

Diseño de un dispositivo remoto para la supervisión de señales vitales

R. Fusté - R. Martínez

Ingeniería Técnica Industrial, Especialidad Electrónica Industrial
Escola Politecnica Superior de Vilanova i la Geltrú (UPC)

Resumen. El presente artículo tiene como objetivo valorar las diferentes variables del cuerpo humano, como son: el ritmo cardíaco, la inclinación del cuerpo y la temperatura corporal. La finalidad de esta valoración es comunicar las diferentes anomalías detectadas a los servicios sanitarios.

1. Introducción

En los últimos años, la necesidad de ayudar a personas con discapacidad ha dado lugar a la realización de investigaciones en el campo de la bioelectrónica.

Este proyecto consiste en el diseño de un dispositivo que realice la medición de los pulsos cardíacos, la temperatura y la posición en pacientes.

La captación de los pulsos permite registrar la actividad eléctrica del corazón, información de vital importancia para conocer el estado del músculo cardíaco.

La señal obtenida debe ser amplificada y filtrada debido a la baja amplitud de los potenciales bioeléctricos.

Una vez hecha la medición de los signos vitales, se pasará a realizar la valorización de éstos a través de un microcontrolador y su posterior envío a la base de datos de las patologías detectadas.

2. Sistemas de medición

2.1. Pulsos cardiacos

Los pulsos cardiacos son potenciales eléctricos que serán adquiridos mediante la ubicación de electrodos en la superficie corporal.

La zona de medida escogida donde se colocarán los electrodos ha sido el pecho.

La mayor parte de potencial está concentrado en un rango limitado de frecuencias indicado en la figura 1. Esto significa que componentes adicionales en frecuencias mayores sólo distorsionarán la señal y deberán ser filtradas.

La medida de las señales bioeléctricas se realiza de manera diferencial, entre dos puntos, a través de un amplificador de instrumentación.

Las características más importantes de este amplificador son la posibilidad de ajustar la ganancia a través de una resistencia, y el rechazo de las señales en modo común.

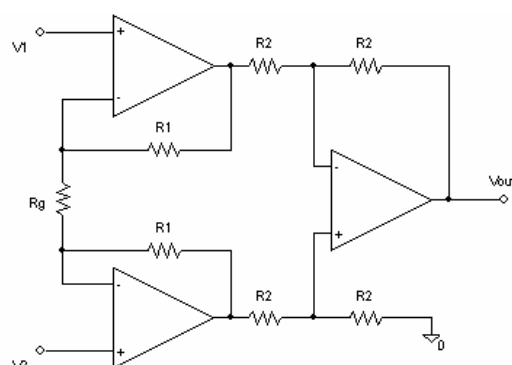


Figura 2: Amplificador de instrumentación

Se puede utilizar esta configuración o se puede encontrar encapsulado.

En el sistema de acondicionamiento se ha empleado un amplificador de instrumentación encapsulado: AD620.

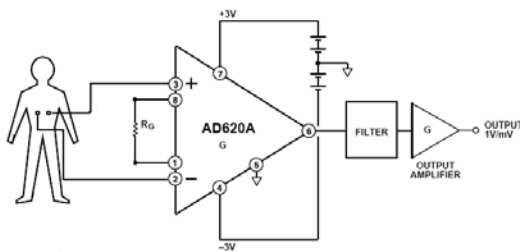


Figura 3: Diseño del circuito para la captación de los pulsos cardíacos

La señal puede llegar a tener una ganancia de 1000 para que se pueda tratar posteriormente por el microcontrolador. La ganancia se ha fijado en función de la resistencia R_G .

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \quad (1)$$

Figura 4: Cálculo de la ganancia del amplificador de instrumentación

Una vez que se ha captado la señal de entrada, la siguiente etapa es la de filtrado tal y como se indica en la Figura 3.

El filtro pasa bajos, es un filtro analógico encapsulado Butterworth de octavo orden en el que sólo se ha de calcular el valor de un condensador en función de la frecuencia de corte que se desea, dejando a la salida la señal de interés.

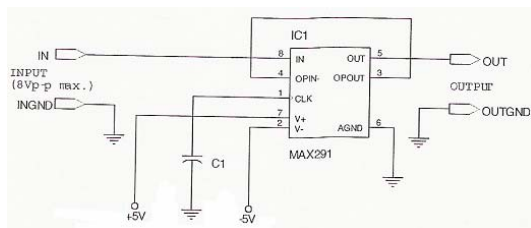


Figura 5: Filtro pasa bajos Butterworth

La frecuencia de corte de la señal que se desea filtrar es de 250 Hz. El condensador externo se calcula a partir de la siguiente expresión. (Véase Figura 6)

El filtro tiene un ratio de frecuencia de 100:1.

$$f_{\text{clock}} (\text{kHz}) = \frac{10^5}{3CI (\text{pF})}$$

Figura 6: Fórmula para el cálculo del condensador externo

(2)

Donde:

$$f_{\text{clock}} = f_{\text{corte}} \times 100 \quad (3)$$

Este filtro tiene ganancia unitaria. Como consecuencia, se debe amplificar la señal de la salida del filtro para que pueda ser tratada por el microcontrolador.

2.2. Temperatura

A través de un sensor realizamos la medición de la temperatura.

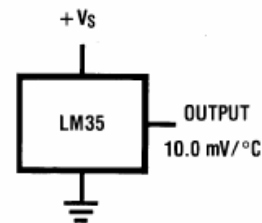


Figura 7: Sensor de temperatura LM35

Ofrece una salida lineal de 10 mV/°C:

- +1500mV = 150°C
- +250mV = 25°C
- -550mV = -55°C

2.3. Inclinación

La medida de la inclinación se realizará a través de un inclinómetro. Este sensor va directamente conectado al microcontrolador que recibirá los datos de la posición a través del puerto SPI.

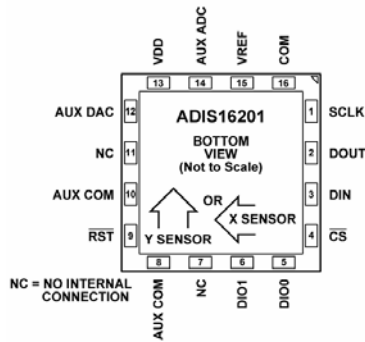
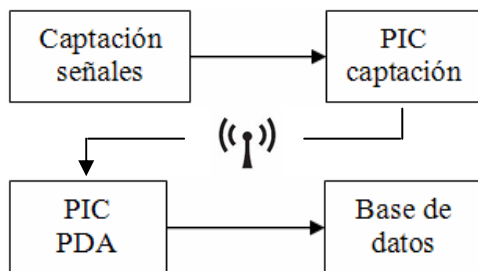


Figura 8: Inclinómetro ADIS16201

3. Valorización señales

Una vez captadas las señales por el microcontrolador se deben analizar para dar la correspondiente orden al sistema, dependiendo del resultado del análisis.

El procedimiento a seguir para la valorización de las señales de refleja en el siguiente diagrama de bloques:



Este apartado se puede dividir en tres etapas tal y como figura en el diagrama de bloques: captación, envío inalámbrico y comunicación con PDA.

3.1. Captación señales

En este sistema existen tres señales a captar, temperatura, pulsos e inclinación.

Las señales se obtienen mediante los sensores correspondientes. A continuación se detalla la valorización de cada señal:

- **Pulsos:** Se obtienen a partir de los electrodos, pasando por el acondicionamiento de señal y introduciendo la salida al puerto CCP2 del microcontrolador, configurado de tal forma que cada vez que se reciba una subida de flanco el

microcontrolador incrementa una variable que es la encargada de almacenar los pulsos recibidos en 5 segundos, y una vez pasado ese tiempo, se multiplicará por 12 para poder obtener el número de pulsos por minuto.

- **Temperatura:** La señal que nos deriva de la temperatura es menos compleja que la resultante de los pulsos, ya que el sensor utilizado genera una señal lineal con una sensibilidad de 1 mV por cada °C captado. La salida de este sensor es incorporada al micro a por el puerto analógico AN1, ya que se debe digitalizar la señal para poder analizarla. Una vez obtenido el valor digital se le adjudica a la variable correspondiente los °C captados dependiendo del valor digital obtenido.

- **Inclinación:** Esta última señal es obtenida directamente por una comunicación SPI, ya que el sensor encargado de esta señal va guardando la inclinación de él en un registro determinado del sensor, y este es el que se debe leer a partir de la comunicación SPI.

