

TARJETA ELECTRÓNICA PARA LA REALIZACIÓN DE FUNCIONES DE TELEMETRÍA Y CONTROL MEDIANTE TECNOLOGÍAS WIRELESS

Luciano Boquete, José M. R. Ascariz, Ignacio Bravo y Pedro Martín

Universidad de Alcalá de Henares. boquete@depeca.uah.es

RESUMEN

Se presenta una tarjeta electrónica diseñada para la realización de prácticas de telemetría y control de sistemas, utilizando diferentes tecnologías de comunicaciones. El núcleo de la tarjeta lo constituye un microcontrolador ATmega 128 y en la misma se han incorporado diversas posibilidades de comunicación: Bluetooth, RS232, USB, E/S analógicas y digitales. A nivel docente su uso puede ser útil en prácticas de diseño y programación de sistemas digitales, implementación de una red de telemedicina, supervisión de sistemas (automóviles, máquinas de vending, etc), sistemas de comunicaciones etc. A nivel práctico se dispone de un circuito realizado con tecnología SMD, siendo posible su utilización en prácticas reales, constituyendo una herramienta didáctica de aplicación inmediata.

1. INTRODUCCIÓN

Según el informe [1] próximamente asistiremos a un crecimiento de sistemas que permiten la comunicación entre 2 o más máquinas (*machine to machine: M2M*). La posibilidad de este fenómeno se debe a la evolución y extensión de los sistemas de comunicaciones a larga distancia (telefonía móvil, internet, etc), al desarrollo de protocolos y sistemas de comunicación a corta distancia (Bluetooth [2], Zigbee [3], IRDA [4], etc), a la necesidad de optimizar muchos procesos, como puede ser el control de una red de máquinas de vending, supervisión del funcionamiento de automóviles, implementación de una red de control medioambiental o simplemente dotar a una persona con un medio ubicuo de comunicaciones y como último factor, a la disponibilidad de sistemas de procesamiento cada vez más portátiles, con elevada capacidad de procesamiento y con avanzados interfaces de usuario, como pueden ser las PDA (*Personal Digital Assistant*) o teléfonos móviles.

En muchos casos el éxito de un sistema de estas características depende de la existencia de un hardware con la funcionalidad necesaria, de acuerdo a la aplicación particular de cada caso. Así por ejemplo, en una alarma de automóvil, puede ser suficiente un sistema microprocesador, con alguna E/S digital y la posibilidad de conectarse con un teléfono móvil a través de un puerto RS232; similar arquitectura, con un mínimo interfaz de usuario (teclado y display) puede ser válida para que un paciente transmita la información almacenada en su glucómetro hacia un hospital; en otra posible aplicación, dentro de una bodega de crianza de vino, puede ser interesante un sistema con la posibilidad de conectarse a diferentes sensores (temperatura, pH, etc) que monitorizan su proceso de elaboración; la información obtenida se

Proyecto subvencionado por la Comunidad de Madrid (Consejería de Educación) y fondos FEDER, ref: 07T/0033/2003 1

puede enviar a corta distancia, como puede ser a un teléfono con Bluetooth que recibe la información de un conjunto de barricas y se comunica, cuando se estime necesario, con un centro en el que se realiza el seguimiento del proceso de elaboración de ese vino.

Se describe en esta ponencia un sistema hardware, que incluye muchas de las posibilidades que al día de hoy pueden ser de utilidad para realizar muchas de estas funciones. Además de sus posibles aplicaciones industriales, el mismo se ha diseñado de tal modo que puede ser fácilmente utilizado por alumnos de ingeniería en la realización de diferentes tipos de prácticas. Su esquema hardware es modular, en el sentido de que si el alumno tiene que comunicarse con un dispositivo por el puerto RS232, únicamente debe conocer la estructura del puerto RS232 y del microcontrolador, no necesitando conocer por ejemplo el puerto Bluetooth o USB [5]. El núcleo de la tarjeta es el microcontrolador ATmega128, con lo que su programación se realiza por vía serie con un interfaz JTAG y como herramienta de desarrollo se utilizan los compiladores Codevisionavr y AVR-GCC.

La presente comunicación se ha estructurado como se indica: en el siguiente apartado se describe el diagrama de bloques hardware que conforma la tarjeta diseñada; en el apartado 3 se indican de forma esquemática algunos ejemplos de prácticas que pueden realizarse con el sistema y se finaliza con las principales conclusiones de la ponencia.

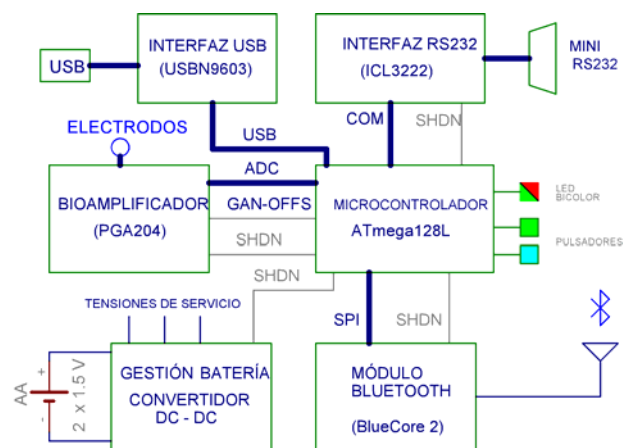


Fig. 1. Diagrama de bloques hardware del sistema implementado

2. DESCRIPCIÓN HARDWARE DE LA TARJETA

En la figura 1 se representa el diagrama de bloques de la tarjeta implementada. La misma se ha realizado para que disponga de las siguientes funciones:

- Elevada capacidad de proceso, basada en un microcontrolador de última generación
- Disponibilidad de varios canales de comunicación: Bluetooth, RS232, entradas y salidas analógicas y digitales de propósito general, y USB.
- Sistema portátil, con alimentación autónoma, de bajo consumo y reducido volumen.

A continuación se indican algunos detalles de cada una de los subsistemas que conforman la tarjeta diseñada.

2.1. Núcleo microcontrolador

El sistema está gobernado por un microcontrolador ATmega128, con núcleo RISC (instrucciones de un solo ciclo) de 8 bits, capaz de alcanzar velocidades de hasta 16 MHz, lo que le confiere hasta 16 MIPS de capacidad de ejecución. Incorpora numerosas prestaciones: 128 kB de memoria Flash (reprogramable más de 10000 veces), 4 kB de EEPROM, 4 kB de SRAM, 52 pines de entrada/salida, 34 fuentes de interrupción, 8 interrupciones externas, comunicaciones I2C, comunicaciones SPI, 2 UARTs para comunicación serie asíncrona, 2 timers de 16 bits (comparación de salidas, captura de impulsos), 2 timers de 8 bits, watchdog, timer de tiempo real, 8 canales de conversión analógico-digital de 10 bits, comparador analógico, 8 canales con capacidad de modulación PWM, detector de baja tensión de alimentación, multiplicador hardware y oscilador interno.

La programación se realiza sobre la propia tarjeta electrónica, a través de un conector para cable plano de 10 pines.

2.2 Puertos de comunicaciones

2.2.1. Bluetooth

Las comunicaciones Bluetooth se implementan mediante un módulo basado en el BlueCore 2 de CSR (Cambridge Silicon Radio). Este módulo permite la conexión al microcontrolador a través de interfaz serie UART, interfaz serie SPI (o microwire) o bus USB. Cumple con la especificación 1.1, la velocidad máxima de comunicación es de 723 kbps en modo asíncrono y 433 kbps en modo síncrono, la potencia de transmisión es de 4 dBm (clase 2), la sensibilidad de recepción puede alcanzar los -85 dBm, la distancia de comunicaciones es de 20 metros en entornos con gran número de obstáculos y alrededor de 50 metros para condiciones de espacio libre. El consumo energético máximo de este módulo (70 mA) se alcanza en la transmisión de ráfagas de radio de 4 dBm, en condiciones de standby la corriente es inferior a 20 microamperios y el consumo medio transfiriendo datos es de 15 mA, con una alimentación de 1.8 voltios.

2.2.2. USB

Como interfaz USB se utiliza el circuito integrado USBN9603 que proporciona comunicaciones a través de USB a una velocidad de 12 Mbps. Este circuito integrado ofrece varios modos de conexión con el microcontrolador: microwire y bus paralelo de 8 bits con posibilidad de multiplexado. Además, dispone de capacidad de acceso directo a memoria (DMA) y funcionamiento mediante interrupciones.

2.2.3. RS232

Para la implementación del clásico interfaz RS232 se emplea un circuito integrado compatible con el bien conocido MAX232 pero con posibilidad de deshabilitación y alimentación de 3 V. La velocidad alcanzada por estos puertos serie puede alcanzar los 500 kbps. Uno de los puertos dispone de control de flujo por hardware.

2.3. Etapa de adquisición del ECG.

Debido a las necesidades de un proyecto de investigación, la tarjeta electrónica dispone de un bioamplificador, para la adquisición, amplificación y digitalización de 2 derivaciones de la señal electrocardiográfica de un paciente. El bioamplificador está diseñado en base al amplificador de instrumentación PGA204 de muy bajo ruido y bajo offset ($<50 \mu\text{V}$), ganancia programable 1, 10, 100, 1000. La programación de la ganancia y el ajuste de offset se lleva a cabo desde el microcontrolador [6]. Las señales analógicas de salida del bioamplificador se digitalizan por medio de los canales del conversor analógico digital del ATmega128, con una resolución de 10 bits.

3. POSIBLES PRÁCTICAS A REALIZAR CON LA TARJETA

En este apartado se comentan algunos ejemplos de prácticas que el alumno puede realizar utilizando la tarjeta electrónica descrita en los apartados anteriores. Debe tenerse en cuenta que en algunos ejemplos para el funcionamiento del sistema propuesto se deben utilizar otros dispositivos, como teléfonos móviles, PDA's, ordenadores, etc, en muchos casos con los correspondientes sistemas de comunicaciones Bluetooth.

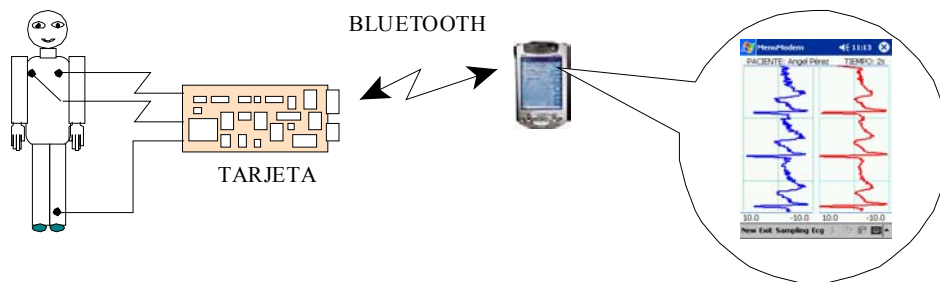


Fig. 2. Implementación de un electrocardiógrafo portátil

3.1. Realización de un electrocardiógrafo portátil

El objetivo es la realización de un electrocardiógrafo portátil, en el que la visualización del ECG se realiza en un dispositivo electrónico con Bluetooth y una pantalla gráfica, por ejemplo, un teléfono móvil o una PDA.

Según se observa en la figura 2, la tarjeta diseñada se utiliza como elemento para la captura y digitalización del ECG del paciente; esta información se envía mediante Bluetooth a un equipo cercano (por ejemplo una PDA), que tiene la posibilidad de mostrarlo en su pantalla, realizando por tanto las funciones de un electrocardiógrafo. Se podría ampliar la práctica realizando el análisis automático del ECG en un teléfono móvil como el Nokia 6600 (programando los correspondientes algoritmos en Symbian C++, por ejemplo) o procediendo al envío de la información a otro teléfono móvil.

3.2. Sistema para la recogida de datos de pacientes.

El objetivo es diseñar un sistema mediante el cual un paciente puede transmitir la información almacenada en la memoria de un analizador personal (glucómetro o coagulómetro por ejemplo), o medir su tensión y enviar dicha información a un hospital.

Muchos analizadores personales almacenan los resultados de los análisis en una memoria digital interna, y tienen la posibilidad de transmitir esa información normalmente por un puerto RS232; ejemplos de esta posibilidad son los glucómetros Bayer Esprit®, OneTouch Ultra®, los coagulómetros Coaguchek® S de Roche y Hemochron® Jr. de Signature; y en otros casos, la comunicación se realiza a través de un puerto USB (medidor de tensión Omron 705 IT). En este caso, la tarjeta recoge los datos enviados por estos dispositivos, los almacena temporalmente en su memoria, y por ejemplo, cuando se conecta por un cable serie un teléfono móvil, envía mediante uno o varios SMS (*mensajes cortos de telefonía*) la información a otro teléfono móvil

3.3. Alarma controlada mediante SMS por un teléfono móvil

La activación de una o varias entradas digitales a la tarjeta electrónica puede ser una señal de alarma. En este caso, la tarjeta a la que se conecta un teléfono por el puerto RS232, genera los comandos para que éste envíe un SMS a uno o varios números predeterminados indicando tal circunstancia. También, desde un teléfono móvil, y con una clave determinada, se puede ACTIVAR/DESACTIVAR la alarma, actuar sobre diferentes salidas, etc. Este diseño puede ser la base para el diseño de un sistema domótico de mayor envergadura.

3.4. Sistema de control industrial basado en una PDA

Se supone que la tarjeta descrita está conectada a ciertas entradas y/o salidas de propósito general, por ejemplo, una máquina de vending. Cuando se aproxima un usuario con una PDA o teléfono móvil con comunicaciones Bluetooth, interroga a la tarjeta, pidiendo a ésta la información que tiene almacenada, estados de las entradas, salidas, etc; a continuación el usuario a través de un interfaz de usuario puede ordenar a la tarjeta que active ciertas salidas analógicas o digitales, reconfigurar ciertos parámetros, etc. Lógicamente la comunicación debe realizarse utilizando los adecuados códigos de seguridad.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado una tarjeta electrónica diseñada de tal forma que puede ser utilizada en un gran número de aplicaciones prácticas, siendo posible la prueba de diferentes subsistemas: comunicaciones inalámbricas, conexión a analizadores personales, programación de microcontroladores, etc. Su implementación práctica en tecnología SMD permite que la misma esté disponible para su distribución y utilización al más amplio nivel. Consideramos que sus posibilidades de aplicación son muy amplias: a nivel docente, proyectos de investigación, desarrollos tecnológicos, etc.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Emerging Opportunities in GSM Data Applications. Xircom Inc. 2000

[2] <http://www.bluetooth.com/>

[3] <http://www.zigbee.org/>

[4] <http://www.irda.org/>

[5] <http://www.usb.org/>

[6] L. Boquete, I. Bravo, R. Barea y M. A. García. "Telemetry and control systems with GSM communications". *Microp. & Microsist.* 27, 1-8, 2003.