

Construcción de un Prototipo de Dispositivo para el Monitoreo del Ritmo Cardíaco en los Adultos Mayores

Chan Ávila Teresa de Jesús [chan_avila_tt@hotmail.com]
Rodriguez Yáñez José Edwin [edwin_29@hotmail.com]
Rosado May Ricardo Arturo [whasauski@hotmail.com]
Marín Montoya Mario Edgar [marin_mario@hotmail.com]

UNIVERSIDAD DEL CARIBE
CANCUN, QUINTANA ROO, MÉXICO.

30 de noviembre de 2010

Resumen

Este documento presenta una propuesta para realizar un sistema de monitoreo de ritmo cardíaco para adultos mayores. El sistema consiste en monitorear el ritmo cardíaco de la persona, y al encontrar alguna anomalía, efectuar una llamada de auxilio hacia alguna institución médica.

1. Introducción

En la actualidad en México los adultos mayores son un sector social que está muy descuidado, muchas veces porque se considera que ya no son productivos y debido a esa razón se les abandona.

De acuerdo al reglamento de la ley de los derechos de los adultos mayores del estado de Quintana Roo en su artículo 2, se les considera adultos mayores a hombres y mujeres cuya edad es mayor a los 60 años, de los cuales aproximadamente uno de cada diez o más reside sola[1].

La salud es un tema muy importante en el caso del envejecimiento demográfico, ya que en el 2007, la principal causa de muerte en hombres y mujeres de 65 años o más, eran los padecimientos cardiovasculares, seguidos de los tumores malignos y la diabetes[2].

Gran parte de los adultos mayores sufren de deficiencias de sus funciones cardíacas por eso es muy importante tener un continuo monitoreo del corazón y de la presión arterial. Una de las características de estas

deficiencias es la máxima frecuencia cardíaca que se define como número máximo de latidos por minuto, la cual depende de la edad, cuestiones hereditarias y el nivel de condición física[3].

Un dispositivo muy usado hoy en día es el Pulsómetro (medidor de frecuencia cardíaca). Son aparatos que normalmente son utilizados por deportistas para medir la máxima frecuencia cardíaca a la que pueden llegar durante el esfuerzo físico máximo. Con esto ellos pueden verificar la intensidad de entrenamiento. El pulsómetro está compuesto por dos dispositivos, el reloj que se lleva en la muñeca y una banda que va colocada en el pecho. La banda capta las pulsaciones del corazón y las transmite al aparato de la muñeca. El pulsómetro recibe y muestra en tiempo real la señal captada por la banda.

Es por esto que nuestra propuesta consiste en realizar un dispositivo que pueda:

- 1) Monitorear el ritmo cardíaco de un adulto mayor de manera constante.
- 2) Si encuentra alguna anormalidad en el ritmo cardíaco se emitirá una llamada telefónica realizada con un celular.
- 3) Al contestar reproducirá una grabación que alertaría a las instituciones que puedan darle auxilio.

Hasta donde conocemos, no hay algún dispositivo con las características exactas que ofrece nuestra propuesta, sin embargo, encontramos una pulsera, la cual es similar a nuestro prototipo ya que cumple parcialmente con uno de nuestros objetivos, el de monitorear el ritmo cardíaco. El ingeniero en Mecatrónica Michell Alejandro Becerra Villegas diseñó una pulsera, la cual consiste en tomar diariamente el ritmo cardíaco del usuario, al final de cada semana este dará un promedio de la frecuencia cardíaca del usuario para después compararlos con el de una persona sana. Si el resultado de este análisis esta por arriba o por debajo del promedio esta cambiará a un color rojizo indicándole al paciente que debe asistir al médico. Dentro de ésta se instalan una serie de sensores los cuales permitirán tomar el ritmo cardíaco de la persona para enviar los datos recabados a un microchip programable, mismo que realizará el análisis[4].