3.2. Envío inalámbrico

Una vez ya realizada la captación de todas las señales y referenciadas a su correspondiente variable es el momento de realizar el envío inalámbrico de estas señales a un segundo microcontrolador, conectado directamente a una PDA.

La comunicación inalámbrica que tratamos en este apartado es a partir de unos módulos Zigbee, uno conectado en cada microcontrolador, el Zigbee utilizado es el CC2420 de la casa Chipcon.

Se utilizan estos módulos ya que es una tecnología que tiene muy bajo consumo y realiza la comunicación a través de una frecuencia de 2,4 GHz, ya que en esta banda de frecuencia es muy difícil encontrar interferencias.

La configuración de estos módulos se realiza a partir de cada uno de los microcontroladores mediante la comunicación SPI.

3.3. Comunicación PDA

Ya se a terminado la valorización de todos los parámetros vitales ahora es momento de enviar los valores de las señales obtenidas a la PDA, que se realiza a través de la línea RS-232, de tal forma que el paciente en todo momento pueda visualizar el estado de sus señales vitales, también en el momento del envío de estos valores si estos han excedido los valores fijados también envía aviso de alarma ya sea por temperatura o por los pulsos. Las anomalías posibles de suceder son las siguientes:

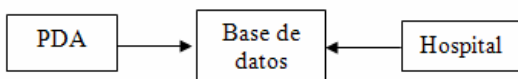
- Taquicardia
- Bradicardia
- Hipotermia
- Hipotermia

Tal y como se ha comentado anteriormente solo genera estas anomalías cuando los valores exceden de unos valores fijados, estos son los siguientes:

Parametro	Valor	Alarma
Pulsos	>80	Taquicardia
Pulsos	<60	Bradicardia
Temperatura	>40	Hipertermia
Temperatura	<35	Hipotermia

4. Comunicación anomalías

La finalidad de este sistema, tal y como se ha comentado anteriormente es la visualización de las alarmas de todos los paciente por el servicio sanitario. Tal y como se muestra a continuación por el diagrama de bloques:



Tal y como se puede observar la visualización de las alarmas es a partir de una base de datos, en el que se van registrando mediante la PDA, que va accediendo vía TCP/IP al servidor MySQL donde esta ubicada esta base de datos. Posteriormente los servicios sanitarios puede visualizar estas alarmas gracias a un software creado, que realiza el mismo procedimiento que la PDA con la diferencia que en lugar de escribir los registro los lee y

los va reflejando en una interficie, los datos que se reflejan en cada registro son los siguientes:

- Fecha: Día en que sucedió la anomalía.
- Hora: Hora del suceso de la anomalía.
- Nombre: Nombre de la persona que tiene la PDA.
- Alarma: Tipo de anomalía por la que se crea un aviso, que puede ser por los distintos riesgos de bradicardia, taquicardia, hipertermia o hipotermia.
- Pulsos: Número de pulsos por minuto que se detectan por minuto.
- Temperatura: Temperatura que tiene el paciente.
- Posición: En que posición está el paciente, tumbado o derecho para poder considerar un posible desmayo.
- Tel. Paciente: Numero de teléfono del paciente.
- Tel. Contacto: Número de teléfono de contacto que lo indica el propio paciente en la PDA, para que en el caso de que no responda el paciente se pueda contactar con una persona encargada.
- Dirección: Dirección del paciente para poder saber donde acceder en caso de no poderlo localizar.

5. Conclusiones

El desarrollo de este dispositivo es un hecho de que es posible realizar el diseño de un sistema bioeléctronico para ayudar a personas que lo necesitan, de reducido tamaño y de bajo coste.

Se ha podido comprobar que utilizando configuraciones sencillas, como amplificadores de instrumentación, es posible obtener características de calidad similares a productos de mayor valor.

Otro punto a destacar es el fácil manejo del dispositivo ya que no requiere ninguna configuración y que todos los componentes utilizados se pueden encontrar fácilmente en el mercado.

Se puede observar que a través de una base de datos es posible comunicar a los servicios sanitarios de las diferentes patologías detectadas en los pacientes.

6. Referencias

[1] Datasheet de amplificador de instrumentación AD620. Analog Devices.
<http://www.analog.com>

[2] Datasheet de microcontrolador PIC2023.
Microchip Technology Inc. 2001
<http://www.microchip.com>