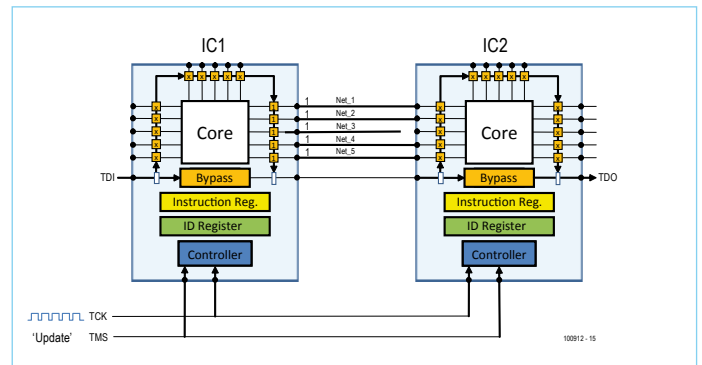


Figura 5. En las conexiones Net_1...Net_5 se coloca el vector "11111".

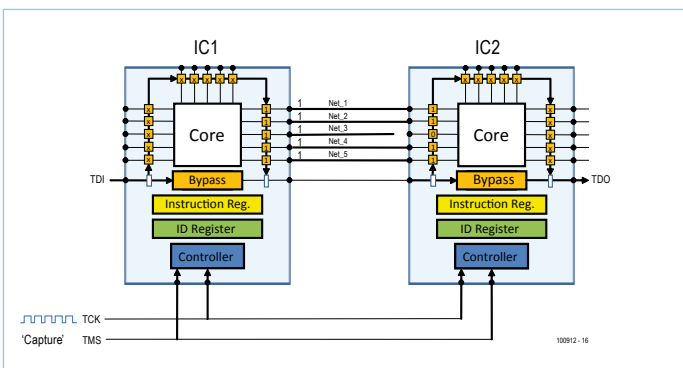


Figura 6. El vector que se encuentra en Net_1...Net_5 en las células Bscan correspondientes de IC2 se lee mediante un "Capture".

En este ejemplo se ha explicado cómo se prueban las conexiones entre los componentes Bscan. En este contexto es importante señalar que este método funciona con componentes que cumplen el estándar IEEE 119.1 Boundary scan (Bscan compliant).

Una placa cualquiera también contiene, además de uno o varios integrados Bscan compliant, gran cantidad de componentes variados como son las resistencias, memorias, flash, E/S, conectores, etc. También ahí se puede utilizar Bscan.

Ejemplo 2

En la figura 7 se parte de una placa con un μ C, FPGA, RAM, memoria flash y E/S. Sólo el μ C y el FPGA son Bscan compliant. Para mayor claridad la cadena Bscan se ha representado en estos componentes mediante una línea gruesa. La cadena Bscan tiene acceso directo a los terminales E/S del μ C y del FPGA y con eso al bus que contiene las líneas de direccionamiento, datos y control. Así que a través del interfaz JTAG se obtiene un acceso directo a los terminales de, por ejemplo, la memoria RAM.

A través del interfaz JTAG, se envían patrones especiales de datos al BSR para verificar que la memoria RAM esté correctamente conectada. Estos patrones están compuestos de bits de direccionamiento, datos y control. Los datos se pueden escribir en la RAM y volver a leerlos mediante la elección correcta de patrones de datos. En función de los resultados, se puede determinar si un terminal de la memoria no está correctamente conectado o qué terminal es. También es posible programar una memoria flash de manera parecida. Los datos a programar en el flash se integran en los patrones que se envían al BSR.

Para las pruebas de E/S y conectores se utiliza un módulo Bscan externo con una gran cantidad de terminales E/S. Estos terminales se conectan a los conectores de la placa. El BSR del módulo se coloca en serie con la cadena en la placa (figura 8). De esta manera el Bscan tiene acceso completo a los conectores y al bloque E/S de la placa, y pueden ser incluidos en la prueba.

Después de que se haya comprobado la placa de posibles fallos de producción, se carga el software en el flash interno del μ C y se configura el FPGA a través del interfaz JTAG.

Conclusión

El Boundary scan sirve perfectamente para la comprobación y programación in situ de placas digitales. También se puede utilizar Bscan en combinación con componentes no Bscan. Como en muchos diseños se utilizan ya μ C y CPLD/FPGA Bscan compliant, se reduce enormemente la cantidad de almohadillas de prueba. Debido a esto, son innecesarios los adaptadores de prueba caros o pueden simplificarse muchísimo. Gracias a un buen diagnóstico se puede localizar un problema rápidamente. Muchos diseñadores y compañías de producción reconocen estas ventajas y utilizan ya Bscan con mucho éxito.

(100912)

Enlaces Web

www.jtag.com

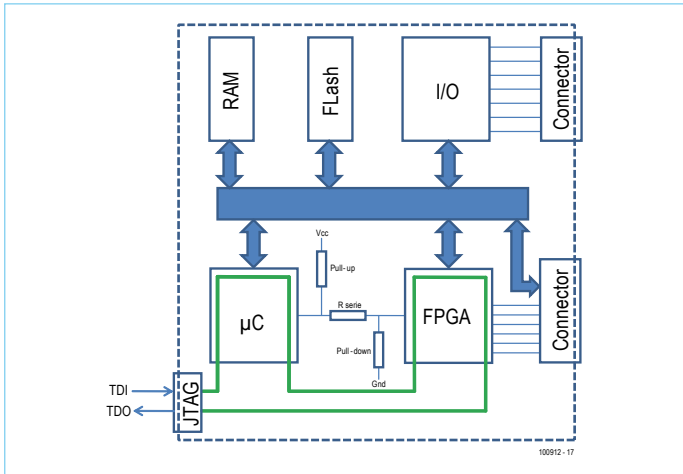


Figura 7. Aquí partimos de una placa con un µC, FPGA, RAM, memoria flash y E/S. Sólo el µC y el FPGA son Bscan compliant.

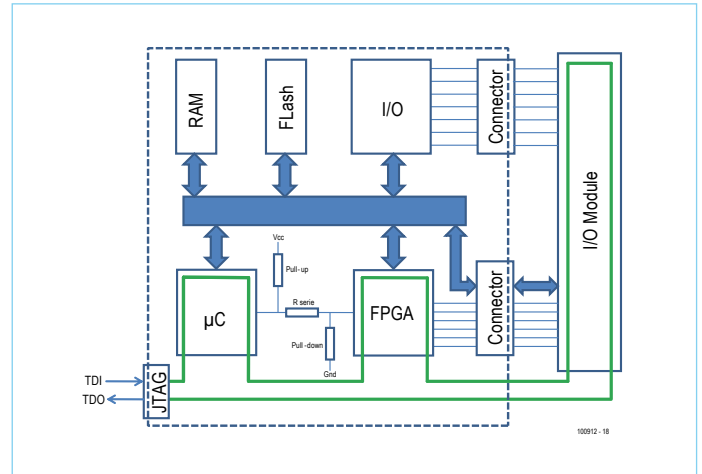


Figura 8. Aquí se utiliza un módulo Bscan externo con una gran cantidad de terminales E/S para las pruebas de E/S y los conectores. Estos terminales se conectan a los conectores de la placa.

Publicidad

Conjunto dsPIC/PIC24

Ventajosa solución hardware/software para el desarrollo rápido de proyectos



Esta solución es perfecta para todo aquel que desee desarrollar sistemas basados en los potentes productos de Microchip con núcleo 16 bits que pueden domesticarse fácilmente usando Flowcode. El paquete se suministra con un dispositivo dsPIC30F2011 y es totalmente compatible con toda la gama de placas y accesorios E-block. Las hojas de características de cada elemento individual están disponibles separadamente.

Contenidos:

- Flowcode 4 para dsPIC/PIC24 (Version Profesional)
- Multiprogramador USB para microcontroladores dsPIC/PIC24
- Tarjeta LCD
- Tarjeta LED
- Tarjeta de pulsadores
- Fuente de alimentación
- Cable USB

Precio del Conjunto:
Solo 386,75 €

¡15% de DESCUENTO
respecto a la suma de los
elementos individuales!

Pídelo ahora en: www.elektor.es/conjunto-dspic



Medir la temperatura a distancia

¿Está muy caliente ese disipador? ¿lo habré dimensionado bien? Con la ayuda de un termómetro IR puedes medir rápidamente y a una (cierta) distancia, la temperatura de todo tipo de objetos. Este tipo de termómetros ya se pueden adquirir por varias decenas de euros. ¿Dónde hay que prestar atención a la hora de comprar un medidor así y cómo hay que utilizarlo? Este artículo te orienta y te muestra además una selección de medidores por debajo de 200 euros.

Harry Baggen (redacción NL)

A primera vista, un termómetro IR parece un instrumento útil de medición, con el que se puede determinar a distancia y con precisión la temperatura de objetos en un amplio alcance. Y como actualmente estos aparatos ya se pueden adquirir por poco dinero, muchos lo compran sin pensar en la importancia de las distintas características y de la manera en que hay que utilizar un termómetro como este. La adquisición se hace, en ese caso, de la misma manera que con muchos otros aparatos de consumo: Pulsa algún botón y mira lo que pasa. Sólo se echa un vistazo al manual y se lee si es imprescindible, pero generalmente no por voluntad propia.

Afortunadamente, esto último no ocurre con los electrónicos. Muchos lectores conocen muy bien el lema «medir es saber» y en caso de los instrumentos de medición, la mayoría quiere saber también dónde se tienen que fijar en las mediciones.

Los termómetros IR pueden ser muy útiles, pero sólo si se utilizan de forma correcta y si las especificaciones técnicas cumplen el objetivo que tienes pensado. ¿Y si simplemente quieres medir distintas cosas, sin que éstas tengan que ser muy precisas? ¿O quieres medir con mucha precisión la temperatura de una pequeña superficie a un metro de distancia? Para eso se necesitan dos medidores completamente diferentes. Antes de adquirir dicho aparato, lee primero este artículo.

Calor irradiado

Todos los objetos irradian energía infrarroja. Cuánto más caliente esté el objeto, más rápidamente se mueven las moléculas dentro de él y a causa de esto emiten más energía infrarroja. El espectro de esta irradiación se encuentra entre 0,5 y 100 μm aproximadamente. La temperatura es la que determina la longitud de onda; cuánto más caliente esté un objeto, más corta será la longitud de onda de la luz IR irradiada. Esto se ha reflejado en la **figura 1** con varias temperaturas. Significa que un termómetro IR debe reconocer un espectro determinado en el área IR para poder medir con precisión en una zona amplia de temperatura. Además, hay que tener en cuenta

que sólo un cuerpo negro irradia su calor al 100%. En otros objetos no sólo la temperatura del objeto determinará la irradiación sino que también dependerá de las características del material y de la reflexión de la superficie. A esto se llama emisividad o coeficiente de emisión del material. Esto puede influir intensamente en la precisión de la medición de la temperatura IR. Puedes encontrar más información sobre esto en el recuadro.

Características

¿En qué características tenemos que fijarnos a la hora de adquirir un termómetro IR? Primero el precio juega un papel muy importante. En aplicaciones profesionales se necesitará antes un medidor fiable y calibrado que en aplicaciones de uso doméstico. El precio se determina principalmente por dos factores: el alcance de la temperatura que puede cubrir el medidor y el ángulo de la medición del medidor IR. Un alcance muy elevado de la temperatura requiere otros requisitos del sensor IR. La mayoría de los medidores baratos llegan sin ningún problema a unos 200 ó 300 grados. Actualmente tampoco hace falta desembolsar mucho dinero para llegar a 500...1000 °C, ya existen algunos ejemplares de unos 100 euros que pueden alcanzar los 1000 °C (si podemos fiarnos de las especificaciones del fabricante). La mayor parte del dinero está en la óptica, un medidor con un ángulo de medición pequeño es mucho más caro. La necesidad de un ángulo de medición tan pequeño depende mucho del uso que le des. Te lo recomendamos en mediciones de componentes electrónicos (disipadores pequeños y cosas similares): cuánto más pequeño sea el ángulo de medición, mejor. Ese ángulo de medición se expresa en forma de proporción. Así un valor visto muy frecuentemente es 10:1. Esto significa que el diámetro del campo de medición es 1/10 de la distancia de medición (ver **figura 2**). Por lo tanto, a una distancia de 10 cm tienes un área de medición de 1 cm, pero a 1 m de distancia el tamaño del área de medición ya es 10 cm. La estimación errónea del tamaño del área durante una prueba es uno de los fallos más frecuentes en una



Trabajar con termómetros IR: Guía y prueba práctica

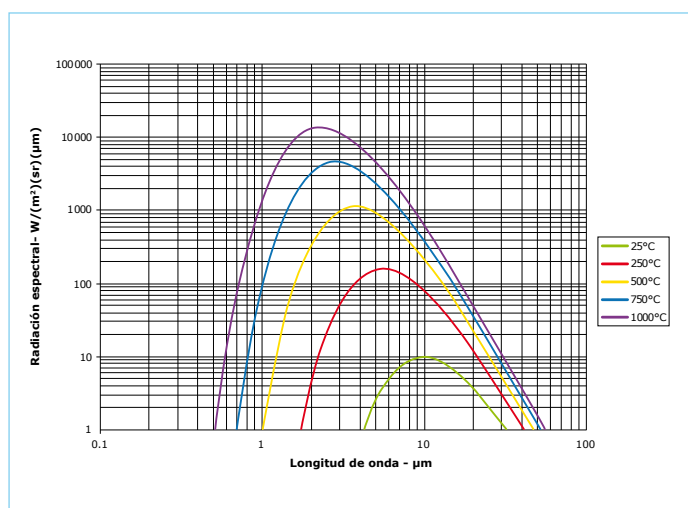


Figura 1. La luz IR irradiada de un cuerpo negro a diferentes temperaturas
(fuente: Scitec Instruments).

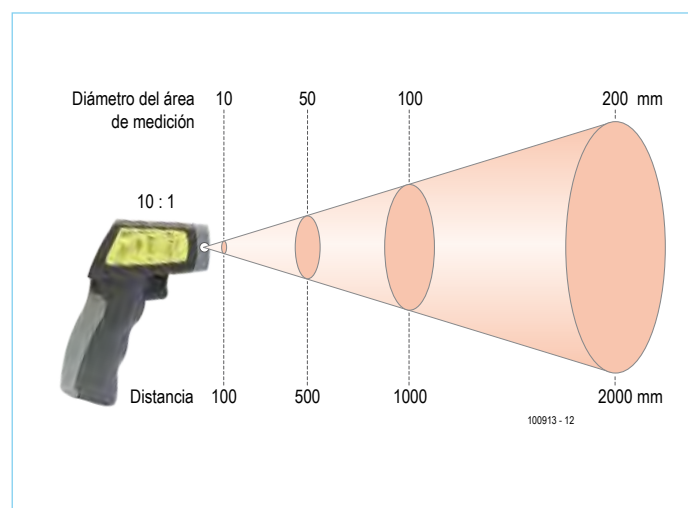


Figura 2. El ángulo de apertura de un termómetro IR se expresa como la relación entre la distancia y el diámetro de la superficie a medir.

medición IR. El termómetro IR sólo muestra la temperatura correcta si el área queda completamente dentro de la superficie a medir (**figura 3**). Y normalmente sucede así que el tamaño del área sólo determina un 90% de la energía medida. ¡De modo que hay que aproximarse al máximo al objeto a medir para obtener una medición lo más precisa posible! Como regla de tres para obtener una medición muy precisa, debes asegurarte de que la superficie a medir sea por lo menos dos veces mayor que el área de medición.

Además son muy importantes las características del material medido para obtener precisión en el resultado de la medición. La reflexión del material se indica con la emisividad anteriormente mencionada. Los medidores IR básicos están calibrados a un valor fijo de 0.95. Esto es apto para una gran cantidad de materiales como son la madera, el plástico, el caucho, la piedra, el agua, el hormigón y la cerámica. Pero en caso de muchos metales dicha emisividad es mucho más baja, especialmente si tienen una superficie brillante. ¡Esto puede dar lugar

Para la elaboración de este artículo han puesto productos a nuestra disposición los siguientes suministradores/fabricantes:

Amprobe (www.amprobe.eu)

BASETech: Conrad (www.conrad.com)

BK Precision (www.bkprecision.com)

Black & Decker (www.blackanddecker.com)

ELV (www.elv.de)

Extech (www.extech.com)

Fluke (www.fluke.com)

HT Italia (www.htitalia.it)

Optris GmbH (www.optris.com)

Peaktech (www.peaktech.de)

Testo (www.testo.com)

Uni-Trend (www.uni-trend.com)

Velleman (www.velleman.eu)

Voltcraft: Conrad (www.conrad.com)

TERMÓMETROS IR

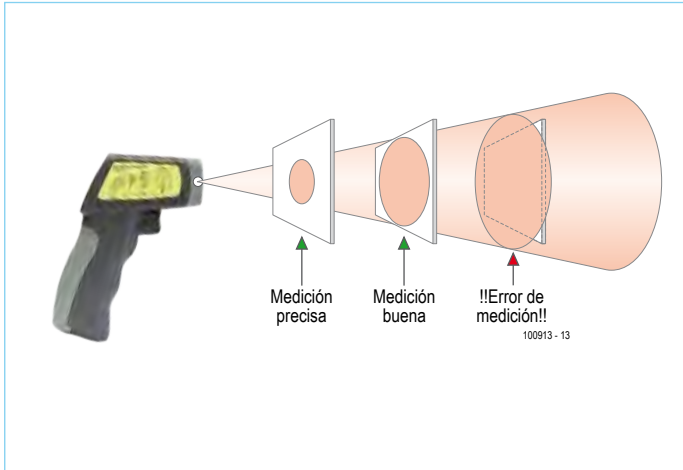


Figura 3. Asegúrate de estar próximo al objeto a medir, de modo que el área de medición quede completamente dentro de la superficie a medir.



Figura 4. Como referencia de esta prueba hemos utilizado este Fluke 572, con un ángulo de apertura de 50:1.

a un error de medición de hasta un 50%! Puedes olvidarte de hacer una medición sobre un disipador de aluminio con acabado metálico si no puedes ajustar la emisividad del medidor IR.

Para comprobar esto último en la práctica, lijamos el lado de un disipador anodizado de color negro hasta que aparezca el color metálico, lo calentamos y medimos la temperatura a ambos lados. En el lado de color negro medimos 65 °C y tan sólo 40 °C en el lado lijado. ¡Para obtener una indicación correcta en el lado lijado, tuvimos que bajar la emisividad hasta unos 0,15 °C!

Métodos para medir de forma más precisa

Hay tres métodos para obtener un resultado de medición más preciso con materiales de los que se desconocen la emisividad o cuando se desvía demasiado del valor estándar de 0,95°C:

- Provee a la superficie a medir de una cinta adhesiva fina de color negro mate, esto hace que se acerque a los 0,95°C. Por supuesto que esto sólo funciona a temperaturas que puedan soportar la

cinta adhesiva. Algunos fabricantes de medidores IR ofrecen una cinta adhesiva especial para este fin.

- Pinta la superficie a medir con pintura de color negro mate. La pintura de radiadores soporta una temperatura de hasta unos 80 °C, para temperaturas más elevadas (hasta 600 °C) puedes utilizar una pintura especial resistente al calor.
- Taladra un agujero en el objeto a medir con una profundidad de por lo menos cinco veces el diámetro. Mide con el termómetro dentro del agujero (el diámetro del agujero > el diámetro del área de medición). Para materiales con una emisividad de más de 0,5 se crea así un cuerpo negro casi perfecto. Por desgracia, este es también el método más destructivo.

Si es posible ajustar la emisividad del medidor (indicada en la tabla de resumen), entonces queda la pregunta de cuál es el valor correcto del material a medir. En el manual del medidor puedes encontrar casi siempre una tabla con los valores de un montón de materiales (los de

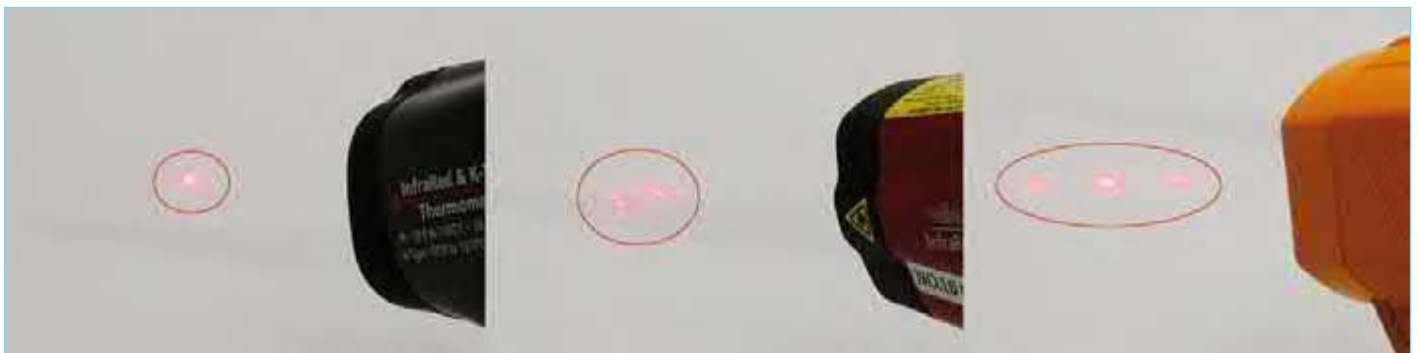


Figura 5. Algunos termómetros IR están equipados con un único láser, otros con dos y algunos incluso con tres.



los distintos materiales que se usan frecuentemente en electrónica se pueden encontrar en la tabla del recuadro). Esto ya nos ofrece un poco de apoyo, pero todavía no se está seguro del valor. La mejor forma de saber el valor exacto de la emisividad de un material determinado es utilizando un sensor de temperatura de contacto preciso. El valor medido por este sensor, se compara con lo que muestra el termómetro IR en su display. Entonces se ajusta el valor de emisividad de tal forma que el termómetro IR muestre el mismo valor.

Desde barato hasta asequible

Para ver lo útiles que son los termómetros con diferentes objetivos, hemos probado en el laboratorio de Elektor distintos tipos y marcas en diferentes circunstancias, que varían en la escala de precios hasta unos 200 euros. Hemos optado conscientemente por un gran ancho de banda; de tal modo que el ejemplar más barato de este grupo cuesta 23 euros y el más caro 175 euros. Por cierto, es curioso cuántos tipos diferentes de termómetros IR se ofrecen, parece como si fueran igual de imprescindibles que un polímetro.

Como la mayoría de termómetros IR se parecen mucho a nivel de apariencia, manejo y posibilidades, no les vamos a describir por separado. Se han resumido las características más importantes en una tabla como son: El ángulo de apertura, el alcance de la temperatura y el ajuste de la emisividad. Fluke puso a nuestra disposición un tipo 572, un ejemplar de unos 700 euros (IVA excluido) y un ángulo de apertura de 60:1 (**figura 4**) para utilizarlo como punto de referencia. Próximamente presentaremos también una prueba comparativa entre un termómetro IR y una cámara infrarroja, ya no estaba a tiempo para ser incluida en este artículo.

Las diferencias

¿Dónde están las mayores diferencias? Como hemos dicho anteriormente, estas están en el alcance, el ángulo de apertura y las opciones de ajuste. Para la mayoría de las aplicaciones caseras y electrónicas será suficiente un alcance de un par de cientos de grados, algo que casi todos los modelos probados cumplen. El ángulo de apertura difiere mucho. Así, los tipos más baratos tienen un ángulo

Publicidad

DVD-ROM Elektor 2010

➔ Todos los artículos del año 2010

El DVD Elektor 2010 contiene todos los artículos publicados durante el año 2010 en las ediciones en español, inglés, francés, holandés y alemán de la revista Elektor en formato PDF. Los artículos conservan el formato original con el que aparecieron publicados en la revista y se visualizan con Adobe Reader. El DVD incluye un motor de búsqueda exhaustiva para localizar palabras clave en cualquier artículo.

elektor

Nuevo



Incluye artículos
en español

ISBN 978-90-5381-267-9 • 27,50 €

Elektor International Media Spain, S.L.
Apartado de Correos 62011
28042 Madrid • España
Tel.: +34 91 101 93 95
Fax: +34 91 101 93 96

Más información y pedidos en www.elektor.es/tienda



Figura 6. Algunos aparatos se suministran con un termopar, con el que se puede realizar una prueba de temperatura de contacto para luego ajustar la emisividad de la prueba IR.

de apertura de 1:1, con esto no se puede medir de forma precisa y prácticamente tienes que tocar el aparato con el objeto a medir. Por un poco más de dinero obtienes un termómetro con un ángulo de apertura de 8:1 ó 10:1, y esto empieza ya a ser otra cosa. Pero si quieres medir algo en un disipador o en una caja, habrá que optar por un medidor con una óptica a partir de 20:1 ó 30:1. Otro punto importante es la posibilidad de ajustar manualmente el coeficiente de emisión. Especialmente durante la medición de objetos metálicos, como es un disipador de aluminio con acabado metálico, habrá que ajustar mucho el coeficiente para obtener un valor de medición correcto. Claro que esta opción de ajuste está sólo disponible en medidores más caros. Por supuesto que todo esto es muy relativo, al fin y al cabo aquí se trata de los medidores más baratos. Los modelos profesionales llegarán a costar más de 200 euros, pero para eso recibirás un aparato oficialmente calibrado con una precisión garantizada a más largo plazo. Habría que ver esto de los medidores «sin marca» (o dicho mejor: con nombres fantásticos)... Todos los medidores aquí vistos, excepto dos, vienen equipados con un rayo luminoso, generalmente en forma de láser (en la **figura 5** se puede ver los tipos diferentes). Black & Decker es el único equipado con un rayo LED que cambia de color dependiendo de la temperatura medida. Algunos medidores vienen equipados con dos rayos láser que indican el tamaño del área de medición, muy útil y que disminuye los errores de medición considerablemente. Pero ten en cuenta que ésta indicación no siempre es correcta a distancias cortas, porque los rayos láser se cruzan entre sí a una distancia de 10...15 cm. También ahí habrá que medir «con buen criterio». Como comparación: el Fluke 572 profesional que hemos utilizado aquí de referencia, dispone de tres rayos láser con los que puedes indicar el centro y el tamaño del área de medición.

Son muy útiles los termómetros IR a los que se pueden conectar un termopar del tipo K, de modo que se pueda comparar la medición de contacto con la medición IR y así ajustar con precisión la emisividad (**figura 6**). Esto se puede hacer, por ejemplo, con el HT3301, que además dispone de una memoria de valores de medición de 20 pruebas. La mayoría de los aparatos tienen también varias opciones adicionales, como es una memoria para la temperatura mínima y máxima medida o una alarma de un valor umbral ajustable. Todo esto se menciona en la tabla de resumen.

Los tipos raros

Dentro de este grupo hay algunos que se sienten como gallina en corral ajeno. El primero es el Peaktech 5090. Este aparato tiene un aspecto físico muy diferente del de los otros medidores (se parece más a un polímetro) y dispone además de una doble función de medición: la temperatura y la humedad. Ambas se muestran en un display muy grande al mismo tiempo. El sensor de la humedad se encuentra en una sonda aparte conectada al medidor mediante un cable en forma de rulo. Después de conectar el aparato, el termómetro estará continuamente activado a diferencia del resto de aparatos, al principio cuesta un poco acostumbrarse a eso. El puntero láser se puede conectar con un botón aparte. Y como ahora hemos dejado caer la palabra polímetro: El Extech EX-470 es una combinación de un polímetro estándar y un termómetro IR/tipo K. La función de medición IR ofrece ciertamente pocas opciones de ajuste, pero puede ser una solución práctica para un electrónico que está buscando un aparato todo-en-uno. El polímetro ofrece incluso una medición de verdadero valor eficaz y dispone de la opción de medir capacidad y frecuencia.

También hemos incluido en el resumen un termómetro IR de Black & Decker para mostrar lo que se puede encontrar en el mercado en este ámbito. Este aparato se puede adquirir fácilmente en un centro de bricolaje. Realmente está dirigido a la búsqueda de fugas de calor en casa, pero también lo puedes utilizar para otras mediciones de temperatura. El tamaño del área de medición no le hace directamente útil para la medición de objetos pequeños, pero eso también es válido para muchos otros medidores de este resumen. Lo particular de este aparato es que puedes ajustar el alcance de la histéresis (en tres pasos), para que después el color del área de medición cambie si la temperatura medida queda fuera del alcance (en comparación con el valor inicial medido). El área del LED es ciertamente más pequeña que el área de medición y no es muy visible a mayor distancia, pero el cambio de color es muy práctico para las aplicaciones iniciales.

Experiencias prácticas

Para probar los medidores en la práctica hemos hechos varias mediciones a diferentes cajas y disipadores. De ahí resultó que todos los medidores tienen una precisión elevada, tan sólo se desvían algunos grados de nuestro medidor de referencia el Fluke 572. Ten en cuenta en tus mediciones que las desviaciones a temperaturas más bajas (temperatura ambiente) son relativamente grandes, ahí una desviación de 2 °C se nota mucho más que a temperaturas altas. Además hemos utilizado una placa eléctrica para la verificación del tamaño del área de medición y la precisión del láser. A lo mejor, esto

Tabla 1. Características técnicas más importantes.

						
Tipo	Amprobe IR608A	BASETech MINI 1	BK Precision 635	Black&Decker TLD100	ELV 8835	ELV VA 6520
Alcance de la temperatura	-18...400 °C	-33...220 °C	-20...550 °C	-30...150 °C	-50...1050 °C	-50...500 °C
Ángulo de medición	8:1	1:1	10:1	6:1	30:1	8:1
Emisividad	0,95 fijo	0,95 ajustable	Ajustable	0,95 fijo	Ajustable	0,95 fijo
Láser	1	-	1	LED	1	1
Alcance IR	7...18 μm	-	6...14 μm	-	8...14 μm	8...14 μm
Tiempo reacción	0,5 s	1 s	1 s	-	1 s	0,5 s
Alarma Max-Min High/Low	-/-	-/-	X/X	-/-	X/X	X/-
Extras					Bolsa, sensor temp. Tipo K, memoria de 20 mediciones	Bolsa
Precio	94 € (ex)	23 €	1556 € (ex)	55 €	100 €	62 €

						
Tipo	Extech EX470	Fluke 62	HT3301	Optris MS LT	Peaktech 4975	Peaktech 5090
Alcance de la temperatura	-50...270 °C	-30...500 °C	-50...1050 °C	-32...420 °C	-50...550 °C	-50...500 °C
Ángulo de medición	8:1	10:1	30:1	20:1	12:1	8:1
Emisividad	0,95 fijo	0,95 fijo	Ajustable	0,95 fijo	Ajustable	0,95 fijo
Láser	1	1	1	1	2	1
Alcance IR	-	-	8...14 μm	8...14 μm	8...14 μm	6...14 μm
Tiempo reacción	-	0,5 s	1 s	0,3 s	0,15 s	0,4 s
Alarma Max-Min High/Low	-/-	X/-	X/X	X/-	X/X	X/-
Extras	Funciones de polímetro, sensor temp. Tipo K		Maletín, sensor temp. tipo K, memoria de 20 mediciones		Bolsa	Bolsa, medidor de humedad incorporado
Precio	145 €	125 €	148 € (ex)	89 €	63 €	84 €

						
Tipo	Testo 830 T1	Uni-Trend UT 300B	Velleman DVM105	Velleman DVM8861	Voltcraft IR260-8S	Voltcraft IR800-20D
Alcance de la temperatura	-30...400 °C	-18...380 °C	-33...220 °C	-50...550 °C	-30...260 °C	-50...800 °C
Ángulo de medición	10:1	10:1	1:1	12:1	8:1	20:1
Emisividad	Ajustable	0,95 fijo	Ajustable	Ajustable	0,95 fijo	Ajustable
Láser	1	1	-	2	1	2
Alcance IR	-	-	5...14 μm	8...14 μm	-	8...14 μm
Tiempo reacción	0,5 s	0,5 s	1 s	0,15 s	-	0,15 s
Alarma Max-Min High/Low	-/X	X/-	X/-	X/X	X/-	X/X
Extras			Cajita	Bolsa		Bolsa
Precio	121 €	29 €	40 €	85 €	30 €	96 €

TERMÓMETROS IR



no suena muy profesional, pero en la práctica resultó ser muy efectivo. En algunos medidores tuvimos la impresión de que el láser incorporado (o el sensor IR) no estaba bien centrado. Es importante que el láser indique exactamente el centro del área de medición especialmente con medidores con un ángulo de apertura pequeño. Este no resultó ser el caso en algunos medidores, donde el láser se desviaba muchas veces varios grados. A veces bastaba con dar un par de golpecitos en el medidor para desplazar espontáneamente el láser un par de grados. El peor fue el Voltcraft IR800-20D con doble láser. El tamaño del área de medición cuadraba muy bien, pero los láseres apuntaban claramente demasiado hacia la derecha y se quedaban más o menos a la mitad del área de medición real. Los láseres doble del Peaktech 4975 y el Velleman DVM8861, que vienen de las mismas fábricas, no tuvieron estos problemas. Por eso partimos de la idea de que es un fallo del propio ejemplar. No obstante es preciso utilizar el área láser con cierta reserva y observar preferiblemente una superficie adicional alrededor del área de medición para asegurarse de que estás midiendo correctamente. En nuestra referencia Fluke las tres áreas láser estuvieron perfectamente configuradas, a pesar del pequeño ángulo de medición de 60:1 (no hubiéramos esperado otra cosa). Luego hay que tener en cuenta el error de paralaje que surge a distancias cortas.

¿Elección difícil?

Un termómetro IR puede ser un instrumento muy práctico si se utiliza de forma correcta. Todavía no hemos dicho nada en este artículo sobre la precisión; casi todos los aparatos están alrededor del $\pm 2\%$. Esta es una cantidad insignificante en comparación con los otros errores de medición que pueden surgir en una prueba IR.

Para hacer pruebas a objetos más pequeños, son importantes un área pequeña de medición (preferiblemente 20:1 ó mejor) y la posibilidad de ajustar la emisividad, especialmente en el área de la electrónica. Eso lo cumplen el ELV 8835, el HT3301 y el Voltcraft IR800-20D. Nosotros hemos hecho aquí una selección cualquiera de entre la gran oferta, pero casi todas las marcas ofrecen un ejemplar apto. Claro está que a partir de 100 euros puedes adquirir un medidor que cumple con todos estos requisitos.

Para la prueba de objetos más grandes (disipadores) puede servir perfectamente un medidor con una óptica de 8:1 ó 10:1 (un área de medición de 1 cm a una distancia de 10 cm), pero debes acordarte de medir cerca. Especialmente en pruebas con circuitos electrónicos los medidores con un valor de emisividad fijo de 0,95 darán resultados poco útiles.

Llama la atención que muchos aparatos salgan de las mismas fábricas de China, lo mismo ocurre con los polímetros, la única diferencia es el color y lo que hay impreso en la caja. Habrá que mirar bien la apariencia si comparas termómetros de marcas diferentes.

Estuvimos encantados con dos mini medidores de este resumen, el BASETech Mini 1 y el Velleman DVM105. Estas son esas cositas que te gustaría tener a mano para poder medir algo rápidamente. Ciertamente no podemos hablar de una óptica (1:1 mediante un tubito delante del sensor), pero fíjate que en el de Velleman todavía puedes ajustar la emisividad.

(100913)

Queremos agradecer a Fluke Nederland por poner a nuestra disposición el termómetro IR tipo 572 utilizado como referencia en esta prueba.

Emisividad

La emisividad o coeficiente de emisión indica en qué medida un objeto irradia una radiación de calor infrarrojo que se determina por su propia temperatura. Un valor de 1 significa que la radiación infrarroja del objeto está basada únicamente en su propia temperatura. Un valor menor que 1 indica que la irradiación no sólo depende de su propia temperatura sino que también está influida por otros objetos que se encuentran a su alrededor, o por la transmisión del calor. Un sencillo termómetro IR tiene por lo general un coeficiente de emisión fijo de 0,95. En caso de que un objeto bajo pruebas se desvíe de este valor, el resultado tendrá como consecuencia imprecisiones. Este valor se puede ajustar en los medidores IR más caros.

Aquí abajo mostramos la emisividad de varios materiales. Para eso hemos combinado las listas de varios fabricantes de termómetros IR. En metales, la emisividad está muy influida por el tratamiento que haya recibido el metal y el tratamiento de la superficie. En la elaboración de esta lista, nos llamó la atención que cada fabricante utiliza valores un poco diferentes. Por lo tanto, es muy difícil deducir el ajuste de la emisividad con la ayuda de la tabla suministrada con el aparato. Entonces, la medición a través de un sensor de contacto es la única manera de determinar el ajuste correcto.

Metal	Emisividad	No-metal	Emisividad
Aluminio metálico	0,02...0,4	Hormigón (grueso)	0,93...0,96
Oro	0,02...0,37	Cristal	0,76...0,94
Cobre	0,02...0,74	Madera	0,8...0,95
Plomo	0,06...0,63	Carbón	0,96
Latón	0,03...0,61	Piel humana	0,98
Níquel	0,05...0,46	Papel	0,7...0,95
Acero	0,07...0,85	Plástico	0,8...0,95
Estaño	0,04...0,08	Caucho	0,86...0,94
Plata	0,01...0,07	Agua	0,67...0,96
Zinc	0,02...0,28	Arena	0,76...0,9

ATM18, estamos bien con RS-485

Para el control de relés, tome la tercera salida...

Grégory Ester (Francia)

Si deseamos establecer una comunicación entre dos placas electrónicas a través de un enlace con hilos, sin elementos activos intermedios, sobre una distancia de más de 1 km, se impone una solución por sí misma: el enlace RS-422. Si ahora pensamos en tres placas que queremos conseguir que cohabiten, el enlace se transforma en un enlace multipunto, donde ya necesitamos un bus RS-485.

En nuestro caso, vamos a ir un poco más lejos, ya que se tratará de poner en funcionamiento un sistema electrónico que se comunique entre sí, en el que se va a hacer intervenir a cuatro módulos. Tres placas ATM18 deberán ser capaces de entenderse con el nuevo y pequeño módulo: MuIn LCD, un visualizador que es directamente compatible con el estándar RS-485.

Físicamente, los datos viajarán sólo sobre dos hilos y, por lo tanto, el modo de transmisión será semi-duplex: todo el mundo puede comunicarse, pero cada uno en su momento. La EIA (*Electronic Industries Association*, es decir, la *Asociación de Industrias de Electrónica*) y la TIA (*Telecommunications Industry Association*, es decir, la *Asociación de Industrias de telecomunicaciones*), nos imponen como conectar físicamente los elemen-

tos que se comunican, pero ninguna norma nos impone nada referente al protocolo de comunicaciones. Así pues, será sobre este par de hilos trenzados por el que circularán las informaciones, es decir, los caracteres. En cuanto al lenguaje que permita a todos los módulos entenderse, va a ser necesario inventarlo. Las páginas de laboratorio, que me han puesto con el agua al cuello, no han podido impedirme ponerme manos a la obra...

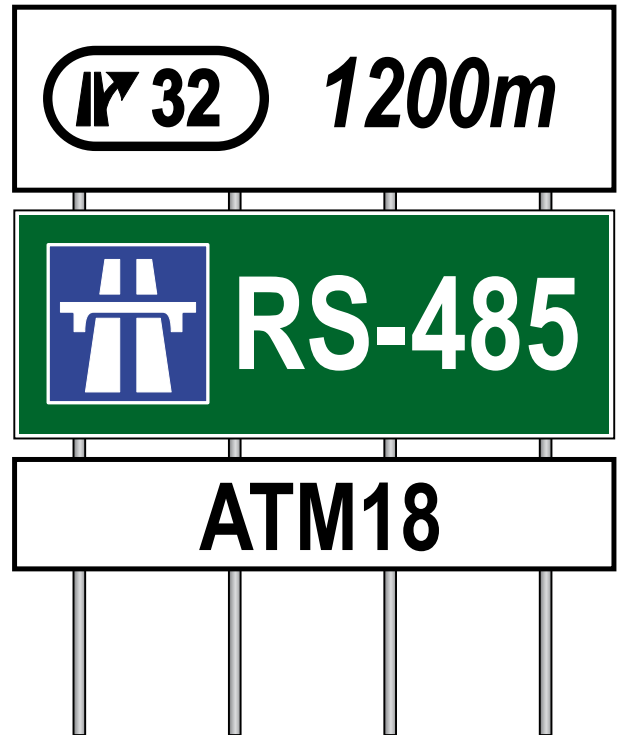
Los actores del proyecto

Con el fin de identificar fácilmente a lo largo de este artículo "quién es quién", vamos a mostrar aquí la convención alcanzada: las dos placas ATM18 equipadas con una pantalla LCD de dos hilos serán bautizadas como ATM01 y ATM02, la tercera placa, que estará

conectada al módulo de "ocho relés", será bautizada como ATM05. Ver también la **Figura 4**.

Así pues, la ATM05 está conectada a la placa de ocho relés y el puerto de ampliación [1] nos permite ahorrar líneas del puerto de nuestro ATM18, con el fin de controlar los relés con elegancia, utilizando tan sólo dos hilos, además de los de alimentación. En la serie "ahorremos líneas del puerto", este montaje ha sido objeto de un artículo en la edición de octubre de 2008 y el material está disponible en la tienda de Elektor bajo las referencias 071035-72 y 071035-95.

En cuanto al módulo MuIn LCD [2], es un módulo compuesto de un visualizador LCD clásico, con su "chipset" (es decir, "conjunto de circuitos integrados de control") HD44780



Productos y servicios de Elektor

- Placa "ocho relés": tienda electrónica, ref. 071035-72
- Placa Puerto de expansión: tienda electrónica, ref. 071035-95
- Placa del controlador ATM18: tienda electrónica, ref. 071035-91
- Placa soporte ATM18: tienda electrónica, ref. 071035-92
- Visualizador bifilar: tienda electrónica, ref. 071035-93
- Micro-código (descarga gratuita) sur www.elektor.es/110024

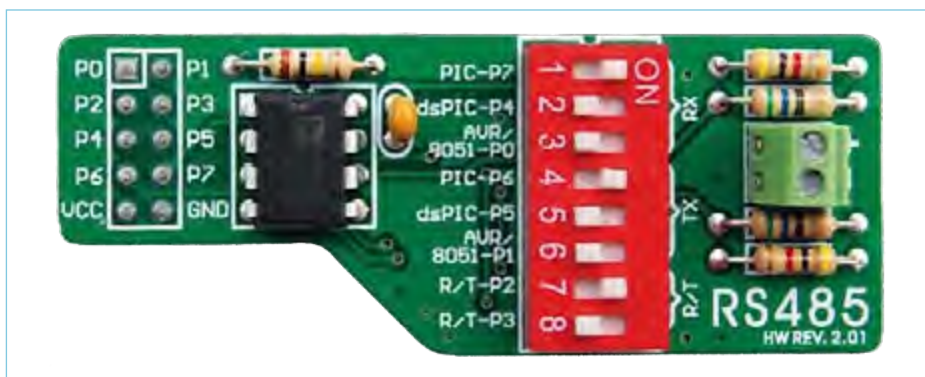


Figura 1. Adaptación de la señal a la línea.



Figura 2. Los pares de hilos que se escapan.

integrado y acoplado a una placa de control, directamente compatible con nuestro bus RS-485. Un poco más adelante le hemos dedicado un capítulo completo.

ATM01 podrá controlar a su antojo los relés 1 y 2 de la placa de relés de Elektor, mientras que ATM02 podrá actuar sobre el estado de los relés 3 y 4. Debemos señalar también la posibilidad de rebautizar, sin modificar el programa interno, las placas ATM01 y ATM02 como ATM03 y ATM04 para que puedan trabajar, respectivamente, sobre los relés 5 o 6; 7 u 8. Es Muln quien se encargará de señalar visualmente todos los eventos.

Así pues, todos estos protagonistas van a poder entenderse entre sí sobre el mismo bus EIA RS-485.

Com-prender el bus

Las placas ATMox no se comunican directamente entre ellas, ya que no disponen de un puerto compatible con el estándar RS-485. El envío de datos sobre el bus RS-485 se hace posible por un modelo de comunicación [3] que adapta la señal serie asimétrica (TTL) en una señal diferencial simétrica, según la norma RS-485. Esta conversión viene asegurada, principalmente, por el controlador de línea ADM485 de Analog

Devices. La **Figura 1** nos indica la posición de los micro-interruptores almacenada con el fin de disponer, en el lado del puerto serie, de tres líneas de datos: Rx, Tx y R/T, presentes en el conector HE10, respectivamente accesible en los pines 8, 7 y 3. Las salidas A y B, disponibles sobre los terminales con tornillos, proporcionan la señal diferencial adaptada para el enlace.

Las placas ATMox pueden ser al mismo tiempo, emisor y receptor, pero las emisiones no pueden hacerse al mismo tiempo, es decir, dos placas no pueden transmitir en el mismo momento. Es el principio mismo del enlace semi-duplex.

Físicamente, el bus está constituido por un par de hilos tranzados que limitan así los fenómenos de diafonía, es decir, ¡los conductores vecinos no tienen de qué preocuparse! Nosotros hemos utilizado un par de hilos (1-2) de un cable de red de categoría 5e SF/UTP (velocidad de datos hasta 1000 Mb/s, 200 veces más que el máximo posible utilizando el componente ADM485), recubierto y blindado, lo que nos protege de las perturbaciones electromagnéticas vecinas. Así pues, nos quedan tres pares disponibles para poder pasar otras informaciones. En este proyecto no los utilizaremos.

El acceso a los dos hilos del par en cuestión se hace muy fácilmente gracias a una placa de adaptación [4] que recibirá nuestro conector RJ45 para soldar. En la **Figura 2**, los dos hilos, naranja y amarillo, se corresponden, respectivamente, a las referencias A (+) y B (-) que son las líneas de transmisión diferenciales sobre las cuales se transportan las señales perfectamente complementarias, al menos en cuanto a su forma.

La diferencia de potencial entre el punto A y el punto B es positivo o negativo, con lo que estamos en presencia de, bien un 1L o bien un 0L. La tensión diferencial equilibrada de esta manera, limita la influencia nefasta de las fuentes de perturbación del entorno. La forma de las señales mencionadas previamente se puede ver en la **Figura 3**. Han sido obtenidas sin ningún tipo de retoque, gracias al analizador lógico Scanalogic-2-Pro [5], ¡una herramienta muy potente cuyas capacidades son inversamente proporcionales al precio de compra!

El mantenimiento a nivel alto de la señal R/T estará seguido del envío de datos sobre la línea Tx con el formato RS-232 TTL. Para recibir los caracteres sobre la UART de nuestro microcontrolador, será necesario colocar la señal R/T a nivel lógico 0.

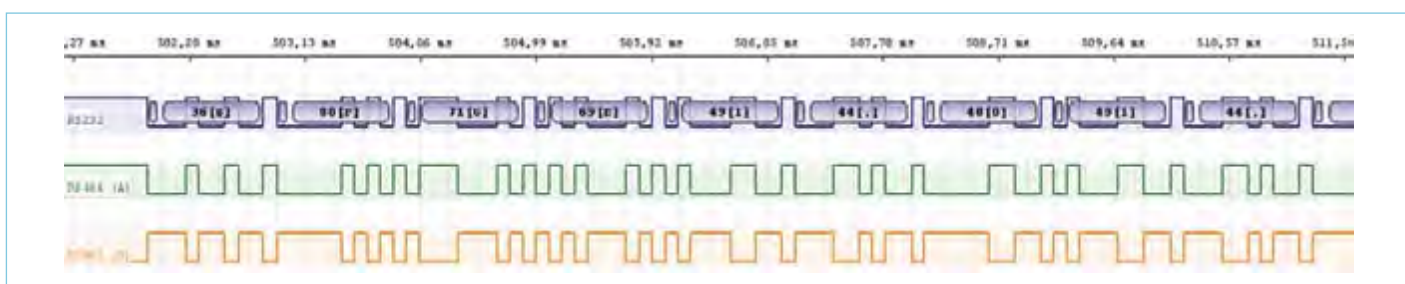


Figura 3. Las señales no viajarán nunca de incógnito con el analizador lógico Scanalogic.

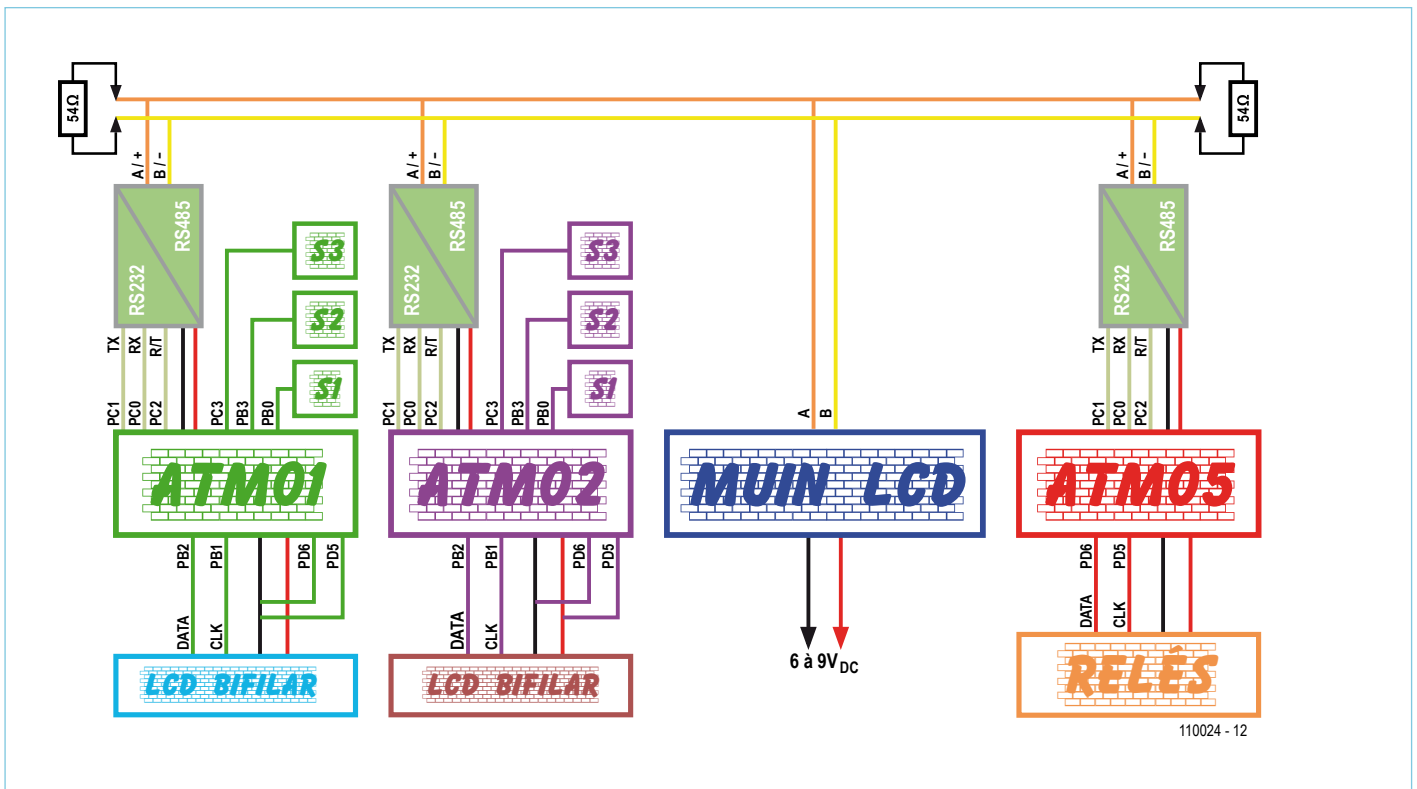


Figura 4. Esquema de conjunto para un cableado rápido del bloque de placas.

El diagrama de bloques de la **Figura 4** indica los terminales utilizados para un cableado cómodo. Sin repetidor, es posible colocar hasta un total de 32 unidades en el bus. Las resistencias de terminación permiten atenuar al máximo la reflexión de la señal, ya que, sería bastante molesto que la señal nos viniera de vuelta, “en los terminales del ADM485”, sin que hayamos terminado el envío de todos los bits.

Un Interfaz Multi-usu: MuIn LCD

Más que un simple visualizador LCD, este interfaz permite, claro está, ver el texto en pantalla, pero también puede ser controlado a través de un puerto USB de un PC, a distancia, sin hilos, gracias a los módulos XBeey, naturalmente, por su enlace serie RS-485 nativo.

Un juego de comandos, interpretados por un PIC18LF2550, nos permite gestionar la posición del cursor, mostrar las barras gráficas, modificar la intensidad de retroiluminación o el generar tonos de aviso. Incluso, la placa dispone de seis entradas/salidas compatibles TTL y CMOS, y de cinco entradas de conversión analógica/digital (CAD) de 10 bits. Si ya disponemos de un visualizador compatible, podemos optar únicamente por la placa de control [6].

Antes de integrar la “bestia” en nuestro sistema, nada nos impide jugar un poco con este bello material, firmado por la casa Droids. Podemos descargar el conjunto de los ficheros disponibles para este producto en la página web del fabricante [7]. Es decir, el último “firmware” acompañado de su pequeño ejecutable que permite

actualizar el pequeño programa interno del PIC embebido sobre la placa, gracias al cargador de arranque (*bootloader*) integrado y, por lo tanto, sin tener que recurrir a un programador. También podemos descargar el interfaz gráfico (GUI) que permite verificar todas las funciones de la pantalla LCD MuIn y, claro está, el controlador para gestionar el puerto serie virtual. Después de haber instalado el controlador, nos bastará con seguir el procedimiento, ricamente ilustrado sobre la mencionada página web, para actualizar el MuIn.

Seguidamente, podemos retirar todos los bonitos puentes amarillos, casi fluorescentes, hasta dejar colocados tan sólo los dos visibles en la **Figura 5**. Ahora sería el momento lógico de conectar el cable USB con el fin de autoalimentar todo el sistema, ejecutar después el agradable inter-

Tabla 1. La identificación de las placas ATM18.

ATMox	PD6	PD5
ATM01	0	0
ATM02	0	1
ATM03	1	0
ATM04	1	1

Tabla 2. Acción – Reacción.

ATM01		ATM02	
Pulsado sobre S1	RE1 = /RE1	Pulsado sobre S1	RE3 = /RE3
Pulsado sobre S2	RE2 = /RE2	Pulsado sobre S2	RE4 = /RE4
Pulsado sobre S3	x	Pulsado sobre S3	x

faz GUI, proponernos los resultados de algunas pruebas e insertar una captura de la pantalla del conjunto... Pues bien, nada de eso: vamos a desconectar todo, colocar los puentes con el fin de poder enviar los comandos por el interfaz RS-485, utilizando el cable FTDI USB-RS-485 [8] y el terminal Hércules [9]. Para ello, desplazaremos el puente "USB" en un terminal hacia la izquierda. Por lo tanto, necesitaremos alimentar la placa usando una fuente de tensión externa comprendida entre 6 y 9 Vdc. Desplazaremos también el puente que está en la posición "UART", desplazándolo un terminal hacia la derecha, sobre "RS-485". Ahora sí, alimentamos y ya podemos jugar...

La documentación está disponible en la página web, en la referencia [10]. La trama se envía en hexadecimal y el arranque está marcado por el envío de \$FE, seguido por uno o varios octetos que indican el comando y los parámetros. La **Figura 6** corresponde a tres comandos que pueden ser enviados pulsando sobre los botones *SEND* correspondientes. El primero borra la pantalla, el segundo muestra el mensaje "Hello world" y el último genera un tono.

A partir de aquí, la pantalla LCD Muln ya está lista para ser integrada en el sistema

El funcionamiento del conjunto

Una vez hemos configurado las placas ATM01 y ATM02 trabajando sólo los puentes PD5 y PD6, de acuerdo a las indicaciones de la **Tabla 1**, daremos alimentación al

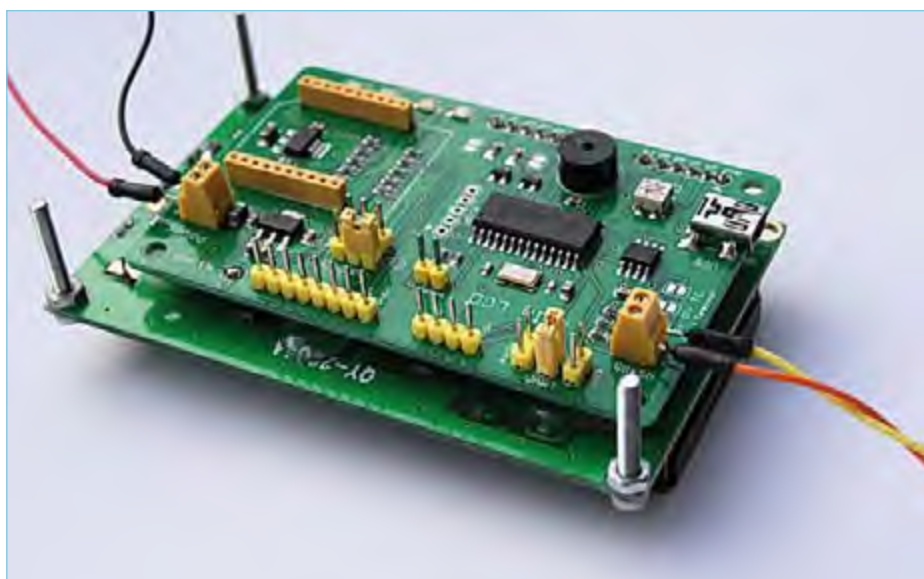


Figura 5. ¿Quién se oculta detrás del LCD 4x20? ¡Es Muln!

conjunto de las placas. Los nombres ATM01 y ATM02 se deben presentar automáticamente en el arranque, sobre la primera línea de las pantallas LCD bifilares respectivas. La alimentación de la placa ATM05 genera sobre Muln un tono largo, a modo de bienvenida simpática, y en la segunda línea se muestra el estado de los ocho relés (de RE8 a RE1) en binario (ver **Figura 7**). En esta ocasión, ningún relé está alimentado.

Como en el bus existen sólo las placas nombradas con las referencias ATM01 y ATM02, son los relés 1 a 4 los que podrían ser activados. Así pues, será la pulsación sobre uno de los tres botones, S1, S2 o S3, la que va a generar un evento (ver **Tabla 2**).

La **Figura 8** nos da la información de tres eventos que acaban de tener lugar: en primer lugar, RE4 ha sido activado como consecuencia de la pulsación de S2 en ATM02, la tercera línea nos indica que se acaba de

pulsar otra vez sobre S2. Pero, ¿qué significan los « .. »?

Si las placas ATM01 y ATM02 toman la línea al mismo tiempo para transmitir, la colisión está asegurada. En consecuencia, sobre la segunda línea, los dos puntos acompañados de un cursor que parpadea (invisible en la foto) quieren decir que la placa ATM02 se ha colocado en espera, lo que significa que ATM01 acaba de enviar una orden a la placa ATM05. Durante este tiempo, no es posible realizar ninguna acción desde la placa ATM02. Está claro que este evento se gestiona igualmente en la placa ATM01. Si, de cualquier forma, nos quedamos "dormidos" activando los pulsadores de las placas, el "perro guardián" del microprocesador nos despertará. En ese caso, las placas ATM01 y ATM02 se reiniciarán en caliente y será ATM01 la que tenga prioridad.

Publicidad

Prototype & small series PCB specialists

PCB proto	dedicated prototype service
STANDARD pool	widest choice 1 - 8 layers
New TECH pool	100 µm technology
New IMS pool	metal-backed PCBs
On demand	all options up to 16 layers

Call us: 020 8816 7005 Email: euro@eurocircuits.com

New website - new services

ALL SERVICES

- Instant online pricing
- Instant online ordering
- Low pooling prices
- Deliveries from 2 days
- No tooling charges
- Stencil service

www.eurocircuits.com

Una pulsación sobre S3 no activa ningún relé, pero nos permite recuperar sus estados lógicos que se muestran sobre la pantalla LCD bifilar. El estado de los relés se actualiza poco a poco y secuencialmente sobre la pantalla Muln. El reinicio de la placa ATM01 o ATM02 se señala también por un mensaje volcado sobre la pantalla LCD Muln. Para que todo el conjunto funcione, se han construido dos tramas propietarias. La trama de envío (ATMox hacia ATM05):

\$PGE1,01,05,01,0001*67

con:

- \$PGE1: trama «1» propietaria Grégory Ester
- 01: placa fuente
- 05: placa destino
- 01: relé a activar
- Parámetro «0001»: aquí el valor del parámetro es siempre igual a «1» ya que la orden es siempre la misma: «Hacer conmutar el relé»
- *67: suma de control, una simple XOR sobre los caracteres precedentes sin el símbolo «\$». Si la suma de control es incorrecta, la trama es ignorada. De igual forma, si intentamos enviar a ATM05 la siguiente trama «PGE1,01,05,03,0001*65» utilizando la aplicación Hércules, dicha trama será ignorada. En efecto, incluso si la suma de control es correcta, ATM01 no tiene ningún derecho de actuar sobre el relé 3.

El acuse de recibo (ATM05 hacia ATMox) es:
\$PGE2,05,02,03,0006*62

- \$PGE2: trama «2» propietaria Grégory Ester

- Parámetro «0006»: octeto imagen del estado lógico del conjunto de relés. Aquí $(6)_{10} = (0000\ 0110)_2$ significa que RE2 y RE3 están activados. Una función lógica “Y” sobre los bits que nos interesan nos permite recuperar el estado de los relés.
- *62: suma de control como la anterior. Si la suma de control es incorrecta, se muestra el mensaje «xx» en lugar de los dos bits correspondientes al estado de los relés.

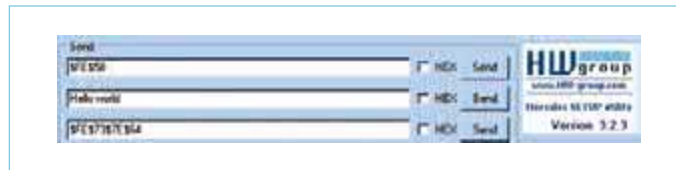


Figura 6. Envío de nuestros propios comandos sobre el bus RS-485.



Figura 7. ¡Hola!, todos los relés están desactivados.



Figura 8. ¿Habrà tenido la ATM02 un pequeño “lapsus”?

- 05: placa fuente
- 02: placa destino
- 03: relé que acaba de ser activado

El sistema ha sido probado con éxito sobre una longitud de bus de 6 m.

Conclusión

La aplicación propuesta en estas páginas no tiene, claro está, la misma dimensión que el proyecto actualmente en preparación por el laboratorio de Elektor. Aquí se trataba más bien de hacer descubrir a nuestros lectores una posible aplicación de los periféricos compatibles (o tenidos como tales) con una cierta manera de comunicación. Al igual que nuestros lectores, yo también espero con gran impaciencia la solución definitiva que será instalada en el montaje de Elektor y desarrollada en las páginas azuladas del centro de la revista ...

Los micro-programas (con el código fuente) utilizados para este proyecto están, claro está, a disposición de nuestros lectores en la página de Internet del artículo [11].

(110024)

Enlaces y Referencias

- [1] www.elektor.es/080357
- [2] www.droids.it, en Products -> Display
- [3] www.mikroe.com/eng/products/view/132/rs485-board/
- [4] www.sparkfun.com/products/8790
- [5] www.ikalogic.com/scanalogic2/
- [6] www.droids.it, en Products -> Display
- [7] www.droids.it, en la sección Documents -> Downloads
- [8] p. ej. Farnell ref. 1740357
- [9] www.hw-group.com/products/hercules/index_en.html
- [10] www.droids.it, en la sección Documents -> User guides
- [11] www.elektor.es/110024

¡Que viene el bus! (4)

Jens Nickel (Redacción Alemania)

A nuestro bus no hay quien lo pare: antes incluso de cerrar la edición para la parte anterior de la serie ya habíamos recibido muchos mails nuevos de más lectores interesados. ¡Gracias por ello! He intentado dar cabida a todas las ideas posibles, surgiendo en algunas incluso pequeñas discusiones. Lo malo es que los lectores todavía no podían estar al tanto de la última fase del desarrollo; la producción de una revista hace que pase bastante tiempo entre cuando se escribe un artículo y cuando se publica. Ya que muchos mails con comentarios contenían valiosas contribuciones, decidimos hacer una lista para los lectores especialmente interesados. En esta cuarta parte me gustaría compartir las ideas “en vivo” con los otros desarrolladores, de modo que los miembros de esa lista puedan enviar sugerencias por su cuenta.

Para decirlo de forma diplomática: de esta nueva forma, los lectores más entusiastas tendrán la oportunidad de tomar parte en un proyecto de Elektor, que ha sido recibido con verdadero interés... Tras la primera petición de ideas para el protocolo del ElektorBus que estábamos desarrollando, ya tenía en mi bandeja de entrada siete e-mails. Los días siguientes recibí unos 30 más, impecablemente llenos de indicaciones, sugerencias y consejos para el desarrollo. Y

es que si os cuento que entre los participantes de la discusión se encontraban expertos en buses como John Dammeyer, que participó en el diseño de la red CAN más grande del mundo para los juegos olímpicos de Vancouver (e iluminar los aros), entonces pensareis: ¡ahora sí que hay que cuidar esto al detalle! Lo que estaba claro es que los electrónicos entendidos iban a someter otra vez a juicio el circuito mostrado en la última edición para nuestras primeras pruebas con nodos. El autor de Elektor y desarrollador profesional Günter Gerold sugirió poner otro condensador en paralelo con el botón de reset (ok, hecho). ¿Y ese 7805 con los tiempos que corren? En cuanto a este y otros componentes, recibimos muchos correos con alternativas interesantes. Indudablemente existen controladores no mucho más caros que un ATmega88 que integran periféricos de bus bastante útiles, como un transceptor CAN (como ya hemos dicho repetidas veces). En cuanto al LT1785, también hemos mencionado otras alternativas posibles. Nuevamente quiero dejar claro que el esquema del circuito se trata de un simple nodo de prueba y en ningún caso una implementación de referencia. Uno tiene que ser capaz de realizar un nodo del ElektorBus también utilizando componentes totalmente distintos, ¡no queremos limitarnos sólo a ciertos chips!

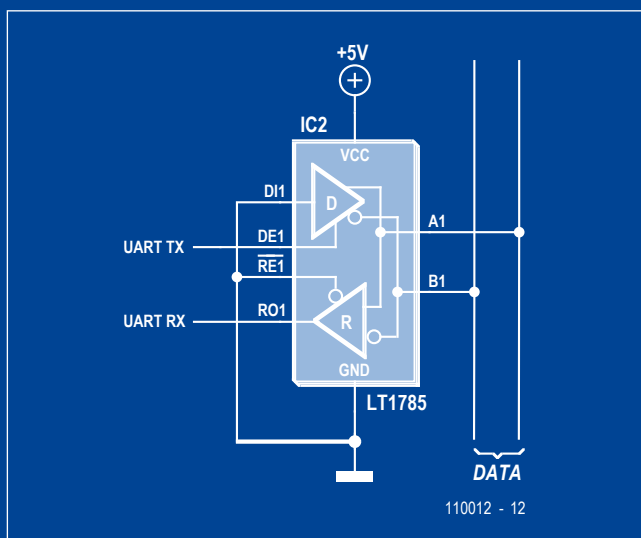
Muchos lectores nos comentan que conectar los pines RE y DE en el LT1785 sería la mejor opción para conseguir eficazmente un funcionamiento en halfduplex. Si se pone DE a nivel alto y RE a nivel bajo, el controlador puede leer su propio envío, lo cual resultaría muy útil, por ejemplo para prevenir las colisiones. John nos envió una variante muy original –según mi opinión– para el cableado del transceptor RS485 (¡utilizando tan sólo dos pines del controlador, véase el pequeño esquema!). Esta modificación me pareció tan sumamente interesante, que cambié el esquema del circuito de nuestro primer nodo de prueba, como puede verse en la imagen. Ahora todas las conexiones importantes del transceptor están conectadas a un

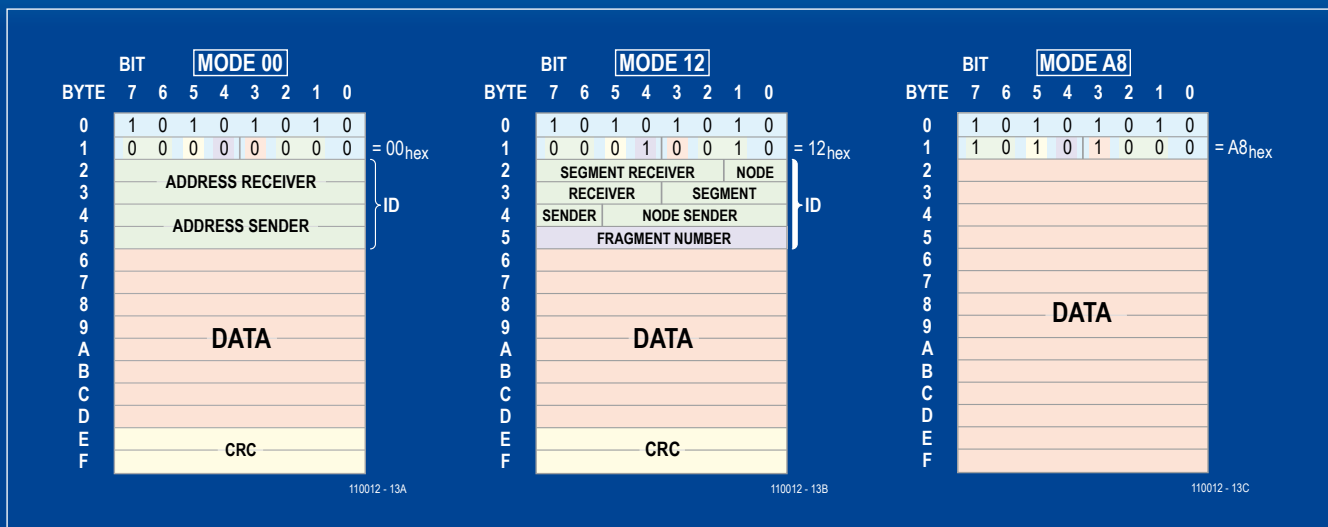
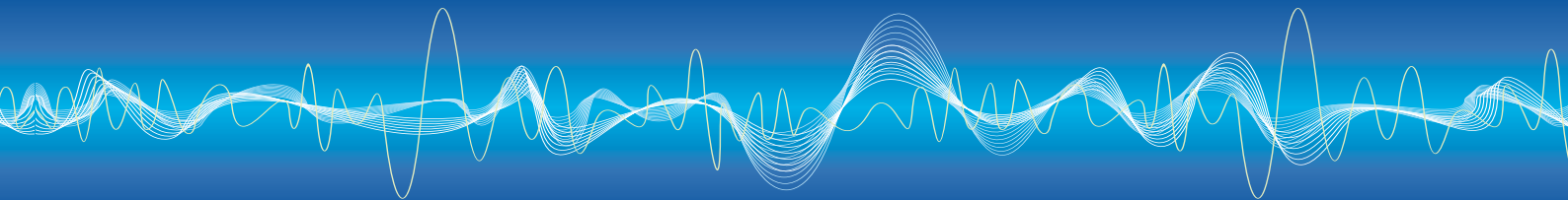
pin de puerto del controlador, y podemos testear todas las variantes del circuito por software.

Algunas de las ideas sugeridas seguro que tomarán partido en el futuro de nuestro bus. Como siempre, otra vez el tema rondaba en torno a Internet. Los enlaces en nuestro bus, como prometí en su día, suponen la cumbre del diseño. John y el lector de Elektor francés Eric Huiban pusieron en juego una interesante idea, el diseño modular del hardware. De este modo podemos colocar en una pequeña tarjeta del ElektorBus un pequeño

procesador con un cuarzo, el driver RS485 e incluso un par de LEDs. De forma similar a los módulos Ethernet presentados en Elektor, estas compactas tarjetas permitirán utilizar distintos diseños electrónicos, ampliando la funcionalidad del ElektorBus. Más adelante, un módulo de puerto podrá cambiarse por su versión Wireless. Esta genial idea la iremos desarrollando en el transcurso de la serie.

Una de las discusiones particulares que surgieron giraba en torno a la conexión de un PC en el bus. La programación de aplicaciones en Windows, controladas en función de los resultados externos no es sencillo en absoluto. El autor de Elektor Walter Trojan sugirió utilizar un punto de acceso USB con su propio controlador en lugar de un simple conversor USB-RS485. Entonces nuestro bus basado en microcontroladores podría incorporarse al mundo de los PCs sin ningún problema. Rápidamente argumentamos que utilizar un PC como master sería sólo una solución temporal (incluso teniendo en cuenta que algunos entornos como .NET soportan directamente puertos COM (virtuales) [1]). Nuestro objetivo final era diseñar un bus en el cual no tuviera que utilizarse un PC, la unidad central debería ser un microcontrolador medianamente potente.





y que además puedan ser ordenados correctamente. Cada mensaje de aplicación superaba los 8 bytes, así que tuvimos que dividirlos.

También le siguieron algunos mails para discutir el número de bits necesarios para el direccionamiento. Cuatro bytes (repartidos entre las direcciones del emisor y el receptor) de primeras a todos les pareció demasiado, pero ¿cómo hacerlo entonces si queremos empezar con un máximo de 65536 participantes del bus?

Como control de errores queríamos implementar un CRC (su descripción se aleja del hilo de este artículo, pero en Internet podemos consultarla [4][5]). Dos bytes deberían bastar. Pero, ¿acaso no hay aplicaciones en las que el control de errores no es tan importante? ¿Y si queremos transmitir audio? De este modo, es posible que a veces tampoco haga falta direccionamiento (conexión de punto a punto), pues no haga falta enviar una dirección de retorno. Todo esto contribuye a reducir la carga de los paquetes útiles. Por otro lado, queríamos que cada dirección se dividiera entre la del segmento y la del nodo (ver arriba). Finalmente, a mí también me gustaría poder numerar los fragmentos de cada mensaje (de 0 a 255). Si el emisor lo hace así desde el principio, el receptor sabe en todo momento cuántos fragmentos ha de esperar todavía, hasta que el mensaje esté completo.

Después también deberíamos tener un direccionamiento intercambiable, de cuatro o menos bytes, repartidos entre emisor y receptor, o sólo en el receptor, agrupados o no, y con numeración opcional de los fragmentos y un control de errores CRC desactivable de 2 bytes. En todas estas características podremos configurar los bits de cada byte por separado, y se leerá el mode-byte inmediatamente después del byte de inicio (“start-byte”). ¡Voilà, en el cuadro puede verse el ElektorMessageProtocol (EMP)!

Cuando el desarrollador de CAN John vio mi propuesta, no le quedó más remedio que sonreír... “Me recuerda totalmente al CAN”, me escribió, “si limitases cada una de las direcciones a 12 bits, habrías desarrollado (casi) un segundo CAN...”

Me remito una vez más a las bases de este bus. Algo de razón sí que tenía, CAN permite también 8 bytes de datos útiles en cualquier caso (sin embargo esto es el máximo, y para nosotros es el mínimo). El hecho de que espacio sea divisible con cierta

flexibilidad y el sistema de bits de ID/dirección, y naturalmente el CRC, recuerdan un poco al bus de automoción. Aunque también pensé por mi cuenta que John, fan incondicional del CAN, con eso quizá también quería decirme que el protocolo no estaba del todo mal...

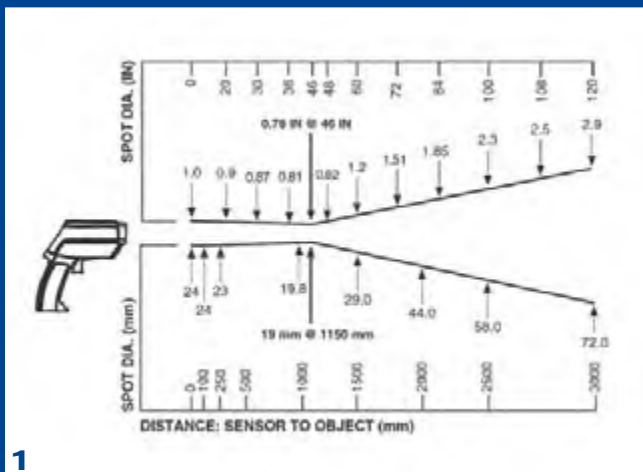
(110012)

- [1] <http://msdn.microsoft.com/library/system.io.ports.serial-port.aspx>
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [3] www.vscp.org/wiki/doku.php?id=vscp_specification_-_vscp_level_i_over_rs-485
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic_redundancy_check
- [5] www.lammertbies.nl/comm/info/crc-calculation.html

ElektorMessageProtocol – Byte de modo		
Bit	1	0
7	Sin ID-bytes, datos a partir del byte 2	ID-bytes en el byte 2
6	Los bytes 2 y 3 son ID-bytes	Los bytes de 2 a 5 son ID-bytes
5	Sin CRC	Los bytes E y F forman un CRC de 16 bits
4	El último ID-byte es el número del fragmento	Todos los ID-bytes son para el direccionamiento
3	El próximo fragmento le sigue directamente	No hay próximo fragmento
2	Bits de direccionamiento sólo para el receptor	Bits de direccionamiento para el receptor y el emisor
1	6 bits de dirección altos: segmento del bus	Sin dirección del segmento
0	Reservado: podría servir como indicador de alta prioridad en una instrucción	

Con el mode-bit 3 activado los fragmentos pueden colocarse uno tras otro directamente (igual que los vagones de un tren), de modo que realmente dispondremos de más espacio útil todavía.

Medir la temperatura en un santiamén...



1



Thijs Beckers (Redacción NL)

“Saber lo que mides” es por supuesto un derivado del término “saber lo que comes”, pero no por eso es menos cierto. En nuestra prueba de termómetros IR de este mes lo volvimos a confirmar. Nuestro plan era probar varios termómetros IR asequibles. Elaboramos una lista de posibles candidatos y nos dirigimos a los suministradores con la pregunta de si querían poner un aparato a nuestra disposición. Elektor no es la OCU, así que a veces nos cuesta persuadir a los suministradores, ajenos al sector de la electrónica, de que pongan un aparato a nuestra disposición, pero en fin: Delante de nosotros hay 18 termómetros IR de todas clases y medidas. Así que es ahora cuando realmente empieza el trabajo.

¿Qué es lo que queremos saber de los termómetros y cómo podemos probarlos? Por supuesto que tenemos que tener un termómetro de referencia para comparar las mediciones. Afortunadamente Fluke fue tan amable de mandarnos un 572. Este termómetro es perfectamente apto como referencia por sus especificaciones, como son el ángulo de apertura de 60:1, un triple láser y una precisión calibrada del 1% hasta 900°C.

De los termómetros queremos saber, en especial, lo precisos que pueden ser midiendo la temperatura. Otro punto importante es el ángulo de apertura o superficie sobre la que se mide. La prueba de la precisión de temperatura no supone un problema. Toma una superficie con una temperatura determinada, mídela con diferentes termómetros IR y el termómetro de referencia, y compara los resultados. Una sencilla placa de cocina servirá perfectamente para generar una temperatura más elevada. Aparte de esto, hemos verificado la indicación del láser. Penseis ¿por qué?. En varios termómetros había ya una desviación visible de el/los láser(es) partiendo de la línea “del centro” del aparato, donde se esperaba que midiera. (Por desgracia) también lo confirmaron más pruebas (lee el artículo de la prueba en otra parte de esta edición). La precisión aparente del rayo láser a veces es engañosa, en realidad mides en otra parte que la que indica la punta del láser.

Por otro lado, hacer una medición es una profesión aparte. A veces es difícil estimar la superficie sobre la que se está midiendo,

a pesar de, por ejemplo, la doble indicación láser que incorporan tres aparatos. En cualquier caso, los termómetros tienen una superficie mínima que pueden medir. Esta superficie es demasiado grande como para poder medir la temperatura de integrados “normales”, lo que a nosotros como electrónicos nos da un poco de pena. En los termómetros que tienen un pequeño ángulo de apertura se piensa que puedes medir muy cerca de una superficie muy pequeña. Sin embargo no es el caso, estos aparatos tienen un tipo de “haz de medición” con un tamaño determinado para los primeros 10...15 cm. En el caso del Fluke 572 viene claramente explicado en la documentación (ver **figura 1**). En el caso de los otros aparatos no se menciona nada. Ahí se parte de un haz en forma de cono que sale de la parte delantera del instrumento, de la cual dudamos de su corrección. Pero esto es muy difícil de verificar. Así que nuestro consejo es medir siempre lo más cerca posible si utilizas un termómetro IR, pero siempre debes partir de un área de medición de por lo menos 1 ó 2 cm de diámetro.

Dado que diferentes sitios nos habían avisado de que había grandes desviaciones en las pruebas con objetos reflectantes, pusimos a prueba un pequeño disipador de aluminio anodizado de color negro del que lijamos un lado hasta que apareció el aluminio metálico. Luego calentamos este radiador hasta un valor práctico de unos 65 °C, una temperatura que alcanza el radiador fácilmente si está montado en una placa impresa y ubicado en una caja. A continuación medimos cerca del radiador el lado negro y metálico sucesivamente con el Fluke 572 y con uno de los termómetros con un ángulo de apertura de 30:1. La diferencia fue enorme con 65 ° en el lado negro y 40 ° en el metálico. Si partes de que la temperatura ambiental ascendió a unos 20 °, entonces la diferencia entre ambos lados causada por el denominado coeficiente de emisión ascendió a más del 50%. ¡En el caso de los termómetros IR, el dicho: “saber lo que mides” es perfectamente aplicable! Incluso debería modificarse por: “Saber lo que mides y cómo lo mides”.

(110140)

Medidor de frecuencia y nivel de 3 GHz



Con CPLD y dsPIC

Este manejable medidor es capaz de medir frecuencias de entre 50 MHz y 3 GHz con 10 ppm de precisión y además incorpora un indicador del nivel de la señal entre +10 dBm y -40 dBm. Los resultados se muestran en un LCD de tres líneas. Para su alimentación basta con tres asequibles pilas AA.

Martin Bachmann y Daniel Schär (Suiza)

Para medir rápidamente la frecuencia y el nivel de una señal HF, resulta muy práctico un medidor portátil y que funcione a pilas. El diseño aquí presentado se caracteriza por llevar a cabo medidas en frecuencia de forma muy precisa.

El dispositivo dispone de una entrada HF de 50 Ω con un conector SMA, en el cual puede conectarse tanto un cable como una antena. Si optamos por la antena lógicamente

tendremos que asegurarnos de que la señal con la frecuencia que queremos medir tenga un nivel suficiente respecto de las otras señales recibidas.

Funcionalidad

El diagrama de bloques (**figura 1**) lo muestra todo de un vistazo, en el están diferenciadas en distintos colores las partes HF y la digital. La señal de entrada es reducida

mediante un atenuador (resistivo) en ambas partes del circuito HF para medir nivel y frecuencia. El medidor de nivel consta esencialmente de un sensor logarítmico integrado de Linear Technology.

La medida de la frecuencia requiere más componentes. Básicamente ésta se determina mediante un CPLD de Altera, un contador de frecuencia que ya existe como tal, sumado a un divisor y un osci-

Características

- Rango de medida en frecuencia de 10 MHz a 3 GHz
- Error de medida en la frecuencia menor de 10 ppm (0,001 %)
- Rango de medida del nivel de -40 a +10 dBm (de 0,1 μ W a 10 mW, a 50 Ω), en un área entre 300 MHz y 2,8 GHz
- 146 mediciones por minuto
- Alimentación con tres pilas de 1,5 V (AA) o adaptador a 5 V (mín. 180 mA)
- Consumo máximo de 170 mA con 5 V de entrada
- 18 h de duración con 3 células NiMH de 2000 mAh (sin iluminación del LCD, 11 h con la iluminación)

lador de referencia. El cálculo, control y muestra de los datos se lleva a cabo gracias a un microcontrolador dsPIC de Microchip.

Medida del nivel

La medición del nivel se hace mediante el detector logarítmico LT5538 [1] de Linear Technologies. El criterio de selección está basado en su rango de frecuencia (de 50 MHz a 3 GHz) y en su margen dinámico de un mínimo de 50 dB, una precisión de la entrada de -46 dBm, rango de temperatura industrial (de -40 a +85°C), funcionamiento a 3,3 V y un precio lo más bajo posible. El margen dinámico sólo lo cumplen tres integrados: el ADL5513, el LT5534 y el LT5538. Se ha optado por el LT5538 pues tiene el más amplio, 75 dB.

El integrado mide la intensidad de la señal HF y proporciona una tensión proporcional a ésta. Dicha potencia es leída y procesada por el convertidor A/D del microprocesador.

Lamentablemente la medida del nivel con el LT5538 tiene una gran dependencia de la frecuencia. Por este motivo se ha implementado una corrección digital gracias a aproximaciones polinómicas. La medición de nivel puede calibrarse en un punto determinado del menú, en el firmware del microcontrolador.

Medida de la frecuencia

La verdadera medición de la frecuencia está basada en un algoritmo numérico, implementado en el Max2-CPLD [2] de Altera. Durante la medida, el primer contador enumera las veces que la señal a medir pasa por cero. Un segundo contador se encarga de los pasos por cero de la señal de referencia, suministrada por el oscilador de referencia. A partir de estas dos cuentas se calcula la frecuencia:

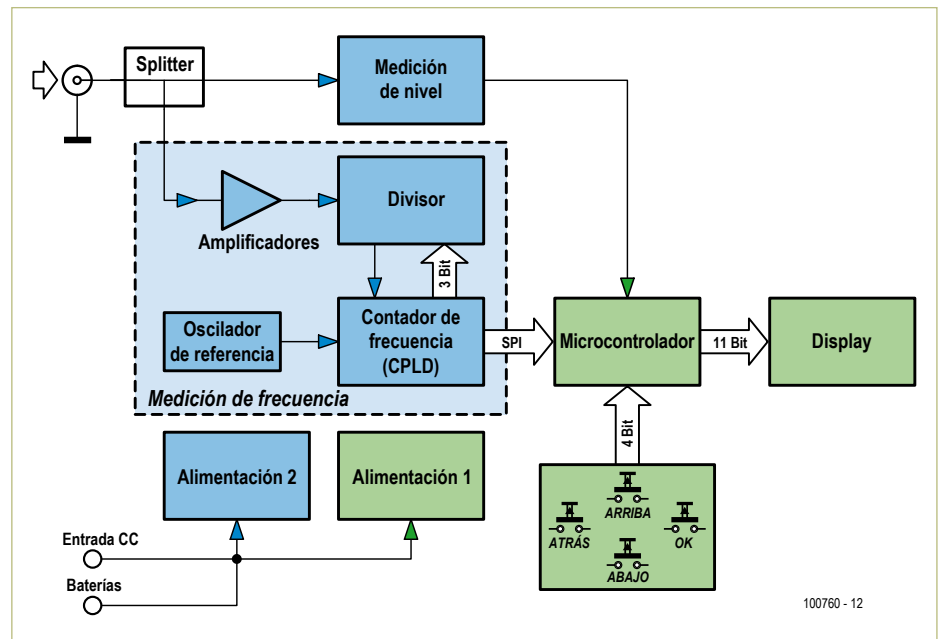


Figura 1. La parte HF (azul) y la digital (verde) del medidor de frecuencia y nivel.

$$\text{Frecuencia} = \text{frecuencia de referencia} * \frac{\text{contador de la señal}}{\text{contador de la referencia}}$$

Para elevar la precisión de la medida de la frecuencia se ha programado una lógica de sincronización en el CPLD. Esto garantiza que la medición de la frecuencia (ambos contadores) sólo se inicien y se detengan

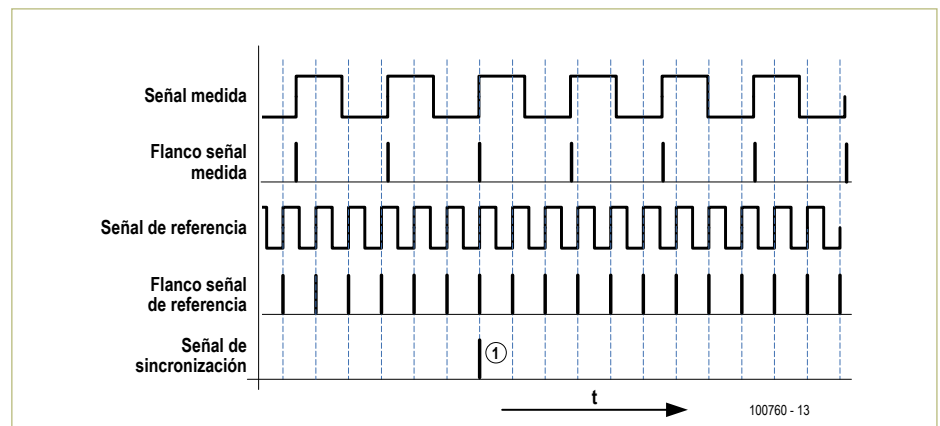


Figura 2. Diagrama temporal de la lógica de sincronización en el CPLD. La medida de la frecuencia mediante dos contadores se inicia y se detiene cuando la señal de referencia y la de entrada comparten el mismo flanco de subida.

Servicios y productos Elektor

- Tarjeta: ref. 100760-1 (sólo encargo online www.elektor.de/100760)
- Diseño de la tarjeta (descarga gratuita en PDF)
- Software para el CPLD y firmware del dsPIC (código fuente inclusive): descarga gratuita ref. 100760-11.zip
- Documentación extendida del proyecto y resumen en alemán: descarga gratuita ref. 100760-12.zip
- Página informativa con todas las descargas: www.elektor.es/100760

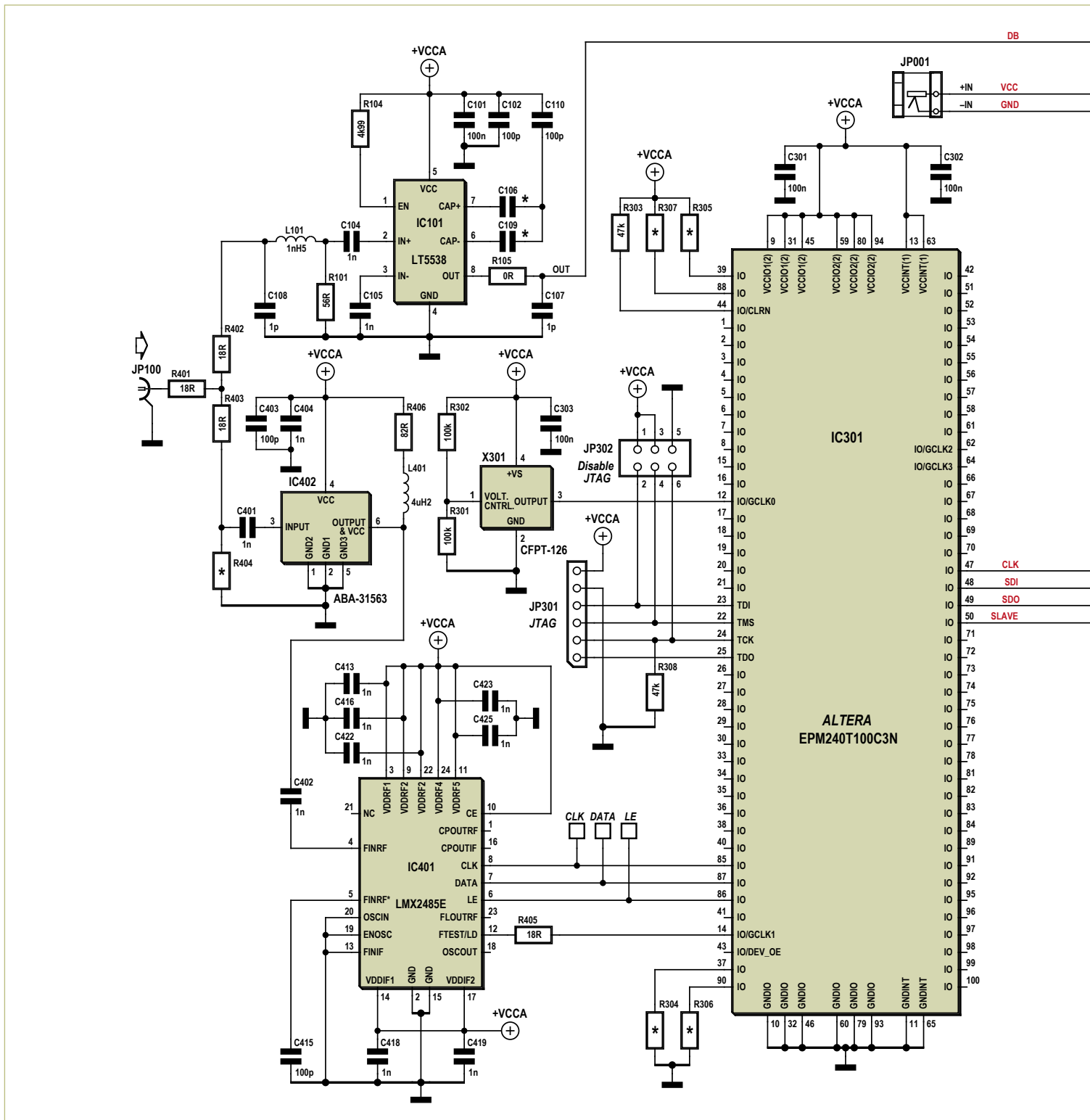
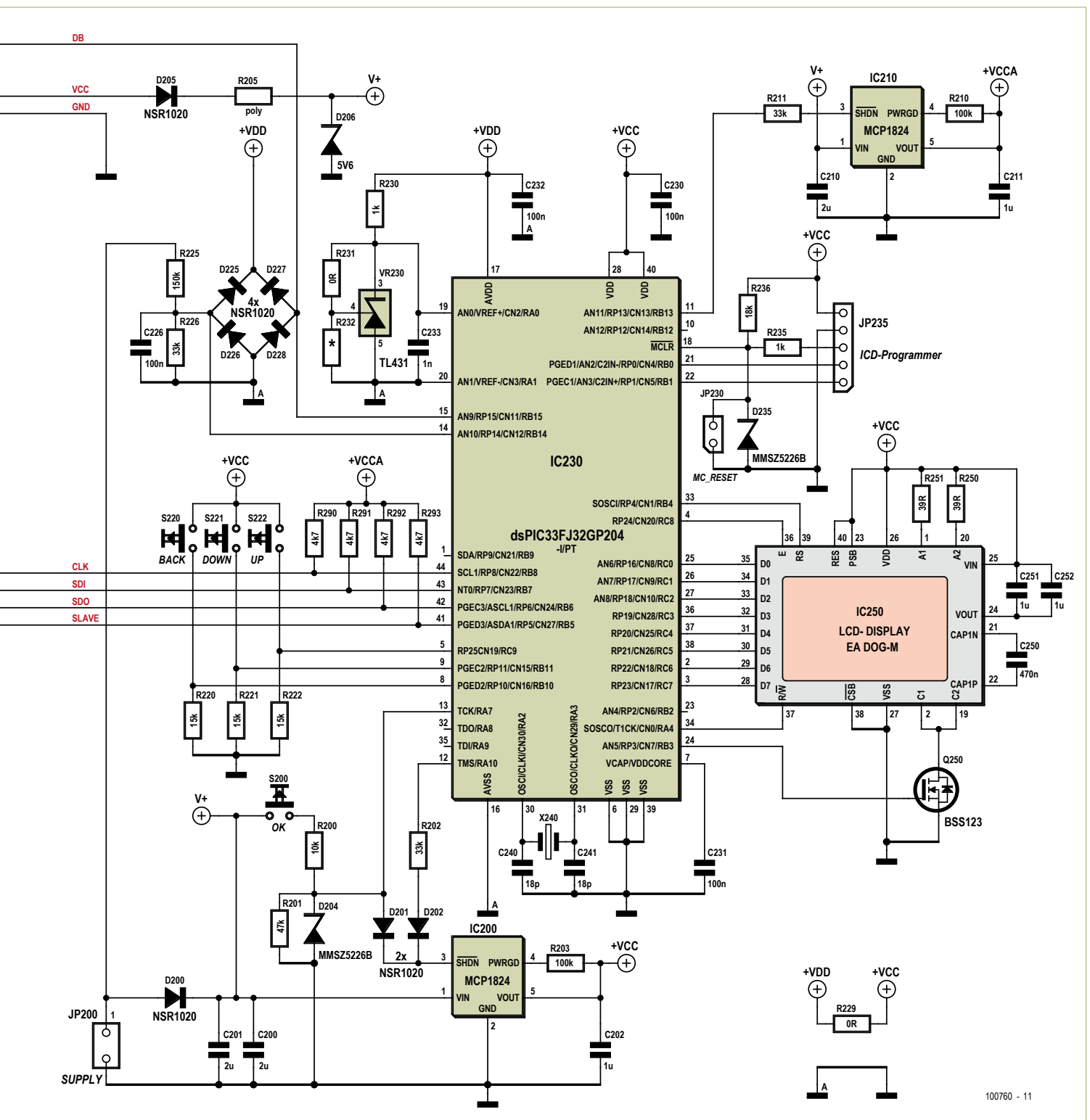


Figura 3. En el circuito la parte HF (izquierda) y la digital (derecha) forman

cuando tanto señal de entrada como de referencia compartan un flanco de subida (véase la figura 2). Ambas lecturas de los contadores se envían mediante un puerto SPI al microcontrolador.

El CPLD puede procesar frecuencias de entrada de hasta 200 MHz. Para poder medir frecuencias mayores es necesario un divisor de frecuencia. Naturalmente ha de indicarse el factor de preescalado (en esta aplicación: factor 32) en el cálculo de dicha

frecuencia. Como divisor se utiliza el componente PLL LMX2485E [3] de Linear Technologies. Aquí sólo nos servimos del divisor de frecuencia integrado, no de la verdadera función PLL. La ventaja de esta “infrautilización” está en el precio: los dispositivos



100760 - 11

unidades separadas con tensiones de alimentación independientes.

PLL se fabrican en masa y por lo tanto son más baratos que un componente divisor HF puro. El componente PLL ha de programarse con cada inicio del dispositivo (por ejemplo su relación de división). Esto puede imple-

mentarse directamente en el CPLD, con lo que no es necesario que el microcontrolador se encargue de ello. Con ello la medida de la frecuencia se lleva a cabo mediante un módulo autónomo, que tiene una sola salida de datos por el puerto SPI y puede uti-

lizarse fácilmente para otras aplicaciones. Para mejorar la precisión en la entrada del medidor y el amortiguamiento del atenuador pasivo (-6 dB/línea), nos servimos de un preamplificador HF de banda ancha. El ABA-31563 [4] de Avago tiene entradas y

Lista de materiales

Resistencias:

(SMD0603)
 R101 = 56 Ω
 R104 = 4k99
 R105, R229, R231 = 0 Ω
 R200 = 10 kΩ
 R201, R303, R308 = 47 kΩ
 R202, R211, R226 = 33 kΩ
 R203, R210, R301, R302 = 100 kΩ
 R220, R221, R222 = 15 kΩ
 R225 = 150 kΩ
 R230, R235 = 1 kΩ
 R232, R293 = sin montar
 R236 = 18 kΩ
 R250, R25 = 39 Ω
 R290, R291, R292 = 4k7
 R304, R305, R306, R307, R404 = sin montar
 R401, R402, R403, R405 = 18 Ω
 R406 = 82 Ω

Condensadores:

(SMD0603)
 C101, C226, C230, C231, C232, C301, C302, C303 = 100 nF
 C102, C110, C403, C415 = 100 pF
 C104, C105, C233, C401, C402, C404, C413, C416, C418, C419, C422, C423, C425 = 1 nF
 C106, C109 = sin montar
 C107, C108 = 1 pF

C200, C201, C210 = 2 μF
 C202, C211, C251, C252 = 1 μF
 C240, C241 = 18 pF
 C250 = 470 nF

Inductancias:

(SMD0603)
 L101 = 1,5 nH
 L401 = 4,2 μH

Semiconductores:

D200, D201, D202, D205, D225, D226, D227, D228 = NSR1020 (SOD323-W)
 D204, D235 = diodo Zener 3,3 V (SOD123)
 D206 = diodo Zener 5V6 (SOD123)
 IC101 = LT5538
 IC200, IC210 = MCP1824 (SOT23-5L)
 IC230 = DSPIC33FJ32GP204-I/PT (TQFP44)
 IC301 = EPM240T100C3N (TQFP100), CPLD (Altera)
 IC401 = LMX2485E (LLP24), PLL (National Semiconductor)
 IC402 = ABA-31563 (SOT363), amplificador de banda ancha (Avago)
 Q250 = BSS123 o SN7002W (SOT23)
 VR230 = TL431 (SOT23-5), referencia de tensión (TI)

Varios:

IC250 = EA DOGM163W-A, LCD de 3,3 V, 3x16 caracteres (Electronic Assembly)
 JP001 = conector jack AC, para montaje en tarjeta
 JP100 = conector SMA 142-0711-881 (Emerson/Johnson)
 JP200 = conector de 2 pines opcional (para baterías)
 JP230 = conector de 2 pines con jumper (en caso de que fuera necesario)
 JP235 = conector de 5 pines, acodado
 JP301 = conector de 6 pines, acodado
 JP302 = conector de 6 pines, 2 filas (en caso de que fuera necesario)
 R205 = fusible PPTC de 30 V/0,2 A (SMD1210), Littlefuse 1210L020WR (por ejemplo Farnell 1596997)
 S200, S220, S221, S222 = pulsador de 1 contacto, normalmente abierto, para montaje en tarjeta
 X240 = cuarzo de 18 MHz (HC49/SMD)
 X301 = CFPT-126 (LF TVX0009920) de IQD, oscilador de cuarzo SMD de 40 MHz compensado en temperatura (Farnell, artículo n°: 1100757)
 Caja Bopla Tipo BS404 F-7035
 Tarjeta 100760-1 (véase www.elektor.es/100760)

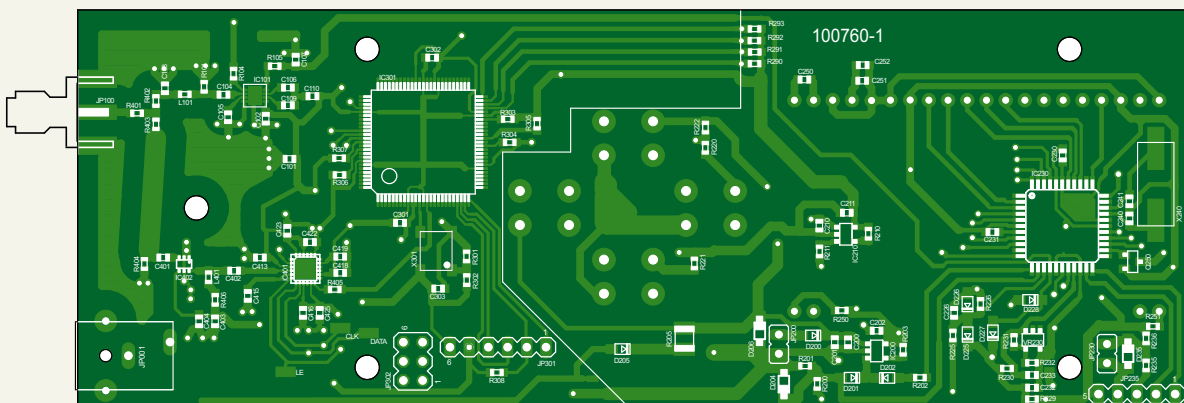
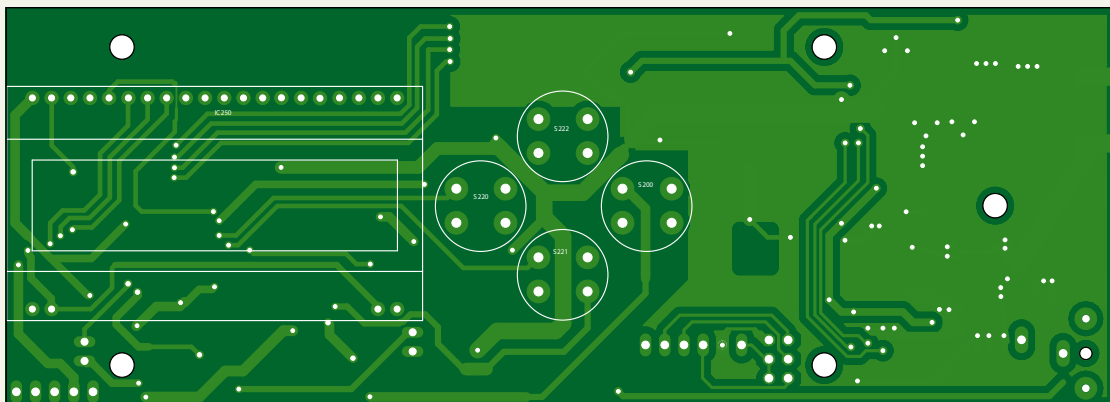


Figura 4. Todos los componentes de la cara inferior de la tarjeta son SMD. En la cara superior sólo se encuentran los botones y el display.

salidas de 50 Ω , un ancho de banda en DC de hasta 3,5 GHz y es capaz de amplificar la señal hasta aproximadamente 20 dB. Para señales de entrada intensas el amplificador HF trabaja en saturación.

Precisión

La señal de referencia del oscilador afecta principalmente a la precisión de la frecuencia medida. La medida no puede ser más precisa que el propio oscilador.

Además, la precisión de la medida depende del nivel de la señal, así como de la frecuencia en sí misma. Básicamente, la precisión se eleva cuanto mayor sea el nivel.

La medida del nivel no puede calibrarse con la misma exactitud que la de la frecuencia (véase “calibrado de la medida del nivel”).

La **tabla 1** ofrece un resumen de los resultados obtenidos. En el prototipo se ha comprobado que debido a la temperatura ambiental la precisión en la medida de la frecuencia puede oscilar hasta 1 ppm.

Circuito

El diagrama de bloques con las distintas partes del circuito separadas por colores (parte HF y parte digital) en principio se montó y probó en tarjetas separadas. En el transcurso del desarrollo del dispositivo, se terminó por combinarlas en una sola tarjeta. El correspondiente circuito al completo puede verse en la **figura 3**.

La parte HF (izquierda) y la digital (derecha) son unidades independientes que pueden utilizarse sin depender una de otra. La alimentación también contribuye a un mejor desacople de ambas partes del circuito, gracias al regulador de tensión IC200 para la parte digital y el IC210 para la de HF. Los dos reguladores suministran una tensión de 3,3 V. Ambos reguladores obtienen su tensión de entrada opcionalmente de un pack de pilas o baterías conectado en JP200 con tres células AA (de 3,6 a 4,8 V) o mediante un adaptador de 5 V en JP001. Desconexión automática incluida: si la tensión en el adaptador supera la de la batería en JP200, el diodo D200 se cierra, lo cual al mismo tiempo también protege ante una polaridad inversa en la tensión de la batería. También podemos encontrar otro diodo tras el conector del adaptador para proteger ante un posible cambio de polaridad

Tabla 1. Precisión de la medida		
Medida	Precisión	Rango
Frecuencia	< 10 ppm (< 0,01 %)	50 MHz a 3 GHz -20 dBm a 0 dBm
	< 10 ppm (< 0,01 %)	700 MHz a 2700 MHz -35 dBm a +10 dBm
	< 1000 ppm (< 1 %)	300 MHz a 2700 MHz -40 dBm a +10 dBm
Nivel (con calibración)	4,3 dB	50 MHz a 3 GHz -40 dBm a +10 dBm

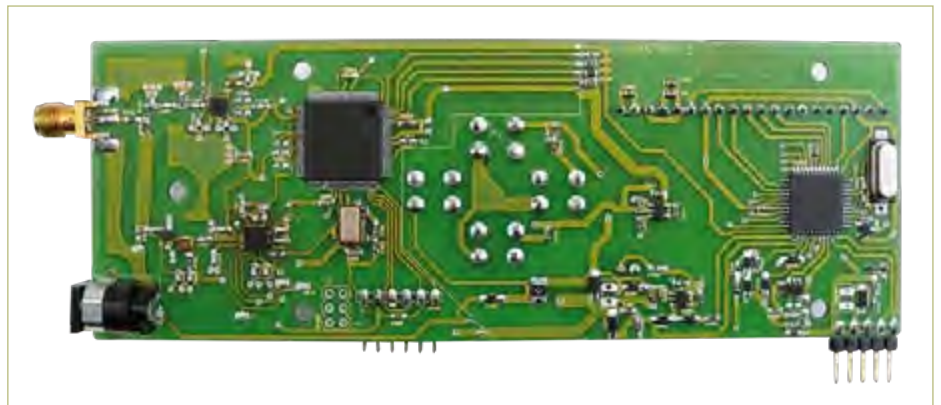


Figura 5. La cara de los SMD montada a mano del prototipo de Elektor.



Figura 6. Cara superior en el prototipo de Elektor.

y sentido de la corriente erróneo. Aparte de este diodo se ha conectado un “polyfuse” (un fusible térmico que se auto-repara) junto a un diodo Zener. Esta combinación protege el circuito de tensiones demasiado altas y limita la corriente en caso de fallo. La parte HF y la digital están conectadas mediante cuatro líneas de bus SPI y las líneas de medida del nivel están conectadas entre sí; y naturalmente con un punto de masa común. El CPLD envía a través del

bus SPI el estado del contador de frecuencia al dsPIC, que éste utiliza para mostrar la lectura en el LCD y calcular la corrección de la frecuencia en la medida de nivel. La tensión de salida del sensor de nivel IC101 en la parte HF se dirige mediante la línea DB a la entrada del convertidor A/D del dsPIC, que la digitaliza con una resolución de 12 bits, sirviéndose de sus valores para realizar la compensación dependiente de la frecuencia y representarla en el LCD.



Figura 7. Un vistazo al prototipo de los autores.

Gracias a los diodos D225 a D228 logramos limitar la corriente en la entrada del ADC (pin 15) del dsPIC, para evitar la saturación. Mediante el divisor de tensión R225/R226 y una segunda entrada analógica (pin 14) el dsPIC supervisa la tensión de la batería. La referencia de tensión (VR230) con el TL431 suministra 2,5 V como referencia para el convertidor A/D del dsPIC. El interfaz de usuario consta de cuatro botones (S200, S220 a 222) y un LCD de 3 líneas iluminado gracias a Q250. El LCD se caracteriza por su funcionamiento a 3,3 V, su elevado contraste con ajuste automático y un consumo de corriente muy reducido de tan sólo 250 µA (sin retroiluminación). En la parte HF pueden reconocerse fácilmente los componentes descritos en el diagrama de bloques. El atenuador de señal en el conector SMA de 50 Ω únicamente consiste en tres resistencias de R401 a R403. Esta reducción pasiva de la señal de entrada para la parte encargada de la medida del nivel y la frecuencia aplica una pérdida de 6 dB/línea, por ello el amplificador anteriormente nombrado (IC402) previo a la entrada de PLL (IC401), sólo sirve como pre-divisor. Ya que dicho pre-divisor en el CPLD ha de ser programado con cada nuevo inicio del sistema, el PLL está conectado mediante un Microwire-Interface (compatible con SPI) con el CPLD (IC301). La frecuencia de referencia para la medida la obtiene el CPLD del oscilador de referencia X301, determinando la precisión con bastante exactitud. El LF TVXO00920 indicado en la lista de materiales de la serie CFPT-126 de IQD Frequency Products es un oscilador de cuarzo SMD de 40 MHz compensado en temperatura, con un rango de trabajo de -40 a 85 °C, compatible

con la lógica de 3 V y que ofrece una estabilidad en frecuencia de unos ±0,5 ppm. ¡A 40 MHz esto sólo son 20 Hz! Claro, esa precisión tiene un precio, así que también podemos utilizar osciladores más asequibles si no requerimos semejante exactitud en el contador.

Por otro lado, la precisión del LF TVXO00920 puede mejorarse aún más con las resistencias R301 y R302, si optamos por un contador mejor para hacer este balance. El segundo prototipo construido por los autores utiliza valores estándar de resistencia (100 k para R301 y R302), y se ha medido una desviación de -15 Hz a 40 MHz (= -0,38 ppm). Con un valor menor para R302 dicha desviación se reduce hasta casi +5 Hz = +0,125 ppm (con R301 = 94,68 k y R302 = 100 k).

El CPLD se programa mediante el puerto JTAG JP301. Si especificamos "JTAG Disable", significa que hemos de utilizar un jumper en el conector de pines JP302, para configurar el CPLD en modo de programación o de funcionamiento. Naturalmente tras programar el CPLD podemos optar por soldar puentes entre los pines en lugar de utilizar jumpers.

En la parte digital disponemos de un puerto de programador ICD y depurador en JP235 para el dsPIC. Mediante el jumper JP230 puede resetearse el microcontrolador cuando sea necesario.

Tarjeta

Todos los componentes SMD están situados en la cara inferior de la tarjeta (figura 4), de doble cara y con vías que las comunican. En la cara superior se encuentran los cuatro botones y el display. En las figuras 5 y 6 puede verse el prototipo montado en el laboratorio de Elektor, mientras que en la figura 7 está el diseño de los autores.

En ambos casos la soldadura SMD se hizo a mano, lo cual no resulta tan sencillo con el componente PLL. Sin embargo, el oscilador

SMD frente a su equivalente montado por refusión tiene la ventaja de una mayor estabilidad en la frecuencia. No obstante sólo recomendamos este proyecto a electrónicos con experiencia suficiente (en SMDs). Tras el montaje necesitaremos un interfaz Byteblaster o USB-Blaster para programar el CPLD y, como software, el entorno de desarrollo Quartus. Para el dsPIC se necesita el MPLAB de Microchip y un programador ICD. El resto (códigos VHDL, fuente, hexadecimal y las instrucciones de programación) puede encontrarse en las descargas de software de la web de Elektor [5].

Menú

La representación de los valores de medida en el LCD es bastante lógica: la primera fila muestra "Frequency/Level", la segunda la frecuencia en MHz y la tercera el nivel en dBm. Aparte, el display sirve para calibrar el medidor y supervisar su estado, como por ejemplo la tensión de las baterías.

La configuración en el menú se lleva a cabo con los cuatro botones del circuito, cuyas funciones están descritas en la tabla 2.

El menú está estructurado de tal forma que en la línea superior del display siempre se muestra el punto en el que nos encontramos. La figura 8 muestra el árbol del menú correspondiente al software para que resulte fácil de manejar. En "Measuring/Advanced" puede intercambiarse entre "Frequency/Level", "Min/Max Frecuen." y "Min/Max Level" con los botones T3 y T4. En el menú "Status" puede accederse al estado del dispositivo. Para ello hemos de pulsar los botones T3 y T4 a la vez. En dicho menú de estado se indican los datos en bruto de la medida del nivel (valor del A/D), así como poder activar o desactivar la alimentación de la parte HF mediante IC210 (y con ello la medida del nivel y la frecuencia).

Tabla 2. Funciones de los botones para navegar por el menú

S200	OK (aceptar) y encender el dispositivo
S220	Atrás (punto previo del menú)
S222	Más o avanzar en el menú
S221	Menos o retroceder el menú

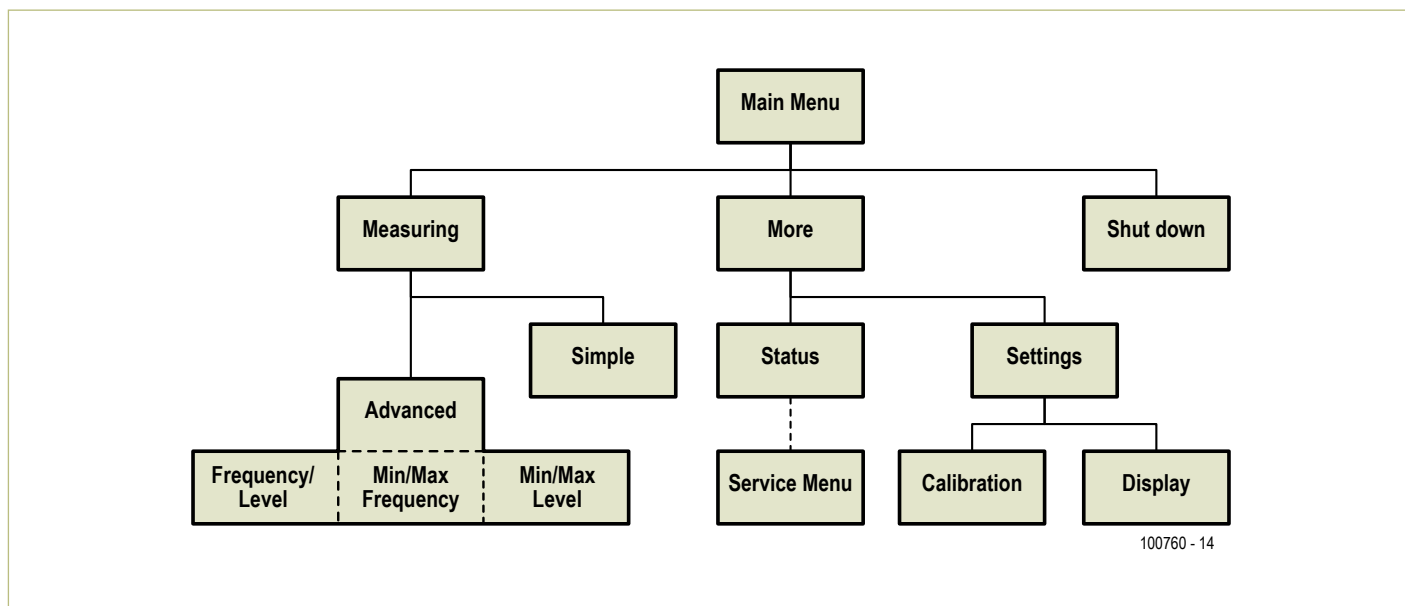


Figura 8. Estructura del menú en el software del microcontrolador.

Calibrado del nivel de medida

Como ya hemos dicho arriba, el LT5538 utilizado como sensor de nivel tiene un gran rango dinámico, lo cual no obstante tiene el inconveniente una gran dependencia de la frecuencia del nivel que se quiere medir. Para un rango de frecuencia pequeño, la medida del nivel puede ajustarse de forma muy precisa, pero en el rango total de frecuencia deseable resulta poco exacto. La dependencia de la frecuencia en la medida del nivel puede compensarse (al menos parcialmente) si en tal medición conocemos la frecuencia exacta. El microcontrolador puede calcular el valor correcto a partir de los valores de nivel y frecuencia. Este ajuste se lleva a cabo en el punto del menú "Calibration". Para dicho balance, basado en el método de los "mínimos cuadrados", se necesita un generador de frecuencia ajustable entre 100 MHz y 3 GHz, y un nivel entre -40 dBm y +10 dBm.

El calibrado se hace mediante el siguiente protocolo:

1. Acceder al menú "Calibration"
2. Introducir la frecuencia y el nivel mostrados
3. Aceptar
4. Introducir la siguiente frecuencia y nivel
5. Continuar con los valores fijados
6. Tras un breve tiempo de cálculo el calibrado estará listo y los valores se almacenan permanentemente en la memoria flash del microcontrolador.

Al contrario que en la medida de la frecuencia, la medida del nivel sigue siendo relativamente poco precisa, a pesar de la calibración. La mayor desviación medida es de 4,3 dB.

Otras posibilidades

Este proyecto no sólo nos ofrece la posibilidad de llevar a cabo desarrollos propios en el área de la alta frecuencia (también en lo que al diseño de la tarjeta se refiere), si no que además muestra la utilización de un CPLD. Gracias al software de código abierto (tanto el código VHDL como el código fuente del dsPIC en C) permite su modificación para darle uso en nuestras propias aplicaciones. Para el desarrollo del firmware del controlador se ha utilizado MPLAB IDE v8.30 y como compilador en C, MPLAB C30. La representación y carga de la lógica del CPLD se ha obtenido con Quartus II 7.0.

Para ampliar su funcionalidad, sería necesario un CPLD con muchas macroceldas. En la tarjeta están disponibles conexiones adicionales para un CPLD con más memorias. En ese caso tendremos que reemplazar R304, R305, R306 y R307 por resistencias de 0 Ω.

El medidor de nivel también se presta a desarrollos posteriores –dando por hecho que disponemos de un buen equipo de medida en el laboratorio. En cuanto al hardware podemos intentar minimizar las reflexiones en la entrada del amplificador

mediante una adaptación de impedancias. En el software por ejemplo podemos elegir otros puntos de calibración (frecuencias) o buscar una aproximación con polinomios de mayor orden...

(100760)

Enlaces

- [1] <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/5538f.pdf> (Hoja de datos del LT5538)
- [2] www.altera.com/literature/hb/max2/max2_mii5v1_01.pdf (Hoja de datos del MAX II CPLD)
- [3] www.national.com/ds/LM/LMX2485.pdf (Hoja de datos del LMX2485)
- [4] www.avagotech.com/docs/AV02-1782EN (Hoja de datos del ABA-31563)
- [5] www.elektor.es/10076

Sobre los autores

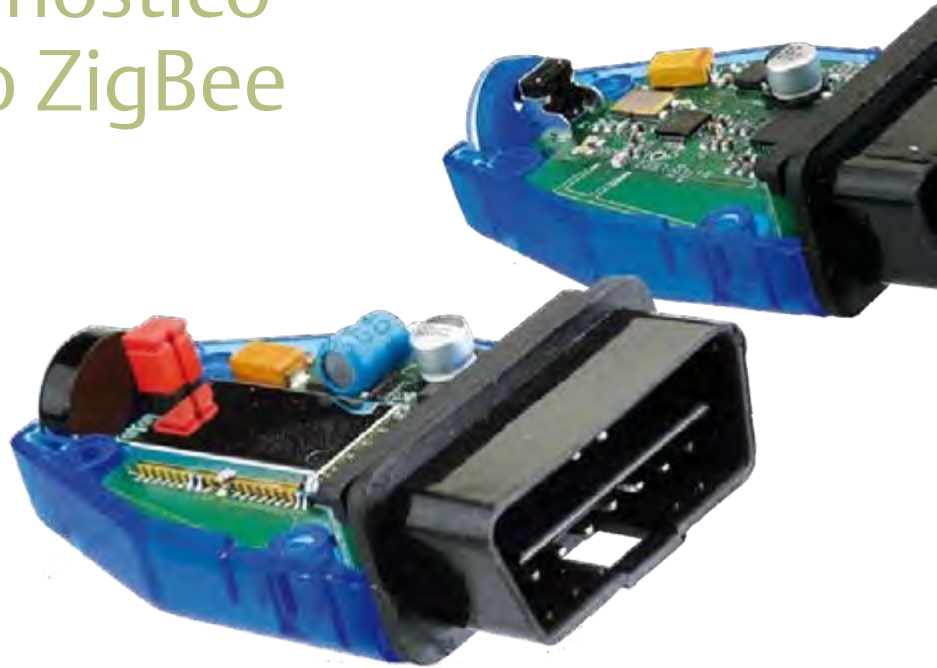
Martin Bachmann y Daniel Schär estudiaron ingeniería eléctrica en la escuela superior suiza ZHAW en Winterthur. El medidor aquí descrito surgió durante esos estudios a raíz de un proyecto de clase.

OBD-2 inalámbrico

Interfaz de diagnóstico con Bluetooth o ZigBee

Folker Stange y Erwin Reuss (Alemania)

La solución más asequible para realizar un diagnóstico en un automóvil es un interfaz OBD-2 con conexión a un PC (o portátil) y el software adecuado. Pero a veces una solución por cable no resulta realmente práctica. Un tester OBD autónomo no obstante es demasiado caro y no tan versátil como el programa de diagnóstico de un PC. Una alternativa interesante es un interfaz OBD con conexión inalámbrica al PC. Con la solución casera que aquí presentamos incluso tiene la opción de elegir entre Bluetooth y ZigBee.



Casi todos los automóviles hoy en día disponen de un conector de diagnóstico en el asiento del copiloto. Ya que la estandarización sólo define la distancia hasta el volante (0,61 m) y todavía existen excepciones, los recursos imaginativos de los fabricantes son prácticamente ilimitados. A veces encontramos conectores OBD por ejemplo en los quicios de las puertas, entre los pedales, en el salpicadero, en la guantera o tras los ceniceros, y otros compartimentos y guarnechos. Desde luego esto no facilita las cosas si pretendemos encontrar el conector de diagnóstico por primera vez...

Condiciones externas

Para poder recopilar datos del conector OBD-2 (si es que lo has encontrado) con un PC, como poco se necesita un software determinado y un convertor de nivel, capaz de adaptar la señal del OBD al formato RS232 –y hoy en día también un convertor RS232-USB, ya que los PCs ya no disponen de puertos RS232.

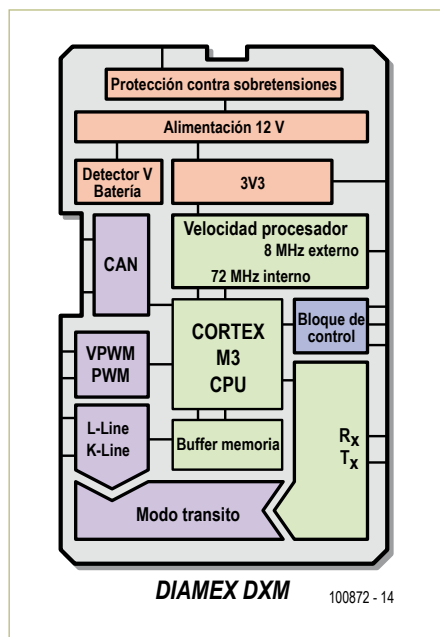


Figura 1. Diagrama de bloques del módulo DXM con procesador ARM-Cortex-M3 de 32 bits para aplicaciones OBD.

En el caso más simple sólo se utiliza una línea (llamada línea K) del conector OBD-2. Como interfaz de hardware basta un MAX232 con etapa de salida bidireccional para diagnóstico en vehículos. Si lo conectamos a un software específico del vehículo podemos incluso “echar un vistazo” a la electrónica del automóvil.

En principio esto no ha cambiado desde que se introdujo la estandarización del diagnóstico OBD2. Sin embargo, la diagnosis ahora sí está estandarizada en cuanto a la asignación de pines en el conector (al menos la mayoría de ellos) y los protocolos posibles. No obstante, todavía existen cinco protocolos distintos: ISO, KWP2000, PWM, VPWM y CAN. Un interfaz universal debería reconocer todos estos protocolos y ser capaz de configurar cada uno de ellos. Todo esto ya está integrado en nuestro interfaz, junto con un convertor de nivel y un microcontrolador, que en conexión con la electrónica del vehículo es capaz de generar y recopilar datos. En combinación con un software OBD2 es posible realizar diag-

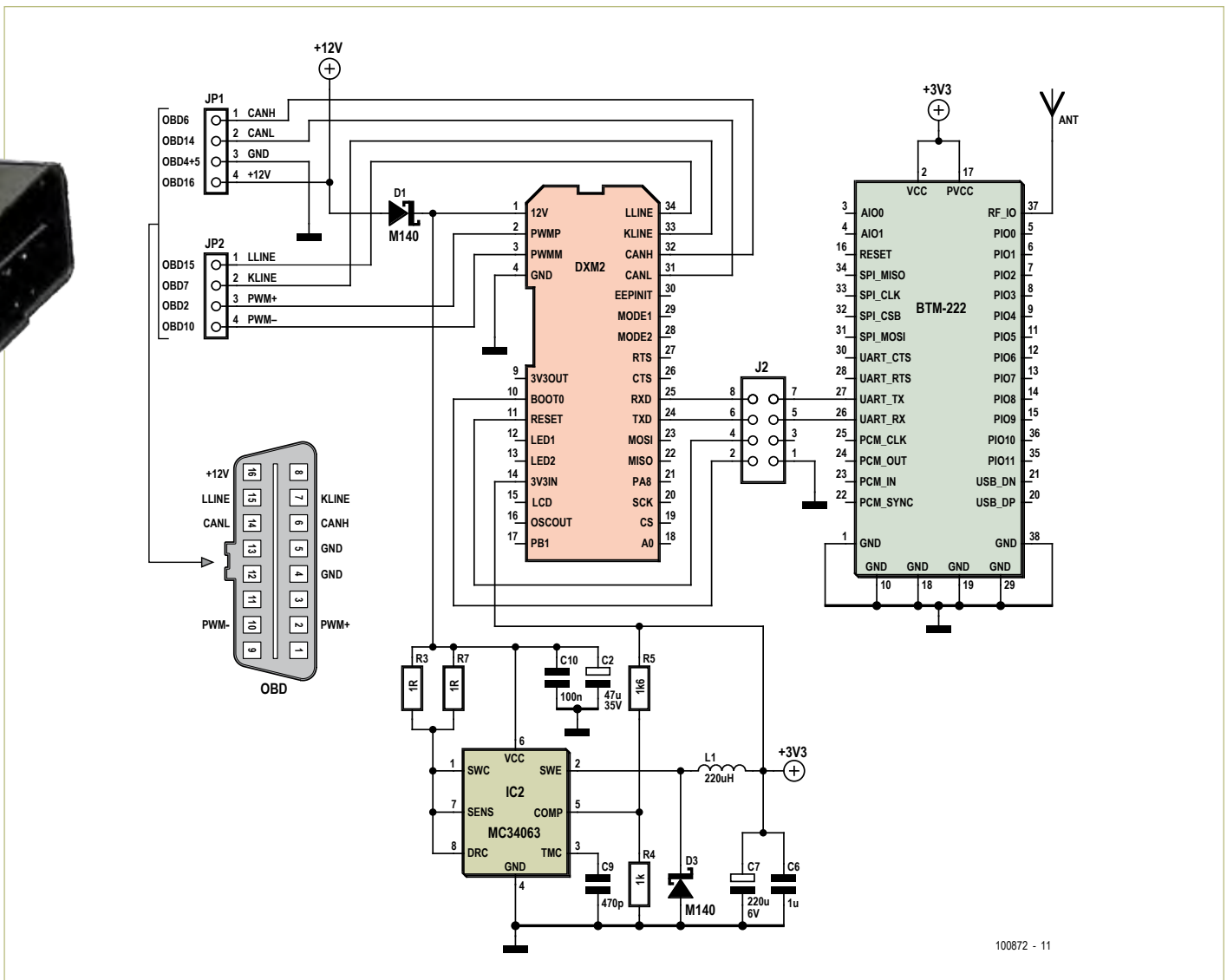


Figura 2. El circuito del interfaz OBD-2 Bluetooth consta de un módulo DXM, otro Bluetooth y un regulador de 3,3 V.

nósticos en vehículos de gasolina desde el año 2000 y diesel desde 2003 de las marcas más comunes. Normalmente el interfaz se conecta en (o dentro de) el conector OBD2 del vehículo, y posteriormente mediante un

cable USB o RS232 con el PC portátil. Resultaría muy práctico (especialmente en viajes de prueba) que en la conexión inalámbrica del puerto OBD con el portátil el interfaz se alimentase desde el propio conector OBD.

Muchos portátiles y netbooks ya disponen de puerto Bluetooth inalámbrico o permiten utilizar un USB Bluetooth, con lo que el funcionamiento por radio está garantizado. Si no disponemos de Bluetooth, siempre

Características

- Compacto diseño con el conector OBD incorporado
- Módulo DXM integrado
- Escáner de protocolo automático
- PWM, VPWM, ISO9141, KWP2000 y CAN
- Compatible en software con “moDiag” y “OBD-DIAG”
- Apto para todos los OBD-2

Versión Bluetooth

- Compatible con Windows XP, Vista y 7
- Módulo Bluetooth de clase 1 con alcance máximo de 100 m

Versión ZigBee

- Cortex M3 y controlador host Atmel AT90USB16z
- Driver en Windows con archivo INF
- Rango de frecuencia de 2405-2480 MHz, selección de canal automática
- Sensibilidad de recepción de -101 dBm
- IEEE 802.15.4-2003 (protocolo similar a ZigBee)
- Repetición automática de los datos en caso de errores en la transmisión
- Rango de alcance de 10-15 m (como máximo unos 30-40 m)
- Stick USB ZigBee compatible con Windows XP, Vista y 7



Figura 3. Caras superior e inferior de la tarjeta del interfaz Bluetooth, con el conector OBD soldado.

podemos utilizar ZigBee para la transmisión de datos.

Montaje por nuestra cuenta

Para diseñar un interfaz OBD potente y compacto, utilizar chips SMD de muchas patillas es casi una condición sine qua non. Su montaje casero es bastante sencillo si utilizamos un módulo controlador ya equipado con SMDs. El módulo DXM [1] utilizado ya se presentó en Elektor 09/2009 [2]. Como muestra la figura 1, está equipado con un procesador ARM-Cortex-M3

y varios periféricos. En combinación con el firmware implementado forma una unidad OBD2 universal de diagnóstico y control, que puede conectarse directamente con el socket del automóvil. El módulo puede configurarse para muchas aplicaciones con instrucciones AT (para la documentación véase [1]), entre otros como interfaz de diagnóstico con tasa de transferencia ajustable. Por otra parte, dispone de un puerto serie con niveles a 3,3 V, en el que puede conectarse un módulo transceptor inalámbrico. Éste podría ser por ejemplo

un módulo Bluetooth o un transceptor ZigBee. En adelante comentamos ambas variantes.

Bluetooth

En la figura 2 puede verse el circuito del interfaz OBD-2 con Bluetooth. El módulo DXM está conectado en la entrada con el socket OBD-2 y en la salida con un compacto módulo Bluetooth BTM222 del fabricante Rayson. Dicho módulo ya fue descrito en la edición de Elektor 9/2009 [3], y debidamente probado en la expansión Blue-

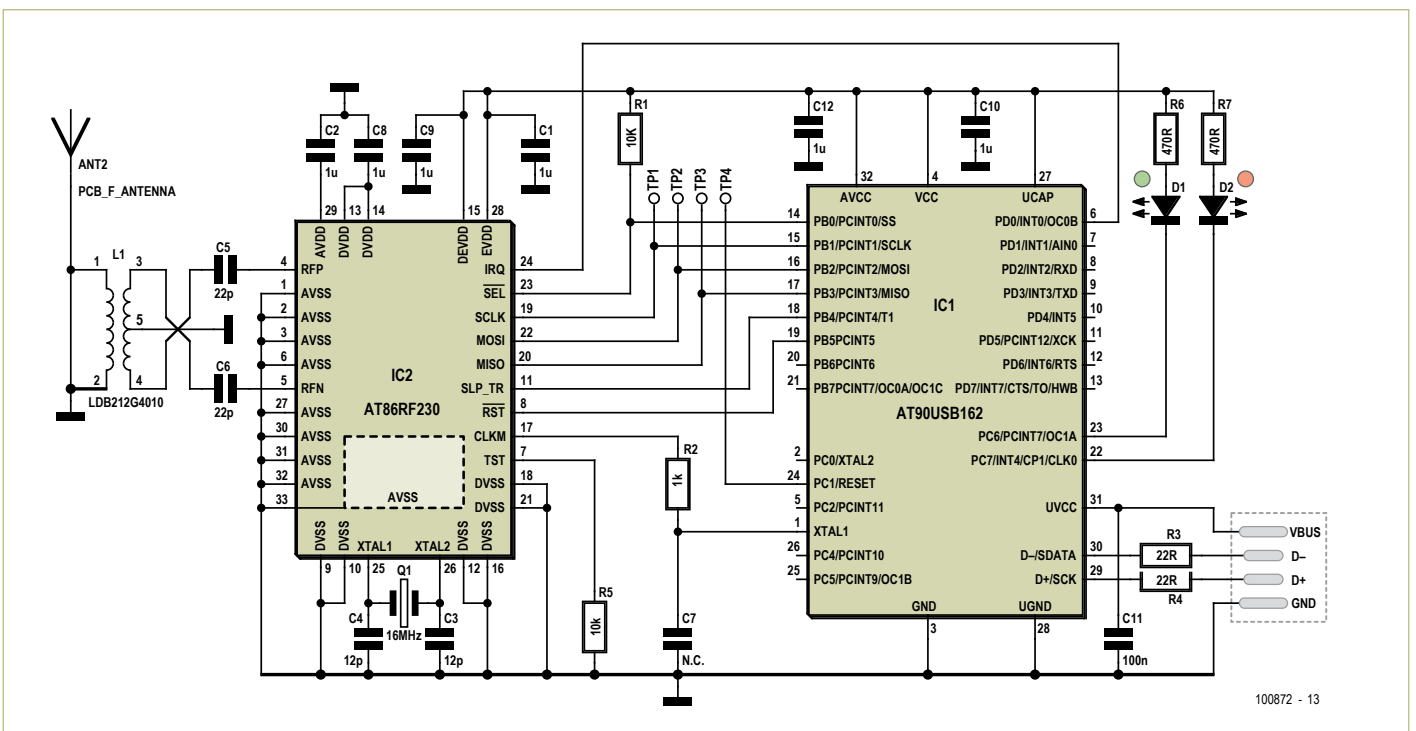


Figura 4. Circuito del stick USB ZigBee desarrollado especialmente para el interfaz OBD-2 ZigBee.

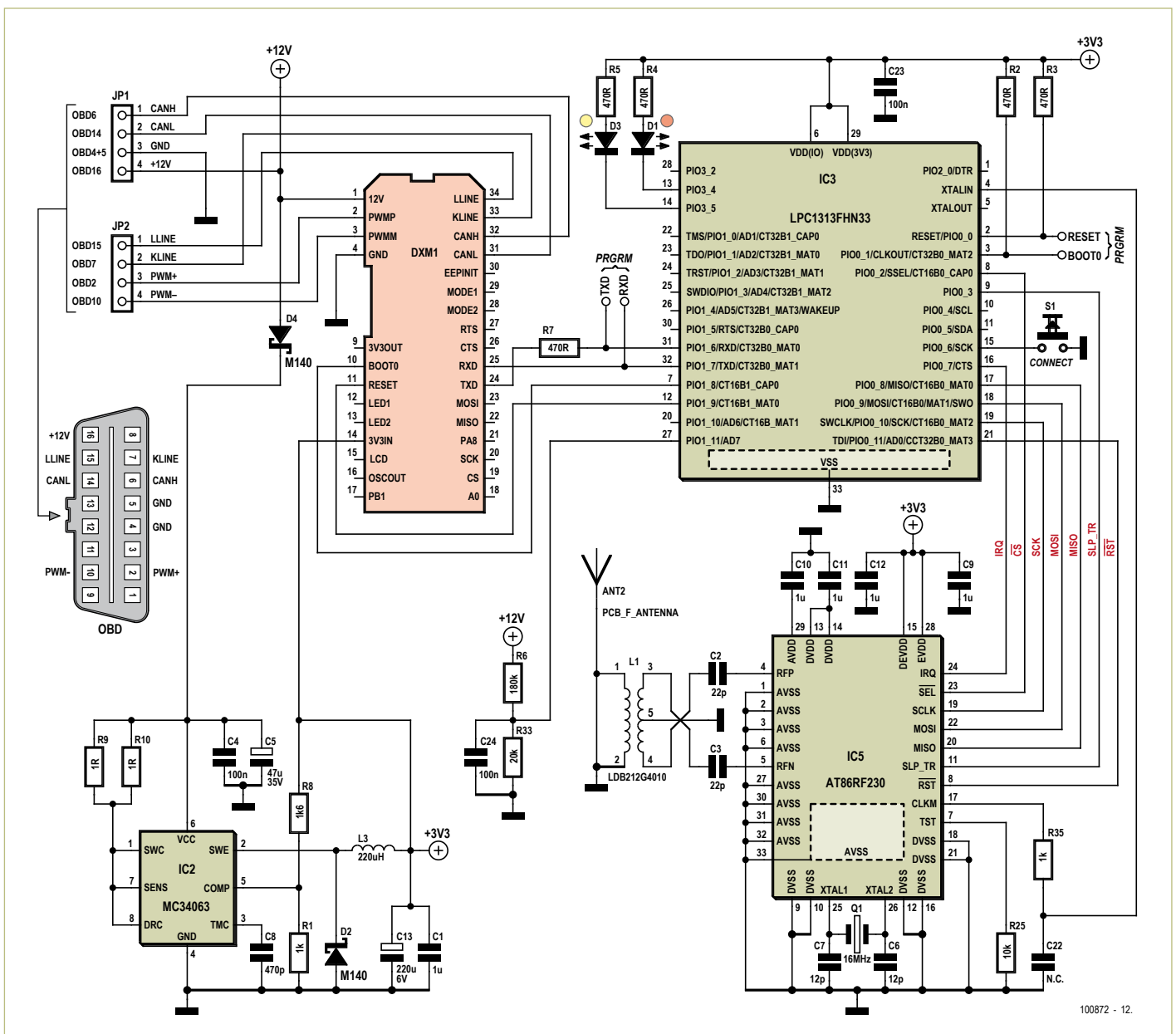


Figura 5. El interfaz OBD-2 incluye dos procesadores ARM-Cortex: uno para el OBD en el módulo DXM y otro para transmitir datos junto con el chip transceptor ZigBee AT86RF230.

tooth [4] del analizador OBD-2 NG [2]. La unidad ya viene completamente configurada y transmite datos a 19.200 baudios. Por ello, el módulo DXM se configura también con esta tasa de transferencia.

La alimentación del circuito se hace mediante el propio conector OBD-2 a los 12 V de la tensión de abordaje del automóvil. Previo al diodo D1 que evita una posible polaridad inversa se encuentra un pequeño regulador que reduce esta tensión a 3,3 V para ambos módulos.

El BTM222 se trata de un llamado módulo Bluetooth de clase 1. Su rango estimado son unos 100 m. Sin embargo, esta distan-

cia sólo se alcanza si se cumplen las condiciones ideales y en la otra parte tenemos un transceptor Bluetooth también de clase 1, lo cual no es el caso en la mayoría de ordenadores portátiles. Si es necesario alcanzar el máximo rango posible, en el PC podemos incorporar un stick USB Bluetooth de clase 1 como transceptor. En la tarjeta incluida en el kit se ha realizado con las propias pistas una antena $\lambda/4$. Esta antena es más que suficiente, y en ningún caso ha de sustituirse por otra antena de cable soldada. La tarjeta también está equipada con los componentes SMD necesarios, de modo que las partes restantes a

soldar son pocas (el componente azul de la figura 3 no es un condensador electrolítico, sino la bobina L1).

ZigBee

Mientras que en el Bluetooth la transferencia de datos ha de inicializarse y funciona mediante contraseñas, en el ZigBee se trata de una comunicación de punto a punto, que se establece tan pronto como ambos transceptores se reconocen entre sí. Ya que los portátiles no tienen integrado un transceptor ZigBee, para disponer de un puerto de este tipo tendremos que servirnos de un stick USB ZigBee conectado a éste. Su rango

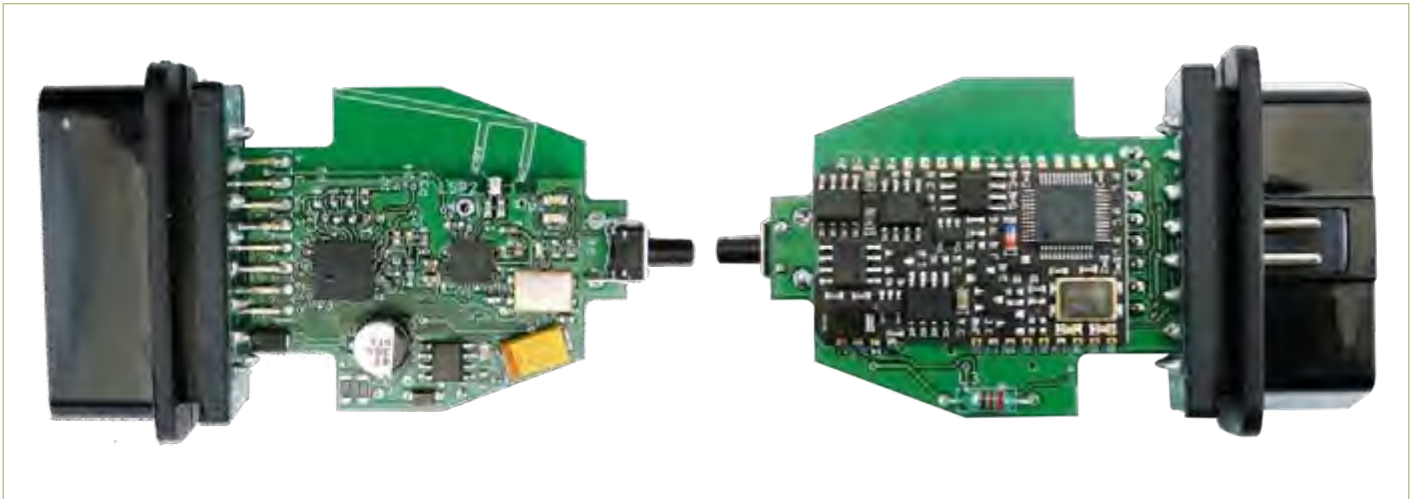


Figura 6. Caras superior e inferior de la tarjeta del interfaz ZigBee, con el conector OBD soldado.

efectivo puede alcanzar los 40 m, pero no está diseñado para tales distancias.

El circuito para el stick USB ZigBee desarrollado para este proyecto se representa en la **figura 4**. Tanto aquí como en el diseño ZigBee del circuito del interfaz OBD-2 de la **figura 5** se utiliza un transceptor ZigBee AT86RF230 de Atmel, que en cada caso ha de ser configurado por software. Esto se hace en ambos circuitos mediante un controlador host. En el circuito del interfaz OBD hay un LPC1313 Cortex-M3 de NXP y el stick USB de Atmel AT90USB162. Ambos controladores se encargan por su cuenta de inicializar y optimizar la transferencia de datos OBD-2. Todos los datos transferidos han de ser convertidos a un patrón especial para OBD-2, con lo que finalmente se obtiene un formato de transferencia propio, por lo que solo podemos utilizar este stick USB ZigBee (y no otro). El LPC1313 proporciona el flujo de datos tan rápido que no existen tiempos de latencia adicionales. En resumen, contamos con un interfaz ZigBee-OBD-2 con un potente controlador de 32 bits Cortex-M3. El AT90USB162 para el stick supone una excelente opción, pues dispone de un puerto USB integrado.

La conexión del transceptor ZigBee AT86RF230 se ha hecho siguiendo las especificaciones de Atmel. Un transmisor (Balun) adapta la señal a la antena $\lambda/4$ con pistas de la tarjeta. El firmware para ambos controladores puede descargarse en hexadecimal desde la página web de Elektor [5]. El interfaz ZigBee ofrece también un componente de creatividad, las líneas de programación de ambos controladores son accesibles desde la propia tarjeta. De esta manera, los usuarios interesados podrán ponerse manos a la obra con un programador ISP [6]. El

botón S1 de la figura 5 en realidad sólo es necesario para “enseñar” a un nuevo stick USB ZigBee.

El cableado del conector OBD-2 y la alimentación no se diferencian esencialmente de la versión Bluetooth. También se oferta un kit para el interfaz OBD-2 ZigBee, que incluye la tarjeta con todos los SMDs montados y el resto de componentes necesarios. La **figura 6** muestra la tarjeta montada al completo con el conector OBD soldado. El stick USB ZigBee correspondiente al circuito de la figura 4 está disponible ya listo, no obstante, también puede consultar la tarjeta (véase la **figura 7**).



Figura 7. Stick USB ZigBee con tarjeta en carcasa transparente.

Montaje

En ambas versiones el módulo DXM va soldado en la parte posterior de la tarjeta. Si fuera necesario desoldar este módulo, así como el BTM222 de la versión Bluetooth, puede resultar útil un pequeño truco: cortamos una pequeña tira de papel (10 x 25 mm) y la colocamos entre el módulo y la tarjeta (**figura 8**), de modo que este papel guarde una ligera distancia. Es suficiente para que al desoldar con el soldador o la trenza el módulo se separe bien de la tarjeta.

Al soldar los módulos (DXM y BTM222 en el interfaz Bluetooth) lo mejor es estañar sólo los pines que verdaderamente se utilizan en el circuito. En las **figuras 9** y **10** dichos pines están marcados con puntos de colores. Para soldar los pines de masa del módulo hará falta un soldador con la suficiente potencia. En el interfaz Bluetooth, junto a la bobina L1 (el componente azul de la figura 8) han de soldarse aún los pines para RXD y TXD, y colocar ambos jumpers (véanse las figuras 8 y 9).

En el interfaz ZigBee se suelda la bobina en la cara de la tarjeta que tiene el módulo DXM.

El montaje del conector OBD en ambas versiones de interfaz es igual: se suelda primero el conector de 8 pines y después se quita la tira de plástico negro (sacar de los pines con un cuchillo o unos alicates). Esto hace que soldar el bloque del conector OBD2 –en sentido correcto– sea considerablemente más fácil. En la página de Elektor de este artículo [5] pueden encontrarse unas cuantas fotos, así como un pequeño resumen del montaje, los cuales pueden servirnos de orientación. Finalmente, atornillamos las cubiertas, insertando antes una pequeña lámina de plexiglás. En el interfaz ZigBee se introdu-

cen dos láminas (una de ellas con un taladro y frente transparente), de modo que pueda pulsarse el botón S1 cuando sea necesario.

Test

Si disponemos de un simulador OBD Elektor [7] podremos hacer pruebas desde la propia mesa del laboratorio. Si no, tendremos que utilizar el “verdadero” conector OBD del vehículo. Tras conectar el interfaz en el socket de diagnóstico se iluminarán ambos LEDs del módulo DXM brevemente, notificando que está haciendo un autochequeo. Ahora, para el interfaz de Bluetooth iniciamos su soporte en Windows, le permitimos que se conecte al nuevo dispositivo encontrado introduciendo la clave “1234”.

Windows permite gestionar numerosos puertos COM virtuales. El primero se utiliza también en el software del usuario como puerto de comunicaciones. Mediante un programa terminal como por ejemplo AGV-Supertool [8] se accede al interfaz. Se fija la tasa de baudios a 19200, seleccionando el puerto COM correcto. En la ventana del terminal se introduce “ATZ” o “ATI”, a lo que el interfaz responderá con su identificación DXM. En tal caso, podemos dar por concluido el test de comunicación Bluetooth. Para el interfaz con ZigBee primero hemos de instalar el driver. Después conectamos el stick USB ZigBee y aparecerá el asistente de Windows, con el cual cargamos el driver descargado desde la web de Elektor. No hace falta contraseña, la conexión por radio se establece automáticamente. Antes de nada pasamos a comprobarlo con la pequeña herramienta “ED-Tester”. Ambos componentes, host y stick, han de reconocerse mutuamente. La intensidad de la señal mostrada debe estar entre 30 y 50.

Software

El software de diagnóstico en el PC funciona independientemente del estándar

de transmisión por radio, “moDiag” ya fue presentado en la expansión Bluetooth [4] del “analizador NG” de la edición de Elektor 4/2010 y está disponible para descargar en [5]. El programa “OBD-DIAG” es compatible con ambos interfaces. Resulta interesante la posibilidad de transferir datos de un smartphone por Bluetooth. No obstante, necesitaríamos un software de diagnóstico ejecutándose en el smartphone, el cual habría que desarrollar. Los autores estarían encantados de apoyar a semejante diseñador de software con su ayuda y consejos.

(100872)

Enlaces

- [1] www.dxm.obd-diag.net (Módulo DXM)
- [2] www.elektor.es/090451 (Analizador OBD-2 NG)
- [3] www.elektor.es/080948 (Bluetooth con el ATM18)
- [4] www.elektor.es/090918 (Expansión Bluetooth para el OBD-2-Analyser NG)
- [5] www.elektor.es/100872 (Página de proyecto del OBD-2 inalámbrico)
- [6] www.obd-diag.de (Programador ISP/STM/NXP)
- [7] www.elektor.wa/080804 (Simulador OBD-2)
- [8] www.er-forum.de/obd-diag-dl (Software OBD-DIAG)



Figura 8. Una tira de papel entre la tarjeta y el módulo facilita su desoldadura posterior.



Figura 9. En el montaje del módulo DXM conviene soldar a la tarjeta únicamente los pines utilizados.



Figura 10. Aquí pueden verse los pines que hemos de soldar en el módulo Bluetooth. El resto no son necesarios.

Productos y servicios Elektor

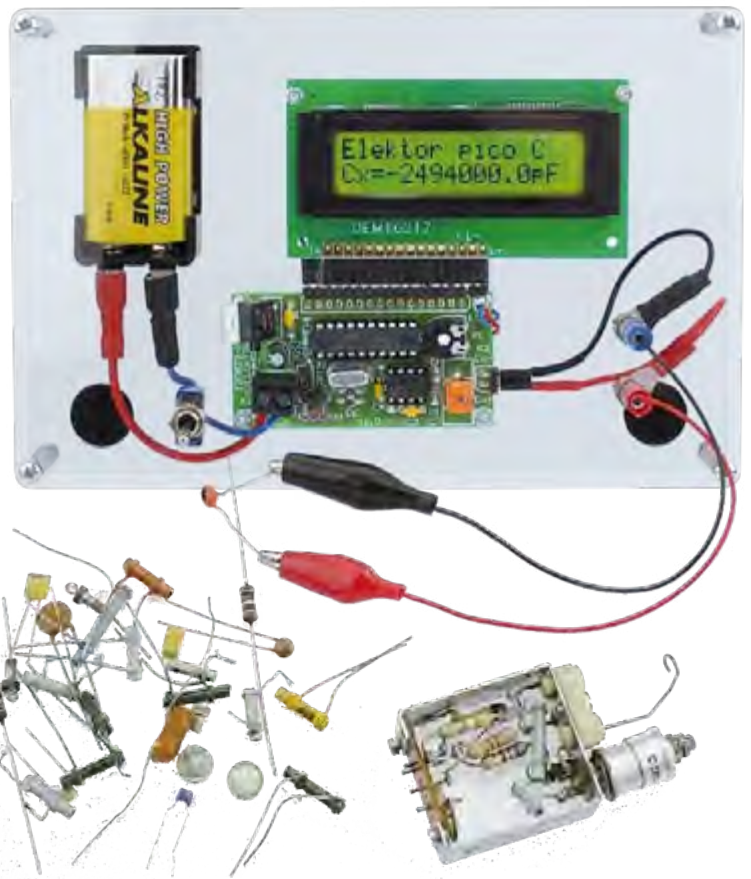
- Interfaz OBD-2 Bluetooth, kit con la tarjeta y los SMDs montados, y el resto de componentes incluida la carcasa: ref. 100872-72
- Interfaz OBD-2 ZigBee, kit con la tarjeta y los SMDs montados, y el resto de componentes incluida la carcasa: ref. 100872-71
- Stick USB ZigBee compatible con el interfaz OBD-2 ZigBee, listo para funcionamiento: ref. 100872-91
- Información y descarga gratuita del software en www.elektor.es/100872

Pico C

Encantados de recibir al ATtiny y los Pequeños Picofaradios

Vladimir Mitrovic (Croacia)

Incluso los multímetros digitales de altas prestaciones (y precio), que se jactan de incorporar un medidor de capacidad integrado, son inútiles si queremos comprobar una capacidad de bajo valor como el de 2,7 pF o 5,6 pF. Por lo general, estos equipos están ligados a un rango de medida más bajo de sólo 2.000 pF, algo que provoca una gran risa a los diseñadores de RF y a los radioaficionados. Aunque la resolución de un multímetro digital (DMM) de 3,5 dígitos es de 1 pF, cualquier medida por debajo de los 200 pF producirá unos resultados poco definidos, si no ridículos. Pico C hace un trabajo mucho mejor. Superando, sin duda, a muchos DMMs, éste pequeño instrumento mide fácilmente capacidades de hasta fracciones de picofaradios.



Las pequeñas capacidades, como las del rango por debajo de los 10 (picofaradios pF), son a menudo invisibles aunque no quiere decir que sean insignificantes. El diseñador de RF experimentado sabrá, no sólo donde buscar y localizar dichas capacidades, sino también explicar a los más sabios en DC cómo una pequeña pista, con un pequeño valor de pF en un circuito, puede decidir entre una oscilación salvaje y un comportamiento controlado, que las radiaciones EMC Pasen/No-Pasen, en una producción masiva en China o en un "prototipo permanente". Veamos el ejemplo donde

hay una gota de soldadura con un residuo de resina seca negruzca alrededor de ella: esto puede equivaler a una capacidad de 1,5 pF y no es de extrañar que el oscilador de la CPU, de 2 GHz, no funciona porque ve una reactancia significativa (no dudes en hacer los cálculos; no son nada divertidos). Del mismo modo, una pista en la placa de circuito impreso de 10 cm de largo que "transporta" pulsos en el rango de los nanosegundos a través de una placa de cuatro capas barata, fácilmente tendrá una capacidad de 5 pF, lo que producirán sobre-oscilaciones y otros efectos no dese-

dos como resonancias, que alterarán la lógica digital en el otro extremo (no dudes en hacer los cálculos, son realmente horribles). Los pequeños condensadores son una delicia para los radioaficionados y los reparadores de radio y nuestro editor no ha podido resistirse a hurgar en sus bandejas de componentes antiguos para mostrarnos unos pocos especímenes en la **Figura 1**. También hemos podido ver condensadores de polietileno de capacidades relativamente pequeñas (del orden de 500 pF), utilizados en circuitos de audio de alta fidelidad y a los que puede

Prestaciones

- rango: <1 pF a 2000 pF (garantizado); 2500 pF posible
- resolución: 0.1 pF
- lectura: pantalla LCD de 2 líneas
- bajo coste, sin componentes SMD
- microcontrolador ATtiny2313 DIP20
- fácil calibración con condensador de referencia de 100pF 1%
- código fuente y hexadecimal gratuito
- microcontrolador, placa y kit disponibles en Elektor



(a) Trimadores Philips 'beehive'. Baratos. Su montaje ingenioso asegura una respuesta lineal en todo su rango(!) El rotor (parte móvil) normalmente está conectado a masa (¿por qué?). **5–30 pF ajustable.**



(b) Condensadores cerámicos, separación entre terminales del 5 mm. Alcanzando los límites de fotografía de Elektor. A destacar la impresión para indicar el valor. **0.82 pF y 120 pF.**



(c) Condensador cerámico tubular. Alta tensión de trabajo (250 V tip.). **12 pF, 39 pF, 320 pF.**



(d) Condensadores de "feedthrough" (acoplamiento entre líneas). Baja inductancia de fuga. Ideal para desacoplo en RF. **200 pF, 470 pF, 1 nF.**



(e) Condensadores de disco y de caja (Coffin). Factor de bajas pérdidas, inductancia de fuga cero. Acoplamiento y desacoplo en la placa. ¡Componentes frágiles! Conexión directa a las pistas de la placa y al plano de masa de cobre. **27 pF, 820 pF.**



(f) Condensador de ajuste cerámico. **3.5–10 pF ajustable.**



(g) Condensador de ajuste tubular. Si no está en serie, el rotor mayor conectarlo a masa. **0.3–3 pF, 1-6.5 pF.**



(h) Condensador de mica plateado. Tensión de trabajo de 500 V, 1966 NOS. Disponible en Ebay. **470 pF.**



(i) 'Twister' es el más barato y ultra-pequeño condensador que podemos hacer. Torceremos los hilos para incrementar la capacidad, paramos y cortamos al valor deseado más próximo. Adecuado para trabajar con tensiones de hasta 200 VDC. **0.2-1.5 pF ajustable.**

Figura 1. Pequeña capacidad no necesariamente equivale a pequeño tamaño o pequeña importancia. Aquí tenemos una muestra de condensadores raros, antiguos y de DIY en el rango de 0,2 a 500 pF.

LISTA DE COMPONENTES

Resistencias

R1 = 1MΩ 1%

R2 = 5.6Ω

P1 = 10kΩ potenciómetro, horizontal

Condensadores

C1 = 10μF/63V, axial, separación entre terminales de 2,5mm

C2, C3, C4 = 100nF/50V cerámico, separación entre terminales de 0,2 in (5,08mm)

C5, C6 = 15pF/100V cerámico, separación entre terminales de 0,2 in. (5,08mm)

C7 = 220pF/63V 1%, polietileno, separación entre terminales de 7.18mm, p.e. LCR

Components # EXFS/HR 220PF +/- 1%
Opcional: 1000pF 1% condensador de referencia, polietileno o polipropileno

Semiconductores

D1 = 1N4004

IC1 = 7805

IC2 = TLC555 8-terminales DIP, p.e. Texas Instruments TLC555CP

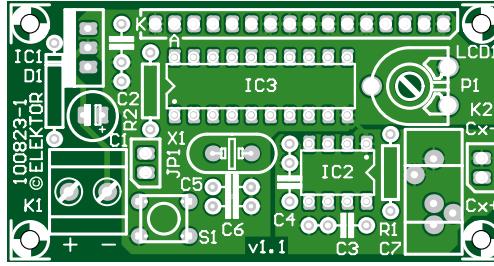


Figura 3. Todos los componentes, excepto la pantalla LCD, van sobre esta sencilla placa de circuito impreso de doble cara. La pantalla LCD se puede colocar verticalmente u horizontalmente, utilizando el conjunto conector de 16 terminales. En nuestro caso, hemos usado el montaje horizontal que permite que las dos placas sean montadas sobre una Caja de Proyectos de Elektor.

IC3 = ATtiny2313-20PU, programado, tienda de Elektor # 100823-41, ver [1]

Varios

K1 = bloque de 2 terminales de tornillos separación entre terminales de 5mm

K2 = "pinheader" de 2 terminales y receptáculo, separación entre terminales de 0,1 in. (2,54mm)

JP1 = puente, 0,1 in. (paso de 2,54mm)

S1 = pulsador, SPNO, 6mm

X1 = 20MHz cristal de cuarzo, CL=18pF, 50ppm, hilos de soldar

LCD = DEM16217, 2x16 caracteres con retroiluminación, p.e. Elektor # 030451-72

Conector LCD = "pinheader" de 16 terminales (14+2) SIL y zócalo, ángulo recto, separación entre terminales de 0,1 in. (2,54mm). Ver texto para conexión de la pantalla LCD DEM16217.

20-pin DIP socket for IC3

8-pin DIP socket for IC2

PCB, Elektor # 100823-1

Kit de componentes, que incluye Project Case, PCB, LCD y microcontrolador programado; Elektor # 100823-71.

- la relación entre la capacidad y el ciclo de trabajo del oscilador no es lineal para capacidades por debajo de 100 pF.

Para poder compensar la desventaja de una capacidad de C7 relativamente alta, se han tomado varias medidas en el lado del microcontrolador:

- en lugar de medir es sólo un ciclo, mide el periodo de tiempo de 24 ciclos;
- gracias a la elevada señal de reloj del ATtiny de 20 MHz, se dispone de 680 conteos para resolver un cambio de 1 pF, lo cual es una base sólida para realizar medidas precisas, incluso en el caso de un cambio de capacidad de tan sólo 0,1 pF;

cada una. También podemos controlar el LED de retroiluminación (de forma opcional) montando ("on") o quitando ("off") el puente JP1. Si fuse necesaria, la resistencia R2 define la intensidad de iluminación. Debemos asegurarnos de adaptar su valor para que cumpla con los requerimientos de la pantalla LCD que estamos usando. El módulo LCD DEM16217 suministrado por Elektor tiene una resistencia serie interna y su retroiluminación consume normalmente 33 mA con 5 VDC. El contraste de la pantalla LCD se ajusta a través del potenciómetro P1. Cuando presionamos el pulsador S1 forzamos el paso de la línea PDo a nivel bajo, con

nación de la pantalla LCD deshabilitada (el instrumento solo consume alrededor de 20 mA). El diodo D1 proporciona un cierto grado de protección contra inversiones de polaridad de la fuente de tensión DC. La sustitución del diodo con un hilo y del 7805 con un regulador de baja caída de tensión, permitirá que el medidor Pico C pueda llegar a ser alimentado con cuatro pilas de 1,5 V colocadas en serie.

Ensamblado

El pequeño instrumento está construido sobre una placa del circuito impreso diseñada por los laboratorios de Elektor. El

Condensador de referencia de 1000 pF y 1%, gratuito incluido con los 100 primeros kits de Pico C

- configurando los temporizadores Timer0 y Timer1 de forma que estén unidos a través de su terminal común PD5 (salida OCoB de Timer0; terminal de entrada de Timer1) y formar así un único contador binario de 25 bits, el cual asegurar, a su vez, una alta resolución.

El resto del circuito es bastante convencional. El microcontrolador ATtiny2313 trabaja a 20 MHz gracias al cristal de cuarzo X1 y a los condensadores de carga C5 y C6 (ver apartado específico). El microcontrolador ATtiny2313 controla directamente la pantalla LCD de dos líneas de 16 caracteres

lo que se dispara el modo de calibración del instrumento (veremos más sobre este punto más adelante).

Una fuente de alimentación, totalmente tradicional, alrededor de IC1 completa el diseño. El instrumento se alimenta a través de una fuente de DC, con una tensión de salida comprendida entre 9 y 12 V, capaz de proporcionar unos 200 mA si se utiliza la luz de fondo de la pantalla LCD. Un adaptador de tensión de red barato hará este trabajo admirablemente, aunque también se puede utilizar una pila de 9 V para realizar cortas medidas y con la luz de retroilumi-

plano de montaje de los componentes aparece en la **Figura 3** y los diseños de las pistas de cobre asociados, como suele ser habitual, están disponibles en la página del proyecto, para su descarga gratuita, en la página web de Elektor [1], donde también podemos encontrar el código fuente para el ATtiny y los ficheros hexadecimales. Para aquellos lectores que no tengan acceso al programador del ATtiny les gustará saber que están disponibles los microprocesadores ya programados en la tienda de Elektor [1]. Incluso hay más, está disponible un kit de componentes que incluye la placa de

Cuando un cero no es 0

C5 y C6, aquí los tenemos: ¡condensadores diminutos de sólo 15 picofaradios! Tan pequeños como pueden ser, si los colocamos con valores erróneos todo el circuito no funcionará. Estos condensadores proporcionan la carga requerida al cristal de cuarzo. Vamos a espiar a los laboratorios de Elektor que están respondiendo a una llamada telefónica técnica de un lector (un programador, probablemente) quejándose de que su circuito basado en un microcontrolador no funciona (debido a que el oscilador de la CPU está bloqueado).

No Señor, el marcado '151' sobre el condensador cerámico de XYZ Corp. Inc. No significa 151 pF sino 15 con un cero detrás de él. Es

decir, 150 pF, valor que también podemos encontrar impreso como 'n15' (0,15 nF). Cualquiera de los dos no es adecuado para el circuito del Pico C. Y no, el marcado '150' no significa 15 con ningún cero detrás de él, realmente significa 150 pF; 15 pF normalmente viene impreso como... '15p'. Gracias, encantado de ayudarle.

Un sinfín de problemas para la generación Youtube. Una pequeña risa de alguien avezado en electrónica desde los días de radio. Intentemos ahora con el marcado "p82" y "n12" (Figura 1b) y ¡todos nuestros lectores se sentirán felices de tener a mano un Pico C en su mesa de trabajo!

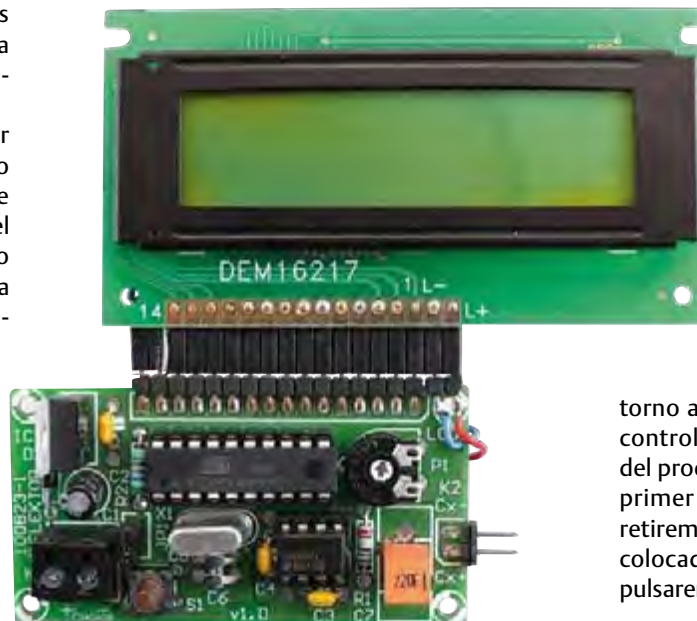
circuito impreso, una caja para el proyecto de Elektor, una pantalla LCD y el micro programado.

Todos los componentes son de montaje convencional y van sobre la cara de componentes de la placa. Se recomienda utilizar un zócalo de CI de 20 terminales de alta calidad para montar IC3 (atención a la orientación). Si trabajamos cuidadosamente y repetimos el prototipo del laboratorio que se muestra en las imágenes, tenemos grandes posibilidades de hacer el trabajo con éxito.

Debemos poner gran cuidado para evitar que el encapsulado del cristal de cuarzo llegue a tocar los puntos de soldadura de los componentes próximos a él. Este es el motivo por el que el cristal está montado a 0,1 mm por encima de la superficie de la placa o con un trozo de hoja de plástico delgada o cinta, insertada en medio.

La localización de C7 sobre la placa permite que se puedan montar condensadores con diferentes separaciones entre terminales (en función del encapsulado). Para el prototipo se ha utilizado un componente de poliestireno, color naranja brillante, del 1 % de Siemens. Existen varias opciones para alojar la placa dentro de una pequeña caja, por lo que dejamos a la elección del montador esta tarea. El prototipo fue montado en una caja para proyectos de Elektor (#100500-71), la cual también está incluida en el kit que podemos comprar para llevar a cabo el proyecto. Como es lógico, es obvio que el condensador "stray" y la entrada del TLC555 deben permanecer lo más próximos posible. En consecuencia, es primordial que la placa sea montada de manera que los condensadores bajo prueba sean conectados también con la longitud de sus terminales lo más corta posible. Recuerda, todo el cableado (incluido el de tipo fijo) representa una capacidad parásita que se añade a nuestra medida.

Al igual que otras pantallas LCD de 2x16 caracteres del mercado, la DEM16217 tiene sus conexiones "L+" y "L-" en el extremo "equivocado" del conector de 14 terminales, por lo que se ha "esquivado" este problema usando dos terminales separados que han sido cableados como se muestra



en la **Figura 4**. En caso de duda, consulta la hoja de características de la pantalla LCD.

Uso práctico y calibración

Antes de nada, siempre debemos conectar el condensador bajo prueba **directamente** a los terminales de Pico C o, si esto no es posible, usando los **terminales más cortos posibles**. Debemos recordar que aquí estamos tratando con capacidades muy pequeñas y que dos terminales de prueba de, digamos, 30 cm, representan fácilmente 50 pF o más, especialmente si se cruzan o están retorcidos.

Nuestro instrumento Pico C requiere de una calibración para poder trabajar correctamente y para ello necesitamos un condensador de alta precisión de 1000 pF (1 nF) del 1 %, de poliestireno, polipropileno, mica plateada u otro modelo de alta precisión. La rutina de calibración, presente en

el programa interno del ATtiny, es llamada automáticamente cuando el Pico C se enciende por primera vez y puede ser repetida las veces que queramos, basta con que presionemos el botón S1 y lo mantengamos pulsado hasta que aparezca el mensaje "Cal:" en la pantalla LCD (esto sería en

torno a 2-3 segundos). El microcontrolador nos guiará a través del proceso de calibración. Como primer paso, se nos pedirá que retiremos cualquier condensador colocado en K2 y, sólo entonces, pulsaremos brevemente S1:

Cal: C=0pF (S1)

En el segundo paso, se nos pedirá que conectemos el condensador de referencia de 1nF/1% y que, después, pulsemos brevemente S1:

Cal: C=1nF (S1)

Esto finaliza el proceso de calibración. El mensaje:

Calibrated

se muestra brevemente, con lo que Pico C entra en su modo normal de medida. En

el modo de medida el microcontrolador mide el periodo de 24 ciclos consecutivos de la señal de salida del oscilador, compara el resultado con los valores memorizados durante la calibración y, a continuación, calcula y muestra la capacidad del condensador medido en ese momento. Por ejemplo, si el condensador de referencia está aún insertado, la pantalla mostrará el mensaje:

```
Cx= 1000.0pF
```

O, si no hay condensador insertado, la pantalla mostrará:

```
Cx= 0.0pF
```

Podemos medir capacidades de hasta 2.000 pF o incluso un poco más elevadas. El límite superior actual está entre 2400 y 3000 pF, dependiendo de la frecuencia de trabajo de IC2. Hay un pequeño circuito interno y un programa de control que detectan los desbordamientos que se puedan producir en los contadores y variables. Los desbordamientos pueden producir resultados de cálculos erróneos o incluso un bloqueo del programa. Si insertamos un condensador con un valor demasiado elevado se detectará un desbordamiento en algún momento del cálculo y aparecerá el mensaje:

```
Error: C>>
```

Si esto sucede durante el modo de medida, dicho modo normal de medida se restablecerá tan pronto como hayamos retirado el condensador de valor demasiado grande. Si utilizamos un condensador de referencia no adecuado, aparecerá el mismo mensaje durante la calibración, algo que podemos interrumpir repitiendo el proceso con un condensador de referencia apropiado.

Precisión y estabilidad

La precisión del pequeño instrumento depende principalmente de la precisión de su condensador de referencia. Justo inmediatamente después de la calibración podemos esperar obtener una precisión del 1 %, ± 1 dígito o mejor, si podemos conseguir un condensador de referencia más preciso. Aunque la frecuencia de salida del tempo-

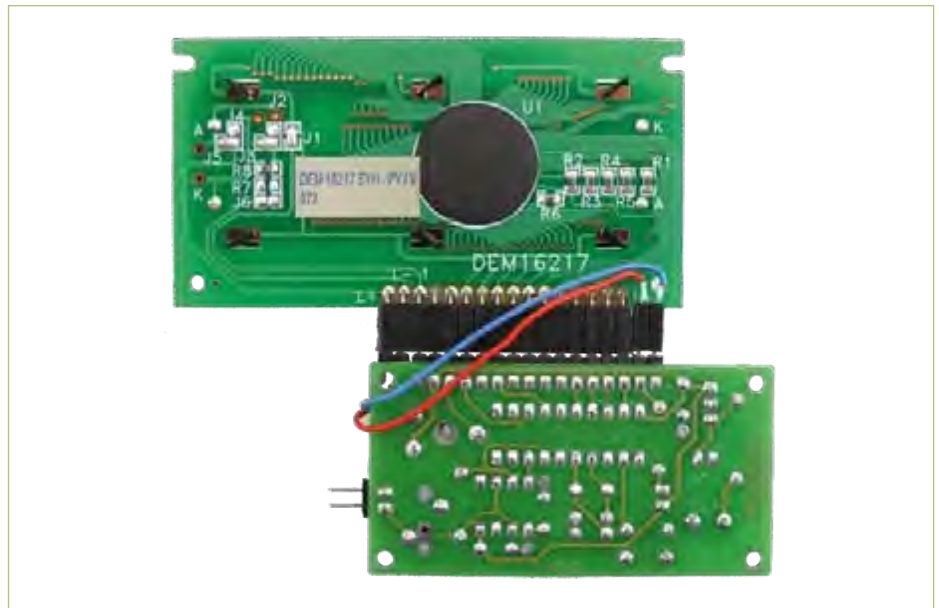


Figura 4. Como inconveniente, la pantalla LCD DEM16217 tiene sus conexiones para el LED de retro iluminación en el lado del terminal 1 de la tira de conector, lo que fuerza al uso de dos hilos y terminales del conector para conectar la placa del Pico C.

rizador TLC555 sólo depende ligeramente de la temperatura y de la tensión, podemos llegar a ver pequeñas fluctuaciones en la medida debidas a la alta resolución del instrumento. Por ejemplo, si medimos el mismo condensador durante varios minutos, se pueden observar algunos cambios en los resultados de dicha medida. En los laboratorios de Elektor, comprobando la estabilidad con un condensador de referencia de polipropileno de altas especificaciones de 1 nF, encontramos que el valor de medida tendía a aumentar unas pocas décimas de pF durante los dos primeros minutos, más o menos, después de la calibración. Después de varias horas, se podía ver que el valor medido cambiaba entre 1001 pF y 999 pF. Esto puede parecer impreciso, pero realmente representa una desviación de sólo el 0,1%. Durante el mismo período, sin un condensador conectado, se vio que la lectura variaba entre $-0,1$ pF y $0,1$ pF.

Si notamos imprecisiones persistentes en nuestras medidas, como una lectura diferente de $0,0$ pF sin tener conectado un condensador de prueba, o un error que supere claramente el margen del 0,1% cuando medimos el condensador de referencia, podemos (y debemos) repetir la calibración como hemos explicado previamente. Los valores de calibración se escriben en la memoria EEPROM interna del microcontrolador y serán usados la próxima vez que Pico C sea encendido. Si trabajamos con condiciones ambientales donde no hay cambios de temperatura significativos, Pico C

normalmente no requiere una calibración cada vez que va a ser usado. Sin embargo, como la memoria EEPROM del microcontrolador sólo permite 100.000 ciclos de escritura (según el representante de ventas de Atmel), no debe representar ningún problema si calibramos nuestro Pico C cada vez que lo estimemos oportuno.

