

Electrocardiógrafo basado en un microcontrolador PIC16786

José M^a Angulo Usategui, Eugenio Martín Cuenca y José Luis Gutiérrez Temiño

El fisiólogo holandés William Einthoven descubrió en 1903 que los latidos del corazón estaban producidos por cambios de tensión en sus fibras musculares, lo que abrió la puerta a la medición y análisis de su comportamiento usando un voltímetro. A partir de ese momento comienza una carrera vertiginosa en el desarrollo del "electrocardiógrafo", hasta nuestros días en los que existen sistemas de mapeo endocárdico con tecnología magnética o con catéteres multipolares, que permiten identificar rápidamente el origen y los caminos de propagación de una arritmia para su ablación con radiofrecuencia. Pero la filosofía del funcionamiento de este aparato no ha sufrido grandes alteraciones y sigue basándose en el registro y monitorización de los cambios de voltaje producidos por las fibras musculares del corazón que se presentan en una gráfica realizada por una aguja entintada sobre un papel, mediante fotografía, o bien sobre la pantalla de un monitor de rayos catódicos.

Figura 2.- Diagrama por bloques del prototipo ECG-2002B.

Figura 1.- Aspecto de la pantalla cuando se presentan los electrocardiogramas provenientes de las tres derivaciones bipolares tomadas por los electrodos.



en 1972, siendo los doctores Pablo Yuste y Asín Cardiel los pioneros en esta técnica sirviendo sus trabajos como una valiosa referencia para las nuevas generaciones de cardiólogos que han pasado a considerar a este aparato como una herramienta indispensable en su labor médica.

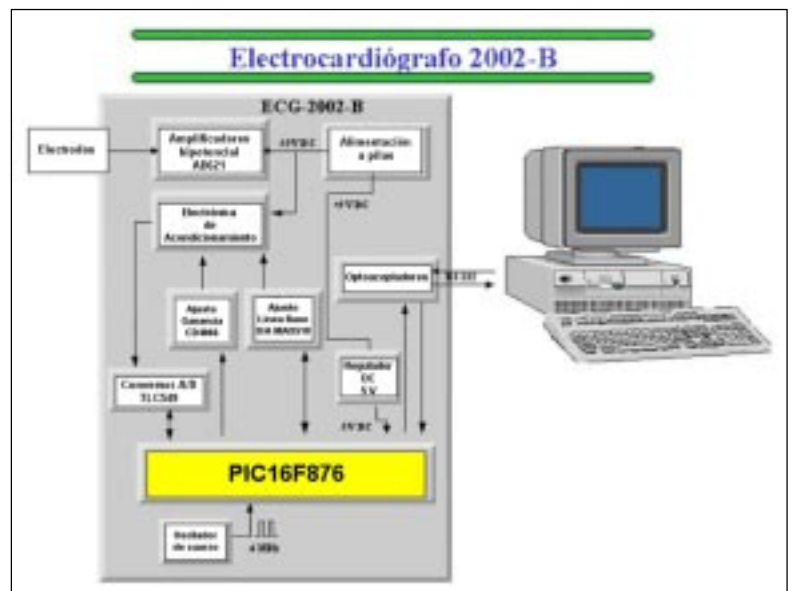
Problemática del ECG

Los avances tecnológicos derivados de los actuales sistemas computarizados aumentan extraordinariamente las posibilidades de los modernos ECG. Los principales sistemas comerciales disponibles en el mercado español, tales como BioPac, IntelliTool y DataLab2000, tienen una orientación poco versátil y son muy costosos, no existiendo fabricantes nacionales que cumplan los requisitos que intenta atender nuestro proyecto que presentamos en este trabajo.

enfermería, preparación física, deportes, etc.. A lo largo de años de docencia en varias asignaturas relacionadas con el ECG, alguno de los profesores participantes en este desarrollo han podido comprobar la escasez de instrumental existente y la imposibilidad de formar e investigar con la intensidad que exige la época actual.

ECG didáctico

Fruto de la colaboración del Departamento de Biología Animal y Ecología de la Universidad de Granada y el de Arquitectura de Computadores de la Universidad de Deusto nació la idea de diseñar un sistema de electrocardiógrafo didáctico que fuese asequible en precio y reuniese unas prestaciones que se ajustasen a las necesidades de las clases prácticas de los colectivos de alumnos que requiriesen dicho instrumental. El sis-



El ECG es un instrumento importantísimo para desarrollar prácticas docentes del nivel adecuado para muchos colectivos de alumnos de escuelas, departamentos universitarios y centros deportivos relacionados con medicina, farmacia, biología,

tema consta de dos partes diferenciadas.

1^a. Electrocardiógrafo (ECG) propiamente dicho. Su tamaño tendrá que ser reducido y se comunicará con un computador anfitrión PC.

2^a. Aplicación software que facili-

te el manejo del ECG desde el PC. Tendrá la posibilidad de enviar las informaciones a través de Internet, para que la localización del aparato pueda estar en lugares remotos.