El prototipo de ese ingeniero tiene como gran ventaja que nos indica el momento adecuado en que el usuario debe ir al médico pero con la gran desventaja de que si le llegara a dar un ataque al corazón este no hará absolutamente nada, ya que como antes mencionamos solo trabaja dando la medición promedio del ritmo cardíaco en un periodo de una semana.

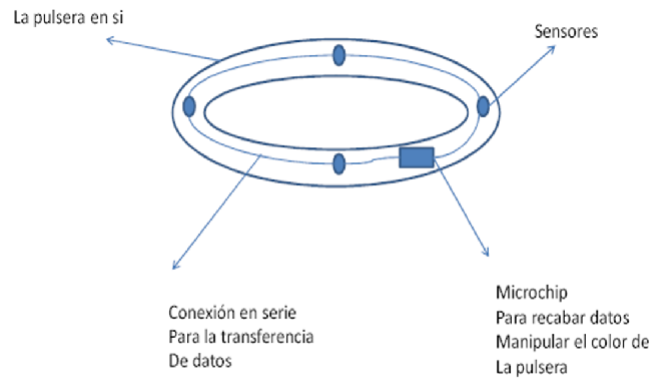


Figura 1: Pulsera del Ritmo Caridiaco

En la siguiente sección describiremos a detalle el funcionamiento de cada una de las partes de nuestro dispositivo.

2. Propuesta

La propuesta la llevaremos a cabo con la realización de diferentes circuitos. Uno de ellos nos servirá para el monitoreo del ritmo cardíaco y otro para poder realizar la llamada con el celular, ambos circuitos estarán enlazados o comunicados de manera inalámbrica, esto es gracias a componentes electrónicos denominados módulos inalámbricos XBee los cuales serán controlados mediante los microcontroladores PIC 16F84A y PIC 16F877A por sus siglas en inglés Peripheral Interface Controllers (Controlador de Interface Periferica).

A continuación un diagrama de bloques representando la idea.

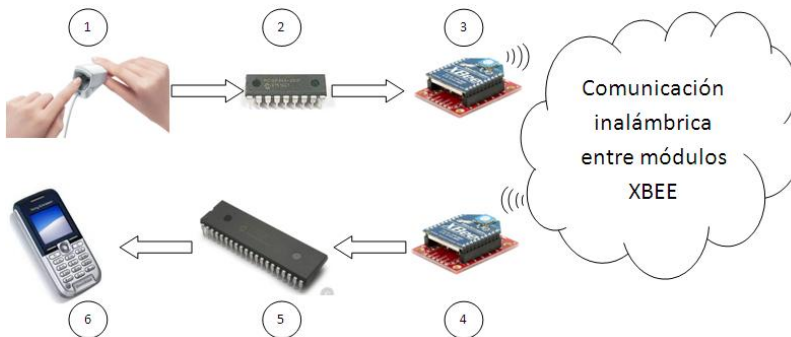


Figura 2: Diagrama de propuesta

El dispositivo se divide en dos partes, el sistema de transmisión y el sistema de recepción.:

Sistema de transmisión:

- 1) Se realiza la medición del pulso cardíaco.
- 2) La medición es recibida por el PIC 16F84A, este contabiliza los pulsos cada 20 segundos y lo multiplica por 3, obteniendo un promedio de pulsos por minuto.
- 3) El promedio de pulsos por minuto se envía por el módulo inalámbrico hacia el otro extremo del sistema.

Sistema de recepción:

- 4) Se reciben los datos y se envían al PIC 16F877A.
- 5) El PIC comparara el dato recibido con el número normal de pulsaciones por minuto, decidiendo así cuando realizar la llamada.
- 6) En caso de una anomalía cardíaca, se realiza la llamada telefónica, una vez que la llamada ha sido contestada, el PIC reproduce una grabación mediante el circuito integrado (CI) APR9301.

Nuestro medidor de ritmo cardíaco se basa en medios ópticos para tomar las muestras, lo que se monitorea es la variación de luz que atraviesa un dedo al ocurrir las pulsaciones. Para esto se utiliza un sensor que consta de un LED ultrabrillante y una fotoresistencia. En la figura 3 se puede observar el diagrama utilizado para el medidor de ritmo cardíaco, se distinguen el LED y cerca de este una fotoresistencia, además se puede observar otro LED, este se utiliza para verificar que este midiendo correctamente el ritmo cardíaco, puede ser remplazado por un zumbador para distinguir de mejor forma la correcta medición. Los circuitos integrados utilizados son un amplificador operacional (LM358), y una compuerta NAND (CD4093BC).

El circuito medidor de ritmo cardíaco, envía los pulsos contabilizados hacia un PIC 16F84A que contabilizara los pulsos cada 20 segundos y los multiplicara por 3 para así obtener el número promedio de pulsaciones por minuto, una vez obtenido ese valor es enviado mediante los módulos inalámbricos XBEE hacia un PIC 16F877A.

Dicho PIC, verificara si el número de pulsaciones que recibe se encuentra entre el rango normal deseado, es decir, entre 60 y 120 pulsaciones por minuto, de no ser así, activara la llamada del celular. Cabe destacar que el usuario no tendrá la necesidad de digitar ningún numero, ya que el numero de los servicios médicos ya estará configurado. En el estado de Quintana Roo se utiliza el 066 como número de emergencias[5], ese número seria el predeterminado.

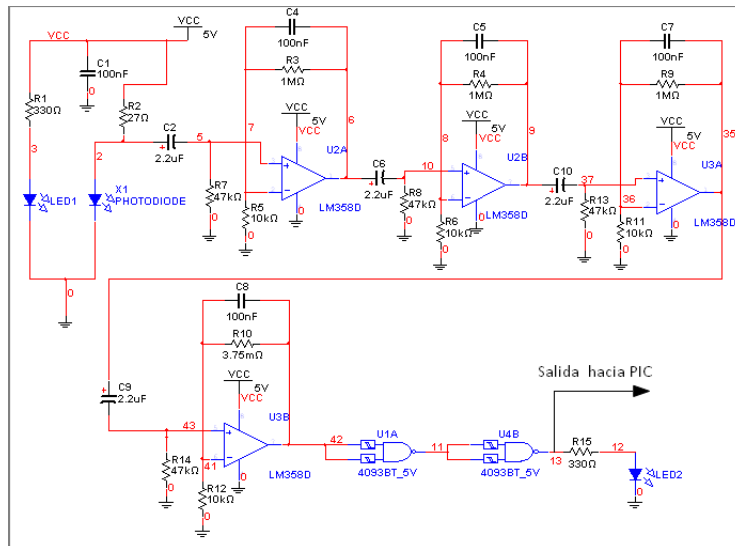


Figura 3: Diagrama de Circuito Medidor de Ritmo Cardíaco

La comunicación entre el PIC y el celular se hace mediante comandos AT, que son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicaciones entre un usuario y un modem. Estas instrucciones se envían por los pines 25 y 26 del PIC utilizados para transmisión (Tx) y recepción (Rx).

Una vez que se ha detectado una anomalía en el ritmo cardíaco del usuario, el PIC iniciara el proceso de llamada, intentando así establecer la llamada, para esto se inicializara un ciclo de 15 segundos, cada segundo verificara la respuesta a la llamada, las posibles respuestas son:[6]

- 1) No dial tone: significa que no se detecta todo de discado.
- 2) No carrier: significa que la llamada no se puede realizar, aunque también podría aparecer cuando cuelgan del otro lado de la línea.
- 3) Connect <value> : cuando se conecta en modo DATA el valor de <value> dependerá de la configuración del comando ATX que sirve para mostrar valores de IP.
- 4) Busy: cuando el numero discado está ocupado.
- 5) OK: cuando la llamada fue exitosa, y regresa al modo de comandos.

Si durante el periodo de los 15 segundos no fue recibida la respuesta OK, el sistema tendrá que colgar y reiniciar el proceso de llamada. En cuanto se reciba la respuesta OK, el PIC accionara el circuito que emite la grabación, este circuito utiliza un CI (APR9301), en el cual, previamente se graba un audio pidiendo asistencia médica a la dirección del usuario.

La grabación tendrá una duración aproximada de 25 segundos, durante los cuales el PIC tendrá que estar revisando el estado de la llamada que emite el celular, en caso que la llamada llegue a durar un tiempo menor al de la grabación, tendrá que colgar y reiniciar el proceso de llamada. Lo anterior se hace con la finalidad de garantizar que se reproduzca la grabación en su totalidad con lo que nos da a entender que los servicios de emergencia están enterados de la anomalía.

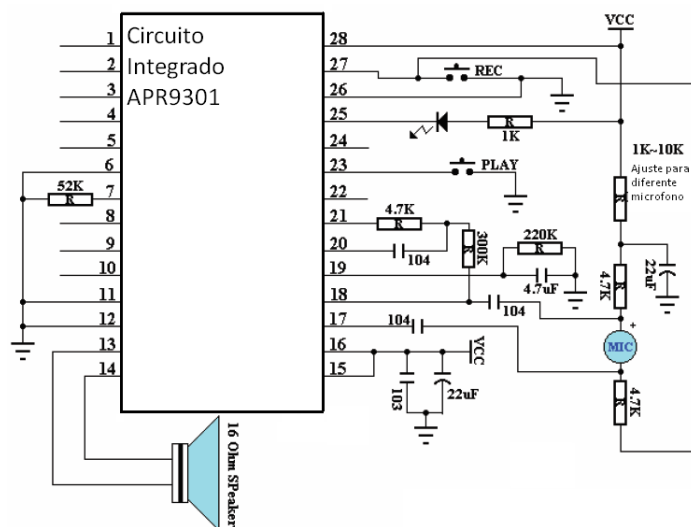


Figura 4: Diagrama de Circuito Grabador de Voz

¿Por qué nuestra propuesta es la mas adecuada en comparación a los antecedentes presentados?

- 1) Por que nuestra propuesta ofrece un Monitoreo en todo momento del ritmo cardíaco.
- 2) Tiene configurado el número de emergencia al que emitirá la llamada ocasionando que a la hora de digitar el número no exista error alguno.
- 3) Pide auxilio de manera automática sin esperar que el usuario tenga que ordenar que realice la llamada.
- 4) La comunicación entre el medidor de ritmo cardíaco y el avisador telefónico es inalámbrico haciendo mas cómodo el uso del dispositivo.

3. Resultados Obtenidos

Hasta el momento tenemos los siguientes avances:

Sistema de Transmisión

- 1) El dispositivo de monitoreo cardíaco funcional.
- 2) El dispositivo del PIC funciona correctamente.
- 3) El módulo inalámbrico envía exitosamente la información hacia el sistema de recepción.

Sistema de recepción

- 1) El módulo inalámbrico recibe exitosamente la información, y la envía hacia el PIC.
- 2) El PIC procesa la información para realizar la llamada.
- 3) La comunicación entre el PIC y el celular se realiza, de modo que ya es posible realizar la llamada.

Para las pruebas que hicimos utilizamos una simulación en Proteus que nos fue de mucha ayuda, ya que con ella se podía ver que la comunicación entre los dos PICs era correcta, físicamente, solo se cambiaban las conexiones entre los PICs para utilizar los módulos XBee. Con esta simulación verificamos que el código que cargábamos a los PICs fuera el correcto, para enviar y recibir los datos que necesitábamos.

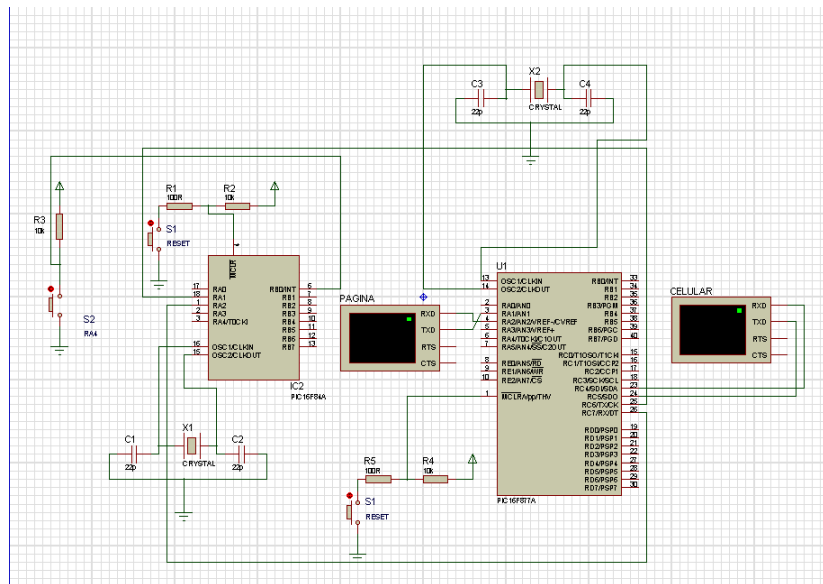


Figura 5: Diagrama de conexiones utilizado para la simulación

Otra forma con la que realizamos pruebas fue con el HyperTerminal, esta herramienta podemos acceder a toda la información del celular con respecto a la configuración. En este caso lo que nos interesaba saber es cuál era el estado en el que se encontraba el celular, y así saber si se realizaba o no la llamada.

Para esta prueba utilizamos el CI MAX232, ya que gracias a la configuración de un MAX232 pudimos hacer una adaptación de voltaje, esta adaptación es necesaria porque los CI manejan 5 volts mientras que el puerto serial de una computadora maneja 24 volts.

En la figura 6 se muestra un ejemplo práctico para realizar una llamada, mientras que en la figura 7 se muestra un ejemplo de cómo se pregunta el estado actual en el que se encuentra el celular.

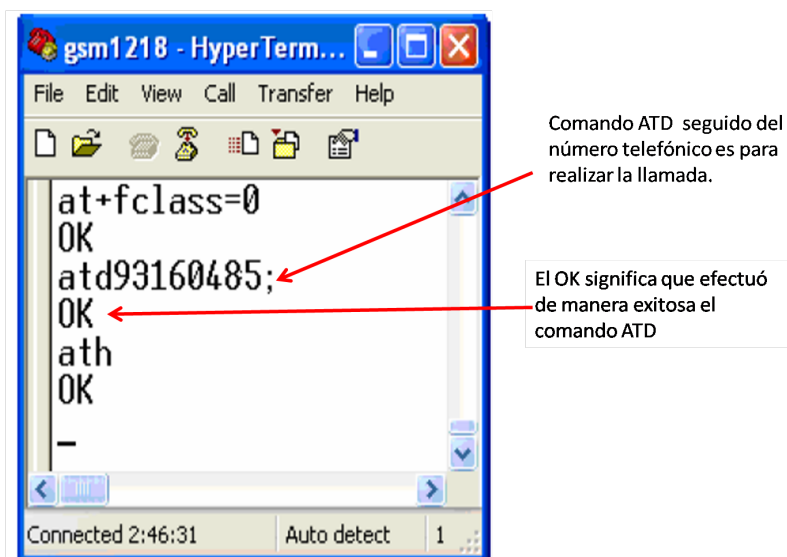


Figura 6: Ejemplo de cómo hacer una llamada mediante HyperTerminal utilizando comandos AT

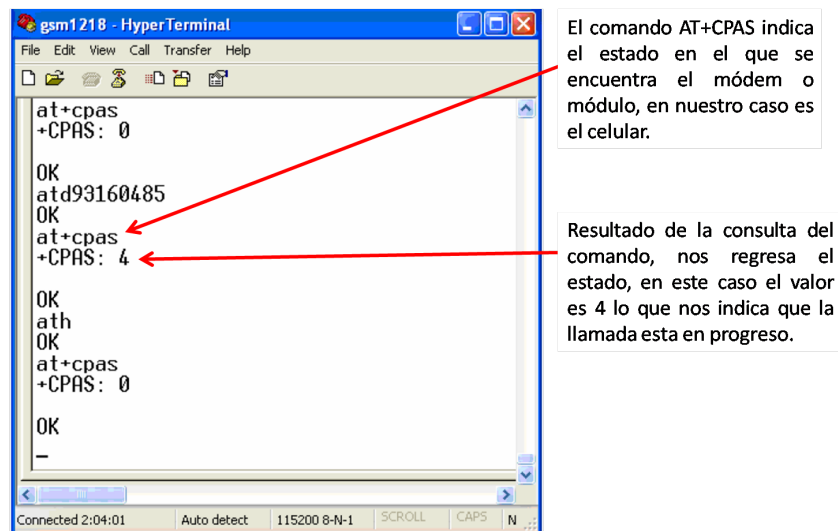


Figura 7: Ejemplo de verificación de estado de celular mediante HyperTerminal utilizando comandos AT

En cuanto a limitaciones se nos han complicado dos procesos:

- 1) Cuando se hace la llamada el PIC debe comprobar cada segundo durante 15 segundos el estado del celular, para verificar en qué momento es contestada la llamada, y así poder accionar la grabación.
- 2) El proceso para comprobar que la llamada no sea cortada antes de los 25 segundos que dura la grabación. Al igual que en el caso anterior, el PIC debería de verificar durante cada segundo que la llamada no se corte antes de que todo el audio sea reproducido.

A continuación un diagrama ilustrando los dos procesos anteriores



Figura 8: Diagrama ilustrando procesos que no realizamos

4. Conclusiones

Nuestro dispositivo se plantea como una alternativa en el cuidado de la salud de los adultos mayores. Ya que puede ser incómodo tener alguna enfermera en casa, o incluso muy costoso, por eso la necesidad de automatizar el monitoreo constante del ritmo cardíaco.

Nuestro dispositivo es un prototipo, por lo cual realiza las funcionalidades antes mencionadas, para pensar en hacerlo comercial, o viéndolo de otro modo, como trabajo a futuro, se podría pensar en miniaturizarlo para tener un sensor del ritmo cardíaco no más grande que una pulsera.

El uso de los módulos inalámbricos XBEE, nos facilitó mucho la implementación del sistema de transmisión inalámbrica, ya que con cualquier otro transmisor/receptor, hubiéramos tenido que programar las distintas capas del protocolo para la comunicación inalámbrica entre dispositivos.

El uso del celular para cubrir las necesidades de nuestro proyecto, podría ser reemplazado por otras técnicas, como son la implementación de marcación por tonos DTMF (por sus siglas en inglés Dual-Tone Multi-Frequency), para así solo utilizar una línea fija en el hogar sin necesidad de tener que estar preocupando por que el celular tenga crédito o señal.

El sistema (como cualquier otro) no está exento de fallos, pero si es necesario que estos se reduzcan al mínimo, debido a que el fin que le queremos dar a nuestro proyecto es muy delicado, y conlleva muchísima responsabilidad, ya que no se puede jugar con la vida de una persona.

Referencias

- [1] CONAPO (2004), Artículo recuperado el 21 de agosto de 2010, de <http://www.conapo.gob.mx/00cifras/proy/Proy05-50.pdf>
- [2] CONAPO (Mexico, D.F. 30 de agosto 2010), recuperado el 3 de septiembre de 2010 de, http://www.conapo.gob.mx/prensa/2010/bol1023_2010.pdf
- [3] SpainFitness, Recuperado el 21 de agosto de 2010, de <http://www.spainfitness.com/entrenamiento/articulo/ritmo-cardiaco.html>
- [4] Incubadora de Ideas, Tecnológico de Monterrey, Campus Guadalajara Pulsera para el ritmo cardíaco
- [5] Gobierno del Estado de Quintana Roo <http://www.qroo.gob.mx/qroo/Emergencias.php>
- [6] Guía de usuario. Enfora - GSM1218.