

# 1. Electrocardiograma

En esta práctica realizaremos el circuito electrónico que recibe la señal de un electrocardiograma (ECG), la muestra y, si nos da tiempo, la procesa. Esta práctica será realizada conjuntamente por alumnos de 2º, 3º y 4º de Ingeniería de Telecomunicación. El esquema general del circuito propuesto es el siguiente:

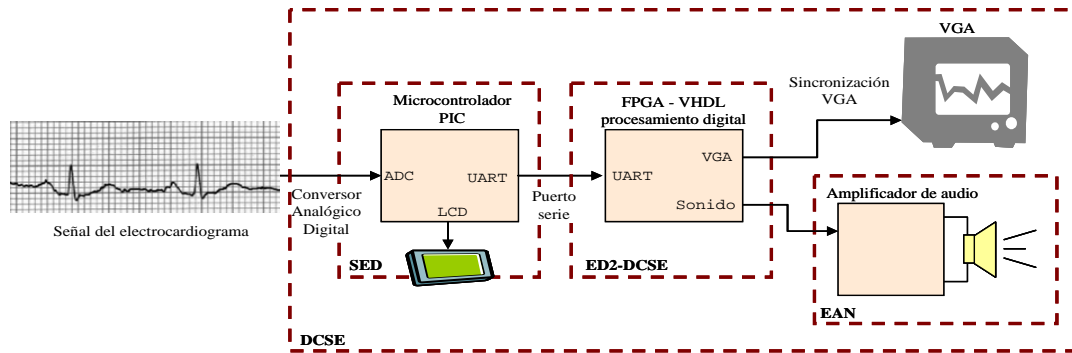


Figura 1.1: Esquema del circuito de ECG propuesto

En el esquema de la figura 1.1 se muestran los bloques principales del circuito y a qué alumnos corresponde hacer cada bloque. Los alumnos de DCSE se encargan además de dirigir el conjunto del proyecto.

- Bloque de PIC: Realizado por los alumnos de SED. Se encargará de convertir a digital la señal analógica del ECG y enviarla por la UART (puerto serie) a la FPGA. Opcionalmente, se podrá realizar un procesamiento del electrocardiograma y mostrar la frecuencia cardiaca por una pantalla LCD.
- Bloque de la FPGA: Realizado por los alumnos de ED2 y DCSE. Se encargará de recibir la señal digital proveniente del PIC y mostrar la función ECG por una pantalla VGA. Opcionalmente se podrá procesar la señal digital, calcular la frecuencia cardiaca y producir una señal de frecuencia audible que muestre la frecuencia cardiaca.
- Bloque de audio: Realizado por los alumnos de EAN (bloque opcional). Se encargará de amplificar la señal de frecuencia audible proveniente de la FPGA para que pueda conectarse a un altavoz.

A continuación se dan más detalles de cada uno de los bloques.

## 1.1. Bloque del PIC

Para realizar este bloque se deben utilizar microcontroladores que tengan convertidores analógicos-digitales (ADC) y UART (transmisor-receptor asíncrono universal). Opcionalmente pueden tener PWM y un número adecuado de puertos de entrada y salida disponibles para comunicarnos con el LCD. A continuación se muestran distintas opciones (para ver más opciones y más PICs consulta en [www.microchip.com](http://www.microchip.com)).

	Pines	E/S	ADC	UART	PWM
PIC16F627A	18	16	-	✓	✓
PIC16F676	14	12	8 (10 bits)	-	-
PIC16F690	20	18	12 (10 bits)	✓	✓
PIC16F722	28	25	11 (8 bits)	✓	✓
PIC16F73	28	22	5 (8 bits)	✓	✓
PIC16F737	28	25	11 (10 bits)	✓	✓
PIC16F87	18	16	7 (10 bits)	✓	✓

Tabla 1-1: Algunas características de los PIC para elegir

De la tabla 1-1 podemos ver que el PIC16F676, que es el que se usa en prácticas en SED, no tiene UART ni PWM. Éstos se pueden hacer por software, como se hace en prácticas, pero para esta práctica, como nos interesa no dedicar excesivo tiempo en ellas, utilizaremos PICs que los tengan como periféricos. Del resto de PICs, excepto el 16F627, que no tiene ADC, podemos usar cualquiera (incluso hay muchos más válidos que no se han incluido). La elección de uno de ellos se basará en la memoria que necesitemos, el número de pines y entradas/salidas (E/S), el precio, y hasta de la disponibilidad en la tienda o distribuidor.

Ahora pasaremos a explicar el proyecto básico y los hitos adicionales que se pueden lograr.

### 1.1.1. Proyecto básico del bloque del PIC

La parte básica de este proyecto es usar el convertidor analógico-digital para transformar la señal analógica del ECG en una digital. Dependiendo del número de bits del convertidor tendremos más o menos resolución de la señal digital convertida.