Desarrollo del programa

El programa 'EE_pico_C.bas' ha sido escrito en el lenguaje de programación BascomAVR [2], con varias rutinas escritas en ensamblador. Las rutinas de interrupción y medidas han sido escritas en ensamblador para tener un mejor control sobre el tiempo. BascomAVR es bastante inútil cuando se trata de aritmética con variables largas y fue una dura tarea el adaptar todo el programa para que cupiese en los 2 KB que el ATtiny2313 tiene de memoria flash. Este es el motivo de por qué algunos cálculos y saltos condicionales han sido escritos en ensamblador, algo que podemos descubrir por nosotros mismos en el fichero con el código fuente disponible gratuitamente en la página web de Elektor [1].

(100823)

Enlaces en Internet

- [1] www.elektor.es/100823
- [2] Curso de Bascom AVR, partes 1-6, Elektor, de Septiembre de 2008 a Febrero de 2009.

PCs virtuales

¿Qué es la virtualización y qué podemos hacer con ella?

Con la virtualización puedes ejecutar más de un sistema operativo en un único ordenador al mismo tiempo. Quien aún no esté familiarizado con esta materia, se sorprenderá de la gran cantidad de ámbitos donde se puede aplicar. Además se mostrará que el software, con el que también podemos iniciarnos desde casa, se puede conseguir gratuitamente en Internet.

Evelien Snel (NL)

Cuando hablamos de un PC virtual no hacemos referencia a un portátil de un avatar como el de la **figura 1**, tampoco nos referimos a los servidores que hay en los armarios que están detrás de él. En este artículo nos referimos a un PC virtual como a “un PC dentro de otro PC”: Mediante software se puede simular el comportamiento de otra máquina.



Figura 1. Un hombre de negocios trabaja con su portátil virtual. Al fondo se pueden ver los servidores virtuales.

¿Qué es la virtualización?

Un ejemplo muy sencillo de una máquina virtual es la calculadora que hay en Windows/Linux/Mac OS: Este programa tiene todas las características de una calculadora de bolsillo excepto una: ¡No la podemos meter en el bolsillo!

Si el PC simula de la misma forma el comportamiento de otro PC, hablamos de un PC virtual. Al PC físico, el hardware, lo llamamos «anfitrión» y al PC (o varios PC) simulado lo llamamos «cliente(s)». No necesitamos limitarnos a un único cliente: Si el PC anfitrión es lo suficientemente potente, puede simular el comportamiento de

varios PCs al mismo tiempo. Tampoco estamos sujetos a un único sistema operativo: En un PC con Windows puedes ejecutar un sistema Linux sin ningún problema, y viceversa.

En sí, la idea de virtualización no es una cosa novedosa, sólo que los PCs de antes simplemente no tenían potencia suficiente como para ejecutar un PC cliente a una velocidad aceptable. Actualmente esto es diferente: Los procesadores son mucho más rápidos y disponen además de posibilidades especiales para la virtualización. La cantidad de memoria RAM disponible es el cuello de botella más importante y determina su rendimiento.

Aplicaciones

A un electrónico le resulta especialmente interesante, la posibilidad de construir un entorno completo de desarrollo en un entorno virtual, del cual se puedan hacer copias exactas (backup) muy fácilmente que más tarde se puedan depurar. El entorno de desarrollo del PC virtual tiene acceso a puertos USB y COM del PC anfitrión a través del software de virtualización. Lo mismo sucede con los reproductores de discos CD, DVD y blu-ray, la red, etc. Eso hace que el sistema virtual no esté limitado en sus posibilidades.

Realizando periódicamente copias de seguridad del sistema virtual (generalmente es suficiente hacer una copia de uno o varios ficheros que el software de virtualización utiliza para en sistema virtual), se garantiza la continuidad del diseño en el que se trabaja. En caso de que hubiera algún problema (de virus) se puede recuperar el entorno de desarrollo en un abrir y cerrar de ojos para luego seguir dónde estabas. Hacer copias de seguridad periódicamente, es, por lo tanto, una buena costumbre.

Otra aplicación es, por ejemplo, cuando quieres conocer Linux pero no tienes ganas de cambiar toda la configuración del PC Windows para eso. Con un PC virtual en tu PC, puedes experimentar a tu antojo. Nada malo puede pasar al PC anfitrión, ya que el software de virtualización protege los diferentes sistemas operativos entre sí. Así se puede investigar también, por ejemplo, un virus de ordenador, sin que el anfitrión se infecte. De la misma forma puedes instalar también un entorno de desarrollo Windows en un PC virtual en un PC MAC o Linux. Y viceversa.

También se puede ahorrar en costes: Muchos PCs en un entorno de oficinas casi no hacen otra cosa en todo el día que esperar la entrada de información. También está la ventaja de simular un gran número



Figura 2. La instalación de VMware Player.



Figura 3. VMware Player está instalado, ahora necesitamos una máquina virtual.

de PCs en un servidor central y así aprovechar mejor su capacidad. Esto genera un ahorro en costes de mantenimiento y en costes de energía. Además se pueden obtener subsidios de Medio Ambiente gracias al ahorro energético.

Soluciones disponibles

Un breve resumen de los programas de virtualización del PC más conocidos:

Virtualización Windows

Microsoft ofrece todo tipo de productos para la virtualización, pero no es muy servicial cuando se trata de soportar otros sistemas operativos que no sean Windows. Esto no quiere decir que sea imposible ejecutar, por ejemplo, Linux en Microsoft Virtual PC, sino que simplemente no lo alienta

XenSource

XenSource ha sido adquirido recientemente por Citrix y probablemente este sea el inicio de la comercialización de este bonito producto. El hipervisor Xen es una tecnología de código abierto desarrollado por un grupo de la universidad. Xen está muy enfocado al mercado profesional. Sin embargo hay una versión gratuita que sigue estando disponible.

Parallels

Parallels ofrece una amplia selección en productos de virtualización. Existen varios productos diferentes para casa y el trabajo tanto para Windows como para Mac y Linux. Por desgracia, no existe una versión completa gratuita. Sí es posible descargar una versión de prueba que funciona con una clave de registro temporal gratuita.

VMware

También VMware, quizás el más conocido, ofrece un gran número de productos diferentes. Entre ellos un software de virtualización gratuito y maduro que se puede utilizar sin límite alguno. VMware es una buena opción, para quien quiera empezar con la virtualización sin tener que sacar directamente el monedero. Vamos a profundizar un poquito más en ello.

Software gratuito de VMware

Al igual que con los otros proveedores de productos de virtualización, en el sitio Web de VMware se puede encontrar de todo. Se pueden descargar gratis los siguientes productos que además no tienen fecha de caducidad:

VMware Player (Reproductor VMware)

Hasta hace muy recientemente VMware Player sólo podía ejecutar máquinas virtuales ya existentes, pero a partir de la versión 3.0 también puedes crear nuevas máquinas virtuales [2] con Player.

Virtual appliances (dispositivos virtuales)

Los «Virtual appliances» de VMware son máquinas virtuales preparadas que se pueden cargar en VMware Player. Puedes elegir entre cientos de aplicaciones que, por otra parte, no todas son gratuitas. Sin embargo todas las instalaciones de Linux sí son gratuitas. Para poder descargar del sitio Web se requiere un registro (gratuito) [3].

VMware Converter (Convertidor VMware)

VMware converter puede crear una imagen de un PC existente para utilizarla luego como máquina virtual. Como sistema fuente puedes utilizar, por ejemplo, el mismo PC donde se está ejecutando el programa, pero también sirve una imagen del disco duro hecha con el programa de backup Ghost o con herramientas de Linux.

VMware Tools (Herramientas VMware)

Un PC virtual se ejecuta de forma completamente aislada del sistema anfitrión y se nota claramente si quieres copiar del PC virtual al anfitrión. ¡Esto no funciona! Las VMware Tools son un recurso que hay que instalar en el PC cliente para crear un pequeño agujero en ese aislante. Con eso sí es posible copiar ficheros directamente desde el sistema virtual al sistema anfitrión. Menos sencillo, pero también posible, es copiar los ficheros del PC virtual al PC anfitrión a través de la red. Es decir, ambos PC son visibles en la red.

Manos a la obra

Para empezar hay que descargar VMware Player desde [2]. Este programa se instala bajo Windows como cualquier otra aplica-



Figura 4. Viendo el canal de Elektor en YouTube... ¡En un PC Ubuntu virtual!

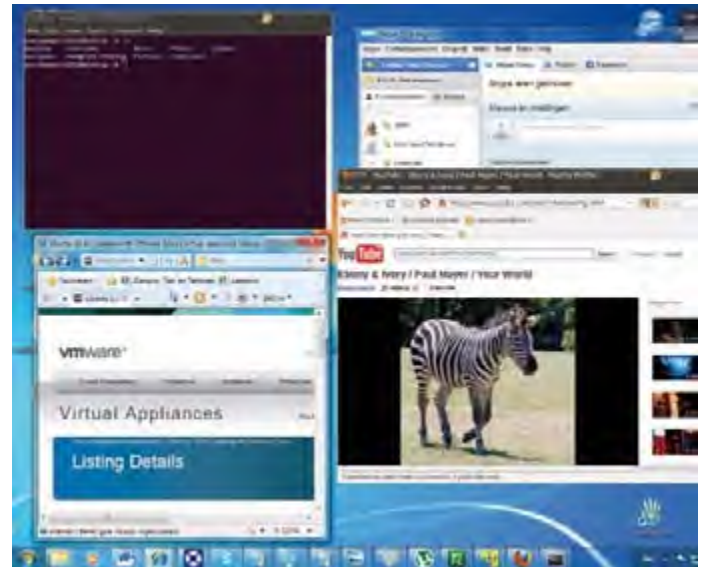


Figura 5. Ebony e Ivory; ¡Windows y Linux juntos en armonía en el escritorio!

ción (figura 2). Cuando se termina la instalación se puede ejecutar (figura 3), ¡para darnos cuenta de que aún no hay ninguna máquina virtual disponible que ejecutar! Desde la opción del menú *File -> Download a Virtual Appliance* podemos navegar directamente al sitio Web de VMware, donde podemos encontrar las distintas aplicaciones [3]. Por debajo el botón «Operating Systems» encontramos, sobre todo, muchas distribuciones Linux. Estas vienen listas para ser utilizadas (Una distribución como esta, va acompañada de los datos de acceso al sistema descargado. ¡Toma nota!)

Una buena elección es, por ejemplo, «Ubuntu 10.10 Desktop with VMware Tools» [4]. Está disponible en Chrysaor.info. A este sitio llegamos también al pinchar en «Download». La descarga se realiza con la ayuda de BitTorrent. Quien aún no tenga ninguna experiencia, puede encontrar un cliente torrent en [5] (En la descarga, no olvides desactivar todas las casillas que incluyen la descarga de barras de herramientas y todo tipo de cosas adicionales).

La imagen descargada está comprimida como fichero tgz. En Linux es fácil descomprimirlo, ¡pero aún no tenemos Linux! Lo estamos instalando en este momento... Afortunadamente también podemos descomprimirlo con el software gratuito de 7-zip [6].

Después de la descompresión tenemos una carpeta con el nombre `ubuntu1010desktop.vmx`, que podemos mover a, por ejemplo, «Mis documentos\Virtual Machines» (Esta es la ubicación por defecto donde busca VMware Player). Ahora se puede abrir la máquina virtual a través del botón «Open Virtual Machine» y ejecutarlo con «Play virtual machine». VMware Player ve ahora una máquina por primera vez y pregunta si la hemos movido o copiado. La opción correcta en este caso es copiado. Después existe la posibilidad de que se abra una ventana de diálogo con la información de los aparatos USB conectados; de momento cliqueamos para que desaparezca.

Ahora podemos entrar en nuestro nuevo sistema Linux con los datos de acceso que habíamos anotado anteriormente. Abre una ventana de terminal con la opción de menú *Applications -> Accessories -> Terminal*. Arranca después `vmware-toolbox` y `vmware-user` de la siguiente manera para que se pueda copiar y pegar desde y hacia Windows:

```
user@ubuntu1010desktop:~$ vmware-toolbox & [1] 19318
user@ubuntu1010desktop:~$ vmware-user
```

Arranca la máquina virtual de nuevo con «Restart...» en el menú superior de la derecha. A partir de ese momento se puede copiar/pegar directamente después del arranque. ¡Bienvenido a Linux! Si todo se ha hecho correctamente, podemos ver lo rápido (o lento) que funciona todo, a través de algunos videos de YouTube en nuestro PC Linux virtual (figura 4). Luego, si todo está bien, puedes empezar a instalar tu entorno virtual de desarrollo.

Finalmente: Unity

Para rematar la integración entre Linux y Windows, podemos probar finalmente la opción del menú *Virtual Machine -> Enter Unity*. Con eso se desacoplan las ventanas del escritorio de Linux para ser reproducidas en el escritorio normal de Windows (figura 5). ¿Quién podía haberlo imaginado? ¡Windows y Linux juntos como hermanos!

(100585)

Enlaces Web

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Virtualización>
- [2] www.vmware.com/products/player
- [3] www.vmware.com/appliances
- [4] www.vmware.com/appliances/directory/767933
- [5] www.utorrent.com
- [6] www.7zip.com

137 Años de Electrónica de Estado Sólido

Andrew Emmerson (UK)

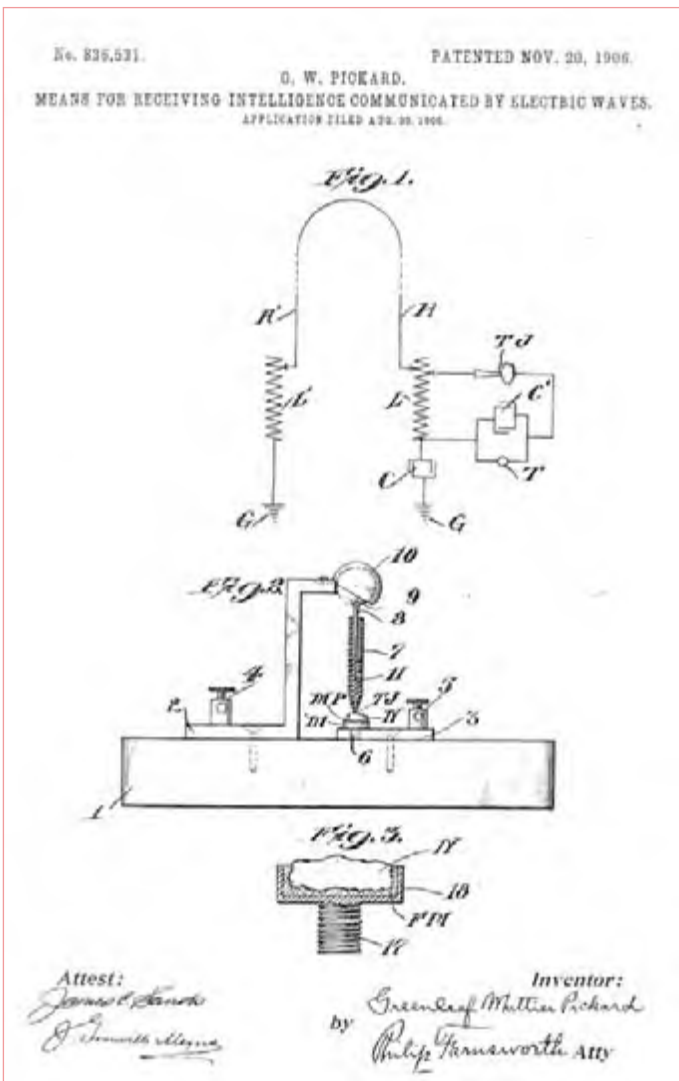


Figura 1. Patentes concedidas a Greenleaf Pickard en 1906 después de que perfeccionase el diodo de cristal.

Es posible que nos sorprendamos al saber que la electrónica de estado sólido se remonta hasta 1874, cuando realmente Ferdinand Braun inventó un rectificador de estado sólido con un punto de contacto a base de sulfuro de plomo. Pero el mérito principal para iniciar la revolución del silicio lo tiene Greenleaf Pickard de Amesbury, Massachusetts, quien descubrió que el punto de contacto entre un fino alambre metálico (el llamado “barba de gato”) y la superficie de ciertos materiales cristalinos (en particular de silicio) podían rectificar y demodular corrientes alternas de alta frecuencia, tales como las producidas por las ondas de radio en una antena receptora. En 1906 Pickard perfeccionó el detector de cristal (que él llamó

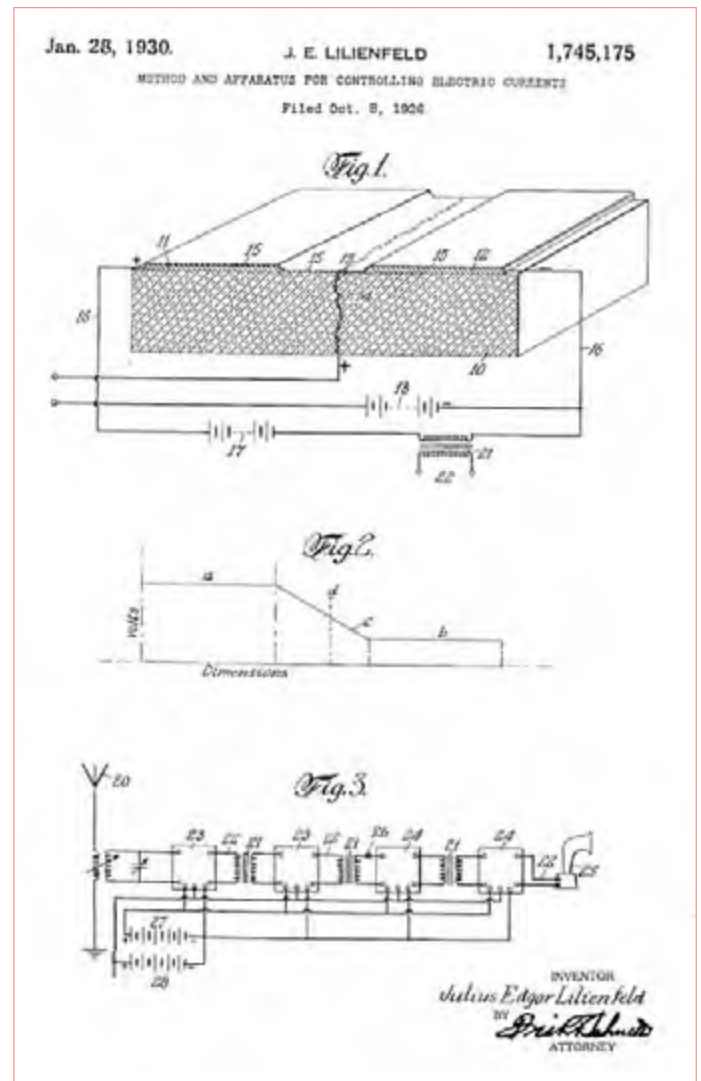


Figura 2. Patente de Lilienfeld de 1926 para un ‘Method and Apparatus for controlling Electric Currents’ (Método y Equipos para controlar las Corrientes Eléctricas).

un “interceptor de onda”) y sacó una patente para el uso del silicio en detectores (ver Figura 1). Este detector de cristal (rectificador de punto de contacto) fue la base de innumerables equipos receptores de radio de cristal, una forma de receptor de radio que fue muy popular hasta que la válvula termoiónica triodo superó al detector de cristal. Sin embargo, el diodo de Pickard fue un dispositivo puramente pasivo y para ganar el premio realmente, esa persona tendría que lograr la amplificación utilizando dispositivos de cristal. Esto no duró mucho tiempo, ya que, en 1910, el Dr. W.H. Eccles leyó un documento a la Physical Society of London (Sociedad de Física de Londres) sobre el uso de un cristal de galena para producir oscilacio-

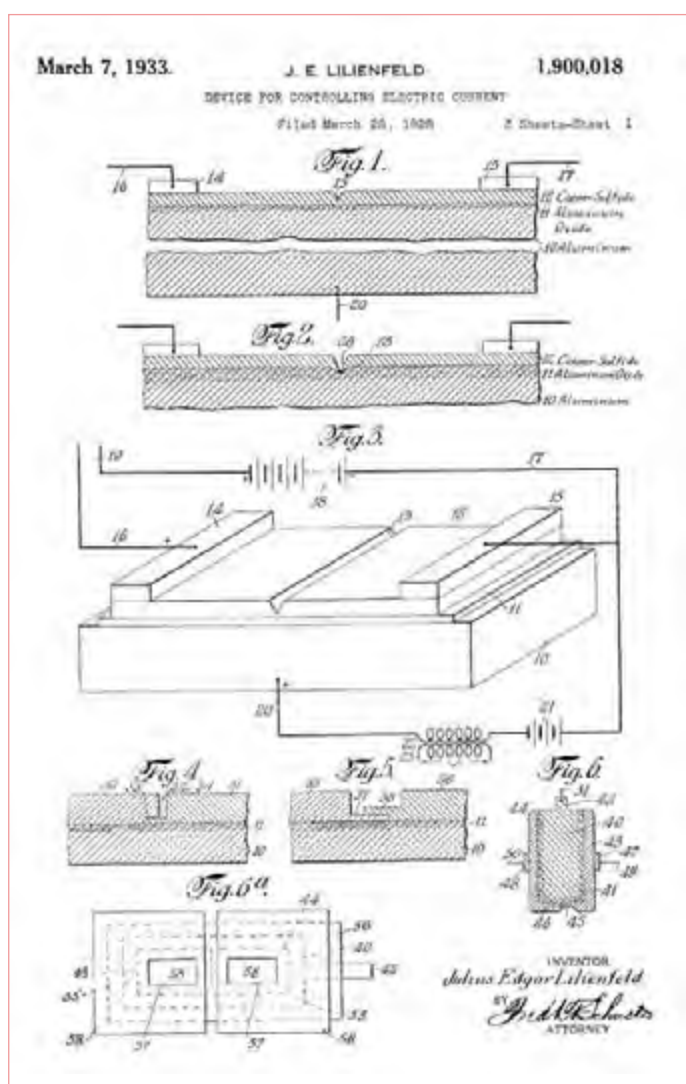


Figura 3. Esta patente de 1933 de Lilienfeld describe el principio del Transistor de Efecto de Campo (Field Effect Transistor, FET) y sus ventajas sobre los “tubos de vacío voluminosos”.

nes sostenidas, aunque la mayor parte del crédito para la creación práctica de dispositivos de amplificación de estado sólido es para Oleg Losev, de Rusia, que usó “zincita” (o cincita) y “bigote de gato” de acero con sesgo para hacer un oscilador e, incluso, un transmisor de baja potencia a principios de los años 20 (no está claro si Losev era consciente de la labor pionera de Eccles en la década anterior). El trabajo de Losev se informó en detalle en la edición de septiembre de 1924, de la revista *Radio News* (Noticias de Radio) y en los núme-

ros 1 y 8 de octubre de 1924 de la revista *Wireless World*. Hugo Gernsback, editor de *Radio News*, incluso predijo, correctamente, que los cristales algún día reemplazarían a las válvulas en electrónica. La mayoría de estos primeros experimentos (y ajustes adicionales) han sido reproducidos por los investigadores de hoy en día [1] y [2] y una publicación de *Popular Wireless* de 1925 ha sido publicado “en línea” [3] dando completos detalles de la duplicación de los circuitos del oscilador de cristal.

Falsa historia

La mayoría de nosotros creemos que el transistor fue inventado por los Laboratorios Bell Telephone (BTL) en 1947, lo que demuestra lo fácil que es difundir una falsa historia. De hecho, el equipo de BTL sólo creó una variante de un dispositivo inventado y patentado ya un cuarto de siglo antes. Tanto si lo pasaron por alto o decidieron ignorarlo, este logro anterior de que se pierde en la historia, pero lo que está fuera de duda es que el Dr. Julius Lilienfeld, de Alemania, se aseguró una patente de EE.UU. (ver **Figura 2**) para su invento de 1926. Lilienfeld creía que aplicando una tensión a un material poco conductor, éste cambiaría su conductividad y, así, conseguiría una amplificación. Así, mostró su notable receptor de radio sin válvulas en muchas ocasiones, pero ganó poco dinero, ya que amenazaba el dominio económico del tubo de vacío. Lilienfeld continuó evolucionando su patente original hasta conseguir el “Método y Equipos para Controlar las Corrientes Eléctricas”, con otra patente concedida en 1933 (ver **Figura 3**). El historiador de radio David Topham, GM3WKB, comenta: “la patente de EE.UU. 1.900.018 describe claramente el transistor de efecto de campo, su construcción utilizando técnicas de deposición de película delgada y usando dimensiones que se normalizaron cuando el FET de óxido de metal se fabricó (de hecho) en grandes cantidades más de 30 años después. La patente (y siguientes) describe las ventajas del dispositivo sobre los “complicados tubos de vacío”.

(110020)

Enlaces en Internet

- [1] <http://home.earthlink.net/~lenyr/iposc.htm>
Nyle Steiner reproduce los cristales de oscilación de Losev
- [2] <http://pw1.netcom.com/~wa4qal/crystal2.htm>
David Glass consigue oscilaciones de audio con hierro de pirita
- [3] https://docs.google.com/viewer?url=http://earlywireless.com/pdf/pw_xtal_experimenter_hdbk.pdf
Popular Wireless Crystal Experimenters Handbook, Octubre 1925
- [4] <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>
Motor de búsqueda para el texto completo de todas las patentes USA desde 1790 hasta nuestros días.

Retrónica (Recuerdos de electrónica) es una columna mensual que cubre equipos electrónicos antiguos, incluyendo diseños legendarios de Elektor. Se agradecen contribuciones, sugerencias y peticiones; por favor, enviad un correo electrónico (email) a redaccion@elektor.es.