

Instructor para el transceptor de radiofrecuencia con microcontrolador CC1010 de Chipcon

A. Cebrián, J. Rey, J. Millet

Antonio Cebrián

acebrian@eln.upv.es

Javier Rey

jareydel@doctor.upv.es

José Millet

jmillet@eln.upv.es

Departamento de

Ingeniería Electrónica,

Universidad Politécnica

de Valencia

Cada vez resulta más habitual encontrar en nuestro entorno un número creciente de dispositivos inalámbricos. Desde lo que podríamos considerar como dispositivos inalámbricos clásicos y entre los cuales podríamos citar: mandos de apertura de puertas de garaje, control del cierre centralizado de automóviles, control de sistemas de alarma, etc., hasta otros dispositivos, que si bien no han sido tradicionalmente inalámbricos, están migrando hacia esta tecnología: teclados, ratones y palancas de juego para ordenadores personales, agendas electrónicas (PDAs), accesorios de telefonía sin manos, etc.

No es de extrañar esta tendencia actual hacia la conexión inalámbrica si tenemos en cuenta la buena acogida que tiene este tipo de dispositivos en el mercado. Hoy por hoy, el usuario no sólo ha asimilado perfectamente esta tecnología sino que además empieza a exigirla.

En general, podemos afirmar que al usuario le resulta incómodo el uso de cables de conexión por parte de los dispositivos, especialmente si éstos son dispositivos portátiles. No obstante, existe una excepción a esta regla que viene dada por los

dispositivos que requieren de la transferencia de un volumen elevado de información y en los cuáles, prima la velocidad de transferencia sobre el tipo de conexión.

Un ejemplo muy actual es el caso de la transferencia o volcado de las fotografías realizadas con una cámara digital hacia un ordenador personal. En este caso, y con objeto de minimizar el tiempo de transferencia, se utilizan conexiones a través de cable como puede ser la conexión USB [1].

Para aquellos dispositivos que no precisan de la transferencia de un volumen elevado de información, parece que la apuesta de futuro pasa por el uso de conexiones inalámbricas.

Con objeto de introducirse en el mundo de los dispositivos inalámbricos, se ha realizado un instructor para el transceptor de radiofrecuencia con microcontrolador CC1010 de Chipcon [3]. Dicho instructor permite evaluar el transceptor de radiofrecuencia con el microcontrolador CC1010 y sirve como base para la realización de diseños a medida con conexión inalámbrica.

Transceptor de radiofrecuencia con microcontrolador CC1010

El transceptor de radiofrecuencia con microcontrolador CC1010 de Chipcon constituye una solución completa de diseño puesto que integra en el mismo circuito integrado un transceptor de radiofrecuencia de muy bajo consumo junto con un microcontrolador basado en la arquitectura clásica del 8051 de 8 bits que incorpora numerosos periféricos. De entre las características del circuito integrado CC1010 podemos destacar:

Transceptor de radiofrecuencia

- Rango frecuencias: 300-1000 MHz.
- Compatible con bandas ISM (433 MHz y 868 MHz).
- Muy bajo consumo.
- Alta sensibilidad (-107 dBm).
- Potencia de salida programable hasta +10dBm.
- Velocidad de transmisión programables hasta 76.8 kbits/s.
- Pocos componentes externos.
- Posibilidad de implementación de protocolos con salto de frecuencia.
- Indicador de nivel de señal recibida (RSSI).
- Compatible con normas EN300220 y FCC CFR47.

Microcontrolador 8051

- Rendimiento 2.5 veces superior al 8051 estándar.
- Tensión de alimentación de 2.7 a 3.6 V.

Figura 1: Módulos de radiofrecuencia de LPRS

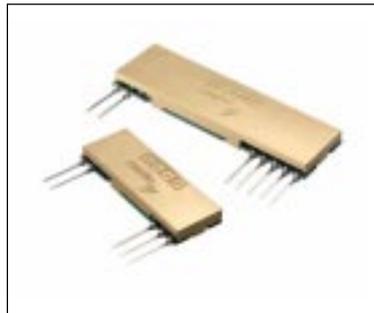
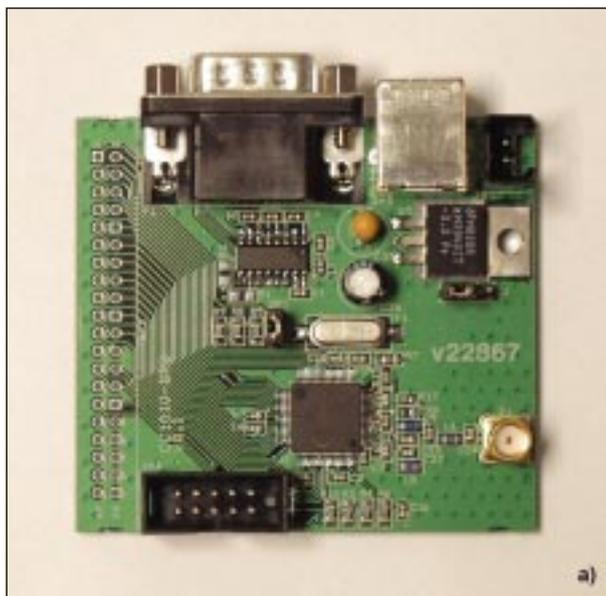


Figura 2: Instructor para el transceptor de radiofrecuencia con microcontrolador CC1010 de Chipcon



Desde el punto de vista del desarrollador de dispositivos, la migración hacia el mundo inalámbrico puede requerir más o menos trabajo en función de las expectativas marcadas.

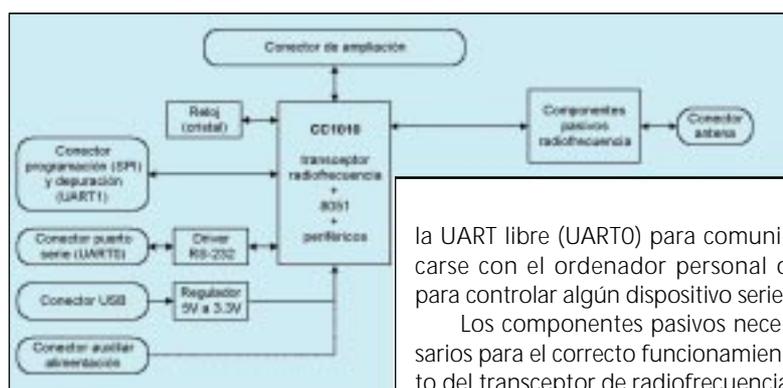
Si el tiempo de desarrollo es el factor más crítico por encima incluso del coste final del dispositivo, la mejor solución pasa por el empleo de un módulo de radiofrecuencia [2] comercial (fig. 1). En cambio, si el coste final del dispositivo es el factor más crítico, no queda más remedio que integrar la parte de radiofrecuencia en la propia tarjeta de circuito impreso desarrollada. Pensando en un futuro a medio y largo plazo, la opción más atractiva pasa por la integración de la parte de RF en el propio diseño del dispositivo.

- 32 kbytes de memoria *flash*.
- 2048 + 128 bytes de SRAM.
- Convertidor A/D con 3 canales de 10 bits.
- 4 temporizadores (2 con PWM).
- 2 UARTs.
- Reloj de tiempo real.
- Watchdog.
- Bus SPI.
- Módulo de encriptación DES.
- 26 pines de entrada/salida.

El gran número de periféricos integrados en el circuito integrado CC1010 permite implementar una gran variedad de diseños a medida con conexión inalámbrica necesitando únicamente un pequeño número de componentes pasivos externos adicionales.

Instructor

Dado que el circuito integrado CC1010 integra tanto el transceptor de radiofrecuencia como el microcontrolador además de un gran número de periféricos, en el instructor desarrollado (figura 2) únicamente ha sido necesario incluir el propio circuito integrado CC1010 junto con los componentes pasivos necesarios para su correcto funcionamiento. Además, se han proporcionado los medios necesarios para dejar abierta la posibilidad de ampliación del instructor, así como las conexiones pertinentes para soportar el desarrollo y depuración de aplicaciones desde la plataforma de desarrollo (PC).



