

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO DE LECTURA DE SIGNOS VITALES CON UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y MONITOREO REMOTO DE DATOS EN TIEMPO REAL. FASE 1

AUTOR: JUAN CARLOS MOYA

Abstracto: El desarrollo de este artículo está enfocado en una aplicación práctica en instrumentación biomédica, mediante el cual se presenta un modelo para el análisis de las principales señales fisiológicas en un ser humano, frecuencia cardíaca, presión arterial y temperatura corporal, adicionando un módulo GPS para la localización del paciente a tratarse.

El objetivo principal de la primera fase es realizar, el diseño y construcción del dispositivo propiamente dicho, que sea de fácil manejo, otorgándole movilidad al paciente que necesite este servicio.

INTRODUCCIÓN

El avance constante de la tecnología ha permitido que la ciencia médica actual disponga de una gran cantidad de equipos de excelentes prestaciones, tamaños y costos.

Los cuadros de afecciones cardiacas se pueden presentar en cualquier momento, y estos equipos ayudan a los especialistas a obtener un diagnóstico preciso del estado de salud del paciente, siguiendo un estricto control por parte del médico de cabecera.

Uno de los inconvenientes de los controles periódicos a los pacientes con estas enfermedades, es que se interrumpen sus actividades cotidianas, generando en cierto modo, un malestar por este procedimiento. Basados en esto y utilizando los recursos que tenemos en la actualidad, se presenta un dispositivo portátil para analizar el estado de los signos vitales, con la intención de evitar que el paciente haga un alto a sus actividades diarias, invirtiendo tiempo en un establecimiento medico donde se realizan estos controles; y facilitando el acceso a servicios médicos especializados para personas que se encuentren en sectores remotos donde la disponibilidad de estos servicios es escasa.

DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

En la Figura 1, se observa el diagrama general del dispositivo que está conformado por un sistema de instrumentación biomédica operado por baterías para la medición de los principales signos vitales; ubicación geográfica mediante tecnología GPS; procesamiento de las señales adquiridas y visualización del estado del paciente.

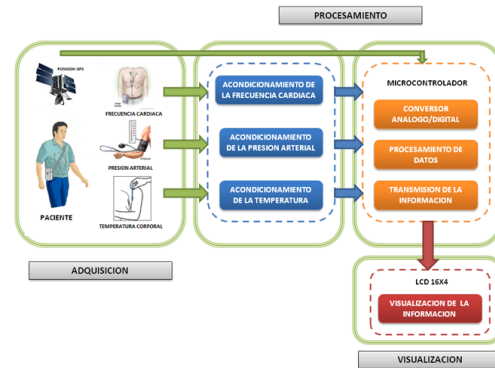


Figura.1. Diagrama General del Dispositivo

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Frecuencia Cardíaca: Es una de las señales biomédicas más importantes y representa la corriente que circula a través del corazón durante un latido, muestra la magnitud y dirección de las señales eléctricas producidas por el corazón para medir el ritmo y la regularidad de los latidos cardiacos, así como cualquier daño al corazón.

Presión Arterial: Se define como la fuerza que ejerce la sangre que circula contra las paredes de las arterias en cada ciclo cardíaco. La presión arterial se toma mediante dos mediciones: sistólica y diastólica y se mide en unidades de mmHg, milímetros de mercurio. Cuando se da la medida de la presión arterial, ésta se expresa como presión sistólica / presión diastólica.

Temperatura Corporal: Es una medida que refleja la intensidad del calor que manifiesta el nivel térmico del cuerpo.

Sistema de Posicionamiento Global: Es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros.

DESARROLLO

Las señales que se requieren adquirir deben pasar cada una por un proceso diferente para posteriormente obtener señales fiables que serán presentadas en una pantalla de cristal líquido. La Figura 2, muestra el diagrama de bloques del dispositivo de signos vitales.

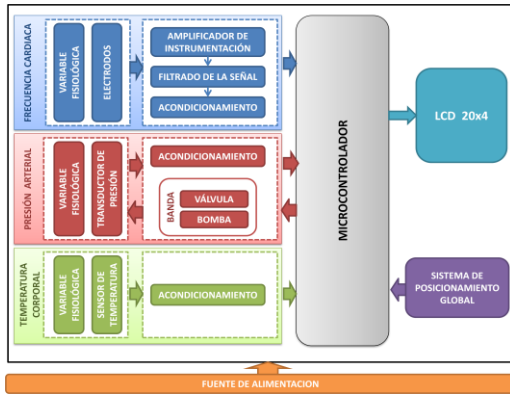


Figura.2. Diagrama de Bloques del Dispositivo de Signos Vitales.