Una vez que el convertidor haya capturado la señal y la tengamos digitalizada, la enviaremos por la UART. En el PIC, la UART se suele llamar USART (o EUSART o AUSART) porque puede funcionar como transmisor-

receptor síncrono o asíncrono (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*) y por eso se le añade la "s" de síncrono. Pero nosotros la usaremos en modo asíncrono (UART). La figura 1.2 muestra de manera esquemática el funcionamiento de este bloque.

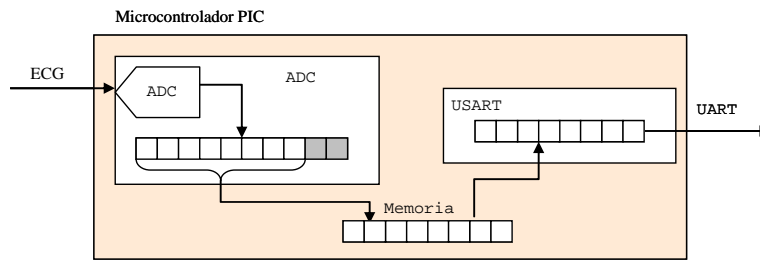


Figura 1.2: Esquema mínimo del bloque del PIC para el circuito de ECG

Para entender el funcionamiento del convertor analógico-digital puedes consultar el tema 7 de SED, la práctica 2 de SED, y las hojas de características (*datasheet*) del PIC que hayas escogido. El funcionamiento de la UART, está especificado en las hojas de características del PIC.

Es importante que calcules quién es más rápido, si el ADC capturando valores o la UART transmitiendo, para ver dónde está el cuello de botella.

También debes decidir cuántos bits vas a enviar. Para simplificar, te aconsejamos que envíes 8. Para ello, debes configurar la conversión, y leer el dato convertido de forma adecuada. Si decides trabajar con sólo 8 bits, debes considerar cuánta resolución tendrá la señal enviada y cuánto ganarías si enviases 10 bits.

### 1.1.2. Ampliación del bloque del PIC: Procesamiento y LCD

Se pueden realizar diversas ampliaciones del bloque de PIC del diseño. Se proponen las tres siguientes:

1. Un procesamiento básico en el que detectemos la frecuencia cardiaca. Para ello, aunque hay algoritmos más complejos, basta con buscar el máximo de la señal del ECG en un determinado intervalo. Te puede ayudar mirar el enunciado del examen de SED de febrero de 2008.
2. Mostrar la salida en una pantalla de cristal líquido (LCD). Los detalles para el manejo del LCD se encuentran en el enunciado de la práctica 3 de SED.
3. Sacar el valor de la frecuencia cardiaca por LEDs o utilizando una modulación PWM. Lo detalles teóricos de este método se encuentran en la práctica 5 de SED.

### 1.2. Bloque de la FPGA

La salida de la UART del PIC se conectará a un pin de entrada de la FPGA (antes se debe comprobar si las tensiones son compatibles). A diferencia de un PIC, que todo el hardware está definido, inicialmente la FPGA está vacía. Por tanto, somos nosotros los que tendremos que realizar el bloque de receptor de la FPGA en hardware (mediante VHDL).

Para que se puedan entender el PIC y la FPGA, ambos deben de tener la misma frecuencia de envío. Diseñar un receptor es algo más complicado que usar el receptor que tiene el PIC. Para ayudarte a entender cómo se hace un receptor de una UART puedes consultar la práctica 5 de DCSE (<http://gtebim.es/docencia/DCSE>).

El diseño de la UART lo realizarán los alumnos de EDII con la dirección de los alumnos de DCSE.

Una vez que tenemos el dato de 8 bits que indica el valor de tensión del electrocardiograma, podemos hacer varias cosas con él:

- Representar por una pantalla VGA la función del ECG (ver prácticas 6 y 7 de DCSE). Esta parte es complicada y por tanto va dirigida a los alumnos de DCSE
- Realizar un procesamiento de la señal y detectar la frecuencia cardiaca. Esta práctica la pueden hacer los alumnos de ED2.
- La frecuencia cardiaca se puede mostrar por los *displays* de 7 segmentos (ver práctica 5 de ED2). Esta práctica está dirigida a alumnos de ED2.
- También se puede generar un pitido en cada máximo del ECG. Ya sea generando una frecuencia audible en un intervalo corto de tiempo o conectando una salida digital a un zumbador. Para el primer caso, se realizaría de manera similar a la práctica del piano electrónico.

### 1.3. Bloque de audio

Esta práctica se haría si se amplía el bloque de la FPGA y sería similar a la práctica del piano electrónico.