En el diagrama de bloques del instructor desarrollado (figura 3) encontramos, complementando al circuito integrado CC1010, los siguientes elementos: la fuente de alimentación, el reloj del sistema, el conector para programación y depuración, un puerto serie libre, los componentes pasivos para el transceptor de radiofrecuencia junto con el conector de la antena y un conector para la ampliación del instructor.

La tensión de alimentación de 3.3V se ha obtenido a partir de los 5V disponibles en el conector USB, lo cual resulta extraordinariamente cómodo durante la fase de desarrollo en la que se dispone de un ordenador personal. No obstante, se ha previsto la posibilidad de utilizar una tensión de alimentación fijada externamente, aplicada a través de un conector auxiliar de alimentación y seleccionable mediante un puente.

La programación de la memoria *flash* del microcontrolador se realiza a través del bus SPI y la depuración del programa se realiza a través de la UART1. Ambas conexiones se han agrupado en un único conector de programación/depuración que se conectará a la plataforma de desarrollo (ordenador personal) a través de un adaptador de programación/depuración desarrollado y que utilizará un puerto paralelo y otro serie del ordenador personal.

Dado que el microcontrolador dispone de dos UARTs, se ha dispuesto un conector que facilite el uso de

la UART libre (UART0) para comunicarse con el ordenador personal o para controlar algún dispositivo serie.

Los componentes pasivos necesarios para el correcto funcionamiento del transceptor de radiofrecuencia



se han seleccionado para trabajar en la banda ISM de 868 MHz. La selección de dichos componentes pasivos resulta extraordinariamente sencilla gracias a la herramienta *SmartRF Studio* (figura 4) proporcionada gratuitamente por Chipcon.

Figura 4: *SmartRF Studio* de Chipcon

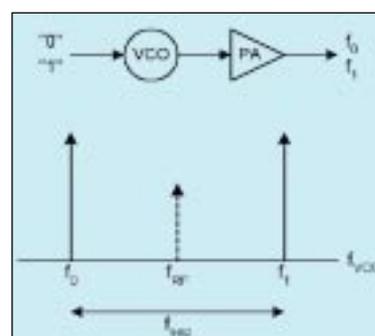


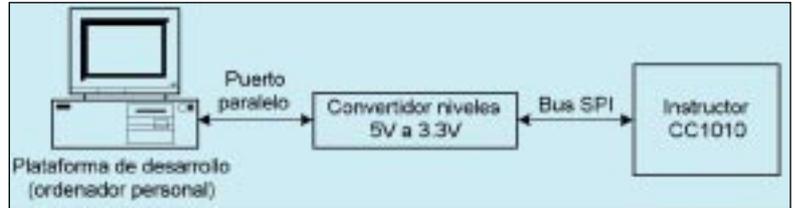
Figura 5: Funcionamiento del transceptor en modo transmisión

En el ejemplo mostrado se ha seleccionado, de la banda ISM de 868 MHz, una frecuencia portadora (f_{RF}) de 868.2772 MHz y una anchura del canal (f_{sep}) de 64 kHz tanto para transmisión como para recepción. El transceptor de radiofrecuencia utiliza una modulación FSK basada en el uso de un VCO.

En modo transmisión (figura 5) los ceros y los unos digitales son transmitidos, a través de un amplificador de potencia (PA), utilizando

Figura 3: Diagrama de bloques del instructor desarrollado

Figura 7: Esquema de conexión para la programación de la memoria flash



instructor trabaja con niveles de 3.3V mientras que el puerto paralelo del ordenador personal trabaja con niveles de 5V y por tanto, no es posible conectarlos directamente entre sí. Para salvar este obstáculo se ha utilizado un convertidor de niveles de 5V a 3.3V (figura 7) que ha sido implementado en el adaptador de programación/depuración desarrollado.

El software de programación *CC1010 Flash Programmer* proporcionado por Chipcon (figura 8) se encarga de emular el bus SPI a través del puerto paralelo del ordenador personal de forma transparente para el usuario, proporcionando toda la funcionalidad típica de cualquier programador: borrado, programación y verificación del contenido de la memoria flash.



Herramientas de desarrollo: programa monitor y depurador serie

El microcontrolador 8051 incluido en el circuito integrado CC1010 implementa una serie de capacidades

hardware para facilitar la depuración en circuito (*In Circuit Debugging*):

Se ha añadido una instrucción nueva al juego de instrucciones clásico del 8051, la instrucción *TRAP*, que permite establecer puntos de ruptura (*breakpoints*) en el programa.

Dado que el programa se almacena en la memoria flash, establecer un punto de ruptura en el programa implica necesariamente realizar una escritura en dicha memoria flash. Con objeto de evitar un desgaste innecesario de la memoria flash, el número de ciclos de escritura es finito, el microcontrolador dispone de un sencillo mecanismo hardware de reemplazado de instrucciones.

Se ha añadido un segundo puerto serie al microcontrolador (UART1) destinado a soportar la depuración, dejando libre el puerto serie principal (UART0) para ser utilizado libremente por la aplicación en desarrollo.

La disponibilidad de estos recursos hardware orientados a la depuración simplifican notablemente la tarea del programa monitor. Programa encargado de gestionar la depuración en circuito desde la plataforma de desarrollo (ordenador personal) minimizando el número de recursos utilizados del microcontrolador.

Chipcon proporciona un programa monitor (*DebugBootLoader.hex*) para soportar la depuración serie compatible con el entorno integrado de desarrollo mVision2 [4] de Keil (figura 9).

En la página web de Chipcon [3], junto con la información relativa al circuito integrado CC1010, podemos encontrar un enlace que nos permite descargar de forma

dos frecuencias generadas mediante el VCO: f_0 de 868.2452 MHz y f_1 de 868.3092 MHz, respectivamente, centradas alrededor de la frecuencia portadora (f_{RF}) y separadas una frecuencia (f_{sep}).

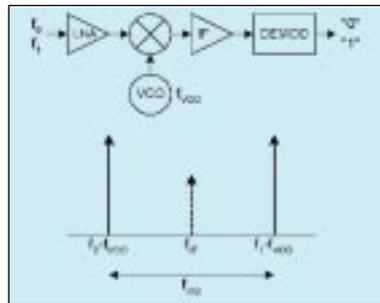


Figura 6: Funcionamiento del transceptor en modo recepción

En modo recepción (figura 6) el transceptor de radiofrecuencia utiliza el modelo del receptor superheterodino. La señal recibida, tras ser amplificada en el LNA, es mezclada con una frecuencia generada mediante el VCO (f_{VCO}) de 868.1472 MHz que traslada la señal de entrada a una frecuencia intermedia (f_{IF}) de 130 kHz manteniendo la anchura del canal (f_{sep}).

En último lugar, el instructor dispone de un conector de ampliación que da acceso a todos los pines del circuito integrado CC1010 dejando, de este modo, abierta la posibilidad de ampliación del instructor o de su utilización dentro de otros sistemas.

Herramientas de desarrollo: programador paralelo

La programación de la memoria flash del microcontrolador se realiza a través del bus SPI del microcontrolador en la propia tarjeta del instructor. Es decir, se utiliza la programación ISP (*In System Programming*).

La plataforma de desarrollo (ordenador personal) no dispone de un bus SPI, así que dicho bus debe ser emulado por el software de programación a través del puerto paralelo del ordenador personal. No obstante existe un último obstáculo, el

Figura 8: Programador flash de Chipcon

gratuita la versión de evaluación de dicho entorno integrado de desarrollo.

Si bien la depuración en circuito a través de un programa monitor no proporciona toda la potencia que podría proporcionar el uso de un emulador, los resultados obtenidos son más que satisfactorios sobre todo si tenemos en cuenta el bajo coste de esta solución.

La conexión del puerto serie de depuración del microcontrolador (UART1) con un puerto serie libre del ordenador personal se realiza a través de un *driver* de RS-232 que ha sido implementado en el adaptador de programación/depuración desarrollado (figura 10).

Compilador de C y ensamblador

El entorno integrado de desarrollo mVision2 de Keil (figura 11), recomendado por Chipcon, incluye, además del soporte para la depuración en alto nivel ya mencionado, un gestor de proyectos, el compilador de C y el ensamblador.

Desde el entorno integrado de desarrollo es posible gestionar el código fuente de nuestra aplicación mediante la creación de proyectos y acceder de forma sencilla a las distintas herramientas de desarrollo utilizadas: compilador de C, ensamblador, depurador, programador de memoria *flash*, etc.

La metodología seguida para el desarrollo de aplicaciones es la metodología habitualmente utilizada en todos los lenguajes de alto nivel. El desarrollo de la aplicación se estructura de forma jerárquica mediante el uso del gestor de proyectos. El proyecto incluye las pertinentes referencias a todos los archivos necesarios (archivos fuente, librerías...) así como la dependencia entre ellos. Todos los archivos fuente implicados en el proyecto son compilados y enlazados, obteniendo como resultado el archivo utilizado para programar la me-

moria *flash* del microcontrolador. La programación de la memoria *flash* del microcontrolador se realiza mediante el depurador serie (durante la fase de desarrollo/depuración) o mediante el programador paralelo (programación definitiva).

Conclusiones

En respuesta a la tendencia actual de los dispositivos electrónicos hacia el uso de conexiones inalámbricas y presagiando un predominio de las mismas en un futuro no muy lejano, se ha realizado un instructor para el transceptor de radiofrecuencia con microcontrolador CC1010 de Chipcon. Dicho instructor ha permitido tener una toma de contacto con el mundo de los dispositivos inalámbricos que posibilitará en un futuro abordar el diseño de dispositivos a medida inalámbricos.

Si bien podemos encontrar en el mercado numerosos transceptores de radiofrecuencia integrados, el transceptor de radiofrecuencia CC1010 de Chipcon presenta una versatilidad inmejorable unida a unos requerimientos de componentes pasivos externos muy bajos. No obstante, la principal característica diferenciadora de este transceptor de radiofrecuencia frente a los demás es la integración de un microcontrolador junto con numerosos periféricos en el mismo circuito integrado. Lo cual hace del circuito integrado CC1010 una solución completa de diseño de bajo coste y alta densidad de integración para aplicaciones inalámbricas a medida. □

Referencias

- [1] R. E. Electrónica, "Bus serie USB", J. M. Cano Martínez, Abril 2000.
- [2] LPRS Low Power Radio Solutions, <http://www.lprs.co.uk>
- [3] Chipcon, "CC1010 Product Information", <http://www.chipcon.com/>
- [4] Keil Software, "µVision2 IDE", <http://www.keil.com/uvision2/>

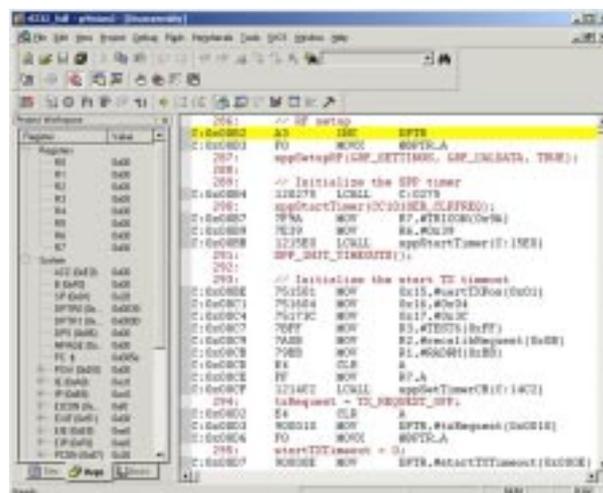


Figura 9: Depuración serie en el entorno integrado de desarrollo µVision2 de Keil



Figura 10: Adaptador de programación/depuración (paralelo/serie) desarrollado

Figura 11: Entorno integrado de desarrollo µVision2 de Keil (gestor de proyecto y compilación)