Los responsables del área biológica del proyecto establecieron las características, niveles y prestaciones a los que debía ajustarse el comportamiento del ECG didáctico. El intento de promover la investigación de los alumnos exigía una optimización de su funcionamiento.

Los responsables del área informática y electrónica estimaron los requerimientos de los circuitos de amplificación, filtrado, conversión A/D y monitorización. Se trataba de manejar señales muy débiles manteniendo la relación señal/ruido correcta para evitar la contaminación de las lecturas. Se establecieron las reglas para los programas de bajo nivel encargados del microcontrolador, así como las de alto nivel orientadas a una plataforma Windows para la visualización de las señales.

Una investigación del mercado ayudó a encontrar los electrodos adecuados para colocarlos en los puntos estratégicos del cuerpo humano desde donde se recogen las señales eléctricas analógicas que tras su tratamiento se convierten en digitales para su procesamiento.

El cerebro del equipo sería un potente microcontrolador PIC de la gama media que contuviese recursos para el filtrado, la conversión A/D y la comunicación con el PC anfitrión.

Equipo físico

Aunque existen ECG fabricados con tecnología analógica, se seleccionó la digital para el proyecto que se describe. Entre las ventajas más destacables figura la del fácil almacenamiento de las medidas para su posterior contraste, la sencillez de la transferencia de información y la capacidad de enviar dicha información a grandes distancias mediante Internet.

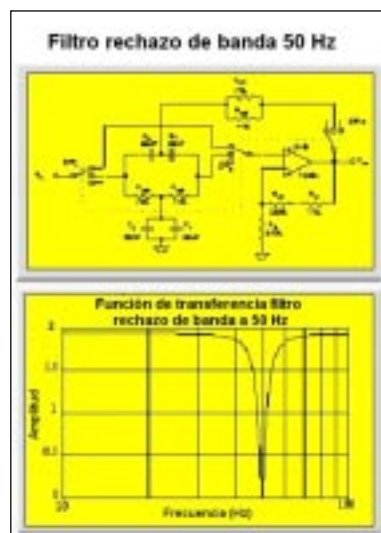
El núcleo del diseño se basó en un prototipo desarrollado por Eugenio Martín y José M^a Moreno, denominado ECG-2002B que utilizaba como cerebro de todo el sistema un microcontrolador PIC16F876. En la figura 2 se ofrece el diagrama por bloques de este prototipo inicial. En la figura 3, se muestra una fotografía del panel frontal del prototipo ECG-2002B, con las cuatro clavijas para la conexión de los electrodos.



En la tabla 1 se presentan algunas de las características técnicas más destacables del prototipo ECG-2002B.

El control de ganancia se gobierna desde el programa que ejecuta el PC anfitrión, disponiendo de un software en castellano compatible con los sistemas operativos Windows 95/98/2000/XP.

El ECG digital dispone de una estructura compuesta por cuatro bloques:



Impedancia de entrada	> 10 MΩ
Frecuencia de corte inferior	8,01 Hz $f_{c1} = -3 \text{ dB}$
Frecuencia de corte superior	55,8 Hz $f_{c2} = -3 \text{ dB}$
Rechazo/módulo común (CMRR)	> 100 dB
Filtro Notch rechazo de banda	$f_0 = 50 \text{ Hz}$ $D_0 = 7,04 \text{ dB}$
Amplificador	x100, x200, x500
Conversione	+9 ± 1 DC, 17 en 1 en reposo y 43 en 1 en funcionamiento - 9 ± 1 DC, 19 en 1 en reposo y 19 en 1 en funcionamiento

- 1.- Circuito amplificador
- 2.- Sistema de filtrado
- 3.- Conversión A/D
- 4.- Gestión de la monitorización

El amplificador es de tipo bipolar integrado y de 100 db de ganancia con rechazo en modo común (CMRR), que no exige calibraciones.

El sistema de filtrado (fig. 4) es la sección más crítica del conjunto por lo que se halla blindada y construida en montaje SMD y consta de:

- A) Tres filtros pasa bajos de segundo orden tipo Butterworth
- B) Un filtro pasa altos similar a los del apartado anterior
- C) Un filtro NOCHT de rechazo de banda con ganancia variable que evita perturbaciones provocadas por la red eléctrica

Figura 3.- Fotografía del panel frontal del prototipo ECG-2002B, con las cuatro clavijas para la conexión de los electrodos.

Figura 5.- Fotografía del nuevo prototipo ECG didáctico en las últimas fases de puesta a punto.



El convertor A/D está integrado en el silicio del PIC16F876, que también se encarga del muestreo de la señal y la comunicación según la norma RS-232 con el PC anfitrión.

Para soportar la gestión de la visualización se transmite la información registrada en el ECG hasta el PC por el puerto serie en RS-232.

Figura 4.- La unidad de filtrado elimina, entre otras misiones, las perturbaciones de la red eléctrica.

Resultados

En las últimas fases del desarrollo del proyecto se ha conseguido ampliar todas las características y optimizar los circuitos usados en el ECG-2002B, realizando la fase de depuración de un software potentísimo que facilita enormemente el manejo del ECG por parte de cualquier tipo de usuario. Su estructura modular se extiende al hardware y al software permitiendo la utilización del recurso a mucha distancia del grupo de análisis de los resultados, lo que supone la posibilidad de control de pacientes en su propio domicilio.

La mejora de todas las opciones y la creación de un software profesional potente y flexible está siendo desarrollada por los equipos mencionados de la Universidad de Deusto y la Universidad de Granada gracias a la subvención otorgada por el Departamento de Industria del Gobierno Vasco en su convocatoria SAIOTEK 2003 y de la empresa Ingeniería de Microsistemas Programados S.L.

Bibliografía

[1] Eugenio Martín y José M^a Moreno, "Electrocardiógrafo Educativo Microcontrolado"

[2] Eugenio Martín, José M^a Angulo e Ignacio Angulo, "Microcontroladores PIC. La clave del diseño". Editorial Thomson Paraninfo, 2003.

[3] José M^a Angulo e Ignacio Angulo, "Microcontroladores PIC. Diseño Práctico de Aplicaciones", Editorial Mc Graw-Hill, 2003

[4] José M^a Angulo, José Luis Gutiérrez e Ignacio Angulo, "Arquitectura de microprocesadores. Los Pentium a fondo", Editorial Thomson, 2004.

[5] Proyecto "Electrocardiógrafo Educativo Computerizado", Gobierno Vasco, convocatoria SAIOTEK 2003. □

MiniVCR Grabador de vídeo digital en MPEG-4 y audio en MP3

MiniVCR es un nuevo concepto de video-grabador, el cual combina la grabación y reproducción de vídeo en formato digital, visor de fotos, reproducción de audio y lector de tarjetas de memoria, todo ello en un dispositivo de reducido tamaño. Permite la grabación, en tiempo real en formato MPEG-4, de señales de vídeo procedentes de DVD, VCR, cámaras de vídeo o cualquier otro dispositivo analógico, almacenándose en tarjetas de memoria Compact Flash (CF) o Secure Digital (SD). El visor de imágenes le permitirá ver archivos de imágenes en la TV, y disfrutar de la

reproducción de archivos MP3. La conexión con el PC se realiza a través de interface USB2.0 para que pueda importar y exportar los archivos de una forma fácil y rápida. Dispone de una salida TV que le hará disfrutar de la reproducción de sus vídeos y fotografías directamente sobre su TV.

Especificaciones

- **Grabación de vídeo:** En MPEG-4, formato de archivos .ASF, 4 niveles de calidad de grabación de vídeo, 182 minutos de grabación en modo económico en tarjetas de 512MB
- **Reproducción vídeo:** Reproducción archivos MPEG-4, formato .ASF
- **Reproducción de imágenes estáticas:** Reproducción de archivos JPEG
- **Reproducción audio:** Archivos MP3 (32, 44.1 y 48 KHz).
- **E/S de vídeo:** Una entrada y una salida RCA de vídeo compuesto.
- **E/S de audio:** Dos entradas y dos salidas RCA de audio (I + D).
- **Almacenamiento en memoria:** Soporta tarjetas CF y SD.
- **Alimentación:** 5 Vcc
- **Comunicación:** USB2.0
- **Tamaño:** 118 x 87 x 18 mm.

Prestaciones

- **Vídeo-grabador:** Graba vídeo desde cualquier dispositivo (DVD, VCR, cámara,...). Permite seleccionar entre 4 niveles de calidad de grabación.
 - **Reproductor de vídeo:** Reproduce vídeo sobre un televisor, con todas las funciones: Pausa, Retroceso, Avance, Repetición y Volumen.
 - **Reproductor de audio:** Permite disfrutar de música en MP3.
 - **Reproductor de imágenes estáticas:** Visualiza imágenes estáticas sobre TV. Giro de imagen, 90°, 4 posiciones. Función de presentación automática. Zoom digital. Espejo horizontal y vertical, imagen inversa, conversión a escala de grises, funciones de contorno.
 - **Lectura de tarjetas por puerto USB:** Soporta el interface USB2.0. Copia archivos entre las tarjetas CF y SD.
 - **Modo de trabajo conmutable entre TV (PAL) y PC.**
 - **Soporte de tarjetas de memoria:** Soporta tarjetas CF y SD hasta 1GB.
 - **Manejo desde control remoto.**
 - **Compatible con Windows 98SE / Me / 2000 y XP.**
 - **Precio:** 222 euros. (IVA incluido)
- Puede realizar sus pedidos llamando al teléfono: 93 4302872 e indicando la referencia *miniVCR*.