Fuente de Alimentación: La fuente de alimentación es una etapa que debe ser prestada con mucha atención ya que es fundamental para el buen funcionamiento y conservación del dispositivo. Un buen diseño de esta, garantiza la autonomía del equipo, siendo ligero portátil y ocupando poco espacio

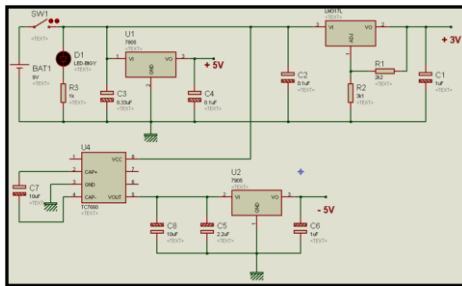


Figura.3. Fuente de Alimentación.

El diseño mostrado en la Figura 3, consta de una fuente simétrica de +5V y -5V de poca potencia para alimentar amplificadores operacionales, y una fuente de +3V; evitando el uso de más de una pila o hacer uso de una fuente de gran tamaño.

ACONDICIONAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDICA

Como se puede observar en la Figura 4, se organiza en un diagrama de bloques que muestra la adquisición, el pre-procesamiento y procesamiento de la señal eléctrica del corazón.

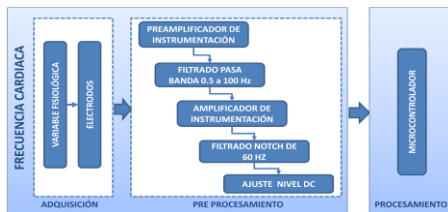


Figura.4. Diagrama de Bloques de la Adquisición de la Frecuencia Cardíaca.

La etapa de adquisición de la señal eléctrica del corazón desde el cuerpo humano es obtenida a través de transductores llamados electrodos, que se conectan a unos cables apantallados para evitar introducción de interferencias que tienen como función trasladar la corriente capturada por los electrodos desde el cuerpo humano hasta la entrada del circuito de acondicionamiento de la señal.

Esta etapa está compuesta por un amplificador de instrumentación, una etapa de filtrado, amplificador de nivel y ajuste de nivel DC. El amplificador de instrumentación tiene como función atenuar ruido e interferencia, y amplificar la señal bioeléctrica. El recurso académico utilizado como soporte para el diseño de este modulo fue la hoja de características del amplificador INA114, donde se especifica la configuración de un amplificador de instrumentación para un electrocardiograma.

Como consecuencia de las señales indeseadas proporcionadas por la red eléctrica y la presencia de señales de alta frecuencia, se implementa un filtro pasa alto y pasa bajo, con un rango de frecuencias entre 0.5Hz y 100Hz cumpliendo con regulaciones internacionales en sistemas de este tipo, gracias al filtro pasa alto se elimina la componente continua y el filtro pasa bajo eliminar las señales adquiridas durante el proceso de acondicionamiento.

El amplificador lineal, tiene como función ajustar el nivel DC de la señal a un punto de tensión tal, que el convertor A/D sea capaz de reconocer la señal. El ajuste sobre nivel DC es necesario ya que la señal posee un intervalo de tensión entre -1v y 3v, esta característica de la señal presenta un inconveniente en cuanto a los niveles manejados por el PIC que requiere de un intervalo de tensión entre 0v y 5v. Suponiendo que la señal ingresa con el intervalo de -1v y 3v, esto causaría pérdidas en las tensiones que registren valores de tensión menores 0v.

ACONDICIONAMIENTO DE LA PRESION ARTERIAL

Para la adquisición de la señal de presión arterial se hizo indispensable contar con un brazalete de presión, una bomba de aire y un transductor de presión que posteriormente necesitó de un circuito de acondicionamiento de la señal analógica, cuando la señal es filtrada y debidamente acondicionada es entregada al microcontrolador para ser digitalizada y finalmente ser transmitida y visualizada, en la Figura 5 se resume en tres etapas el proceso de digitalización de la presión arterial.

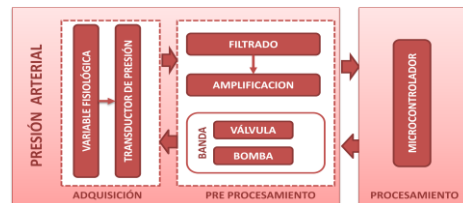


Figura.5. Diagrama de Bloques de la Adquisición de la Presión Arterial.

La etapa de adquisición requiere de una transductor de presión que se encarga de convertir las variaciones de presión arterial en una señal de tipo eléctrico en este caso voltaje, se usa el sensor

Motorola MPX2050GP, el cual está en contacto directo con la variable fisiológica. El proceso de adquisición se hace con un tensiómetro, a través de éste, se extraen los pulsos que son entregados por el sensor seleccionado para el análisis.

Una vez se tiene el transductor de presión es necesario la adaptación de éste al brazalete para empezar el proceso de adquisición de la señal. Para la adquisición de la señal de presión se uso el método oscilométrico (método común no invasivo), que emplea el inflado y vaciado del brazalete a una razón constante por ello cuando el brazalete comienza a vaciarse, la presión en su interior disminuye. Mientras la arteria está totalmente ocluida, la amplitud de las pulsaciones es muy pequeña; así mismo cuando el brazalete empieza a desinflarse sobre las paredes de la arteria comienza a oscilar a medida que la sangre fluye a través de la arteria anteriormente obstruida, estas vibraciones son captadas por el sensor que esta monitoreando la presión en el brazalete y van aumentando hasta un nivel máximo y luego disminuyen hasta que la válvula deja escapar el aire la normalidad.

Luego se acondiciona la señal por medio de un amplificador de instrumentación que se encarga de convertir los dos niveles de tensión diferencial en un solo valor de tensión. Este amplificador de instrumentación es necesario debido a que el sensor entrega una señal muy pequeña de la escala de los milivoltios. Luego es necesario una etapa de filtrado y amplificación hacer el cálculo de una forma más fácil.

Para la digitalización de la presión arterial, la señal que es entregada por el proceso de filtrado y amplificación ingresa a una etapa de procesamiento donde en primer lugar entra a un microcontrolador PIC16F877A por un puerto análogo, con el fin de determinar la presión diastólica y sistólica. En esta etapa es necesaria la programación del microcontrolador y el proceso se hace por medio de un algoritmo que permite hallar los valores de presión sistólica y diastólica.

ACONDICINAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDICA

En este caso la temperatura del cuerpo humano como se ve en la Figura 6, se organiza en un diagrama de bloques.



Figura.5. Diagrama de Bloques de la Adquisición de la Temperatura Corporal.

El tratamiento de la señal de temperatura es un proceso muy sencillo, se utiliza un sensor de temperatura LM35 posteriormente acondicionando para el rango establecido, una vez realizado este proceso la señal es recogida por el microcontrolador para ser digitalizada.

GPS

Para adquirir los datos del GPS se configura el microcontrolador como para una comunicación serial, la trama que se recibe es guardada en un string que luego es separada tomando los datos necesarios para poder presentarlos en el LCD. El diagrama de conexión se presenta en la Figura 6.

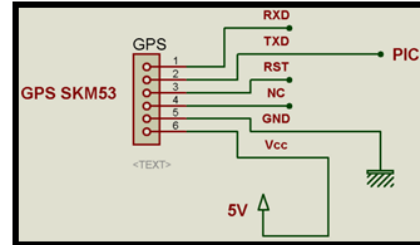


Figura.6. Conexión del GPS.

PRUEBAS Y RESULTADAS

Para poder conocer el estado de la variable fisiológica correspondiente a la frecuencia cardiaca, comprobamos la salida analógica de esta etapa, con la tarjeta de adquisición NI myDAQ de la National Instruments y mediante el software NI ELVISmx Instrument Launcher, que posee una opción de osciloscopio en donde podemos observa la respuesta del circuito, como se indica en la Figura 7.



Figura.7. Señal Analógica de la Frecuencia Cardiaca.

Como ya se ha venido explicando para la medición de esta variable fisiológica se utiliza el método oscilométrico, donde se procesan dos señales, estas son analizadas de igual manera con la ayuda de la tarjeta de adquisición NI myDAQ y con el software de labVIEW, ambos provenientes de la marca National Instruments, donde se realizo un pequeño programa para poder leer la respuesta de estas señales.

La señal del brazalete se indica en la Figura 8, como se puede observar se tiene una respuesta lineal del transductor de presión en el momento en que este se infla hasta llegar a un punto establecido así como en el momento en que se deja escapar el aire.

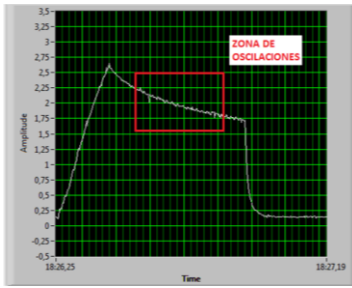


Figura.7. Señal analógica de la respuesta del brazalete para la medición de la presión arterial.

En el instante que se deja escapar el aire es cuando se producen las oscilaciones provocadas por el flujo de la sangre en las arterias después de ser ocluida por la presión del brazalete, en la Figura 9, se indica la respuesta de las oscilaciones al ser amplificadas, en este proceso se toma el pico más alto de las oscilaciones correspondiente a la presión media para luego poder calcular la presión sistólica y diastólica.

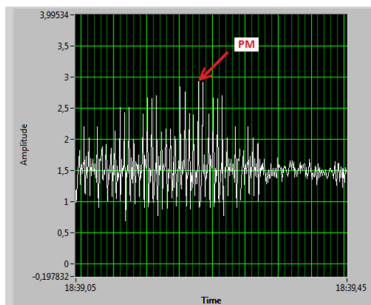


Figura.9. Señal analógica de la respuesta de las oscilaciones para la medición de la presión arterial.

Para comprobar el funcionamiento del GPS se realizó con la ayuda de un teléfono celular Samsung GALAXY en varias zonas de la ciudad, el equipo posee un GPS con un software establecido para este tipo de aplicaciones. En la Figura 10, se puede observar este procedimiento.



Figura.10. Información del GPS.

CONCLUSIONES

- ✓ Diseñar e implementar un sistema de captación de variables fisiológicas no es una tarea sencilla, ya que es un sistema delicado y sensible a ruidos e interferencias sobre todo a la hora de medir la frecuencia cardíaca. Pero una vez culminado puede ser operado por cualquier persona sin necesidad de tener conocimientos de medicina o electrónica, su uso es fácil y no precisa de más de una persona para realizar las mediciones.
- ✓ En la toma de la medida de las variables fisiológicas en el caso de frecuencia cardíaca y de la presión arterial, es de mucha importancia que los dispositivos mediante los cuales se adquieren las señales, sean ubicados de forma correcta para lograr resultados óptimos y coherentes con el estado del paciente.
- ✓ La utilización de cables apantallados y de un amplificador de instrumentación ha permitido eliminar gran parte del ruido e interferencias que se acoplan al sistema, obteniendo considerablemente una muy buena calidad de la señal eléctrica del corazón.
- ✓ Para la medición de presión arterial se encontró como más apropiado el método oscilométrico, que proporciona una medida confiable de la presión arterial. Este método no invasivo puede ser usado para medir la presión en la muñeca de la persona lo que provee mayor facilidad y comodidad al momento de tomar la presión. Por otro lado la presión arterial no es fija en todo el cuerpo puede variar entre un brazo y otro, y varía también una vez que se ha presionado la arteria. Por lo que dos medidas de presión nunca van a ser idénticas.
- ✓ El análisis más importante en la medida de la presión arterial es específicamente el momento de desinflar el brazalete, ya que esta situación requiere que sea de una forma constante para evitar variaciones muy grandes a la hora de adquirir la medida de la presión sistólica y diastólica, si se mantiene una razón constante de desinflado por medio de la válvula la obtención de la medida es más exacta.
- ✓ Para medir la temperatura corporal se encontró apropiado el uso de un sensor de temperatura, por el corto tiempo de respuesta y la gran sensibilidad que presentan estos sensores, facilitando el proceso de medida para esta señal.
- ✓ La mayor dificultad que presenta la determinación de los signos vitales es que las personas estamos expuestas a cambios en nuestras condiciones físicas y emocionales que pueden provocar que los signos cambien rápidamente provocando un poco de dificultades en la validación de los valores.
- ✓ El receptor GPS que fue utilizada en este proyecto es un dispositivo extremadamente rápido y sensible, con una capacidad de recepción de datos menor a un segundo junto con el pequeño tamaño lo hace ideal para muchas

aplicaciones. Además se confirmó que el error máximo de posición está dentro del rango establecido por los organismos reguladores de comunicaciones.

RECOMENDACIONES

- ✓ La colocación de los electrodos sobre el paciente debe ser la adecuada para evitar problemas en la adquisición de la señal cardíaca. En muchas ocasiones la mala colocación de los electrodos ha originado la obtención de señales cardíacas que no representan la realidad de lo que está pasando con la actividad eléctrica del corazón.
- ✓ El proyecto puede ser usado como equipo de aprendizaje de sensores para el laboratorio de electrónica, puede ser mejorado tanto en hardware como en software, de igual manera permitiendo mejorar la interfaz gráfica en la presentación de resultados.
- ✓ Se recomienda colocar el módulo GPS del sistema en algún sitio donde no sufra maltratos como golpes, derramamiento de líquidos, calor excesivo entre otros. Para una mejor recepción de las señales satelitales, además de colocarlo en un lugar con vista directa al cielo.
- ✓ La finalidad del proyecto no trata de acabar con todos los desplazamientos a los hospitales, ya que hay equipos médicos que no son sustituibles por sistemas de ayuda para el diagnóstico; además el trato personal entre el médico y el paciente, revela muchos aspectos vitales para el diagnóstico, pero sí, se plantea disminuir estas visitas para beneficiar tanto al paciente como al especialista.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Fundación Española Del Corazón, Enfermedades Cardiovasculares, <http://www.fundaciondelcorazon.com/riesgo-enfermedades-cardiovasculares.html>, 12/05/2012
- ✓ Organización Mundial de la Salud, Enfermedades Cardiovasculares, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>, 12/05/2012
- ✓ Ecuador en Cifras, Causas de Defunciones (Nacional), <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/defunciones.html#app=12fd&c777-selectedIndex=0>, 12/05/2012
- ✓ Instalaciones Eléctricas para uso Hospitalario, <http://es.scribd.com/doc/23638772/1-PremioSeguridad-Eléctrica>, 18/05/2012
- ✓ Criterios para la implementación eléctrica de un quirófano integrado o Inteligente, Normativa de protección de equipos médicos, <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16936/1/Criterios%20para%20la%20implementaci%C3>

- <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002341.htm>, 20/05/2012
- ✓ MedLinePlus, Signos Vitales, <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002341.htm>, 20/05/2012
- ✓ Profesor en Línea, Sistema Circulatorio, <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/SistemaCirculatorio.htm>, 20/05/2012
- ✓ Concienciadeser, Sistema Circulatorio, http://www.concienciadeser.es/radiestesia/estudio_radiestesia/cuerpo/circulatorio.html, 20/05/2012
- ✓ Myriam, Sistema Circulatorio, http://aparatocirculatoriorepbrasil.blogspot.com/2010_06_01_archive.html, 21/05/2012
- ✓ Repositorio ESPOL, <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7719/1/D-39435.pdf>, 22/05/2012
- ✓ Texas Heart Institute, Latido Cardíaco, http://www.texasheartinstitute.org/HIC/anatomy_Esp/systole_sp.cfm, 22/05/2012
- ✓ Fundación Española del Corazón, Frecuencia Cardíaca, <http://www.fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular/frecuencia-cardiaca.html>, 24/05/2012.
- ✓ Mi Vida como un catéter, Tensión arterial, <http://cateterdoblejota.blogspot.com/2011/05/definicion-de-tension-arterial.html>, 26/05/2012
- ✓ EcuRed, Temperatura Corporal, http://www.ecured.cu/index.php/Temperatura_corporal, 26/05/2012
- ✓ Wikipedia, Electrocardiograma, <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardiograma>, 04/06/2012
- ✓ Análisis Clínico.es, Electrocardiograma, <http://www.analisisclinico.es/aparato-circulatorio/electrocardiograma-ecg>, 06/06/2012
- ✓ Portal Biomédico, Derivaciones bipolares, aumentadas y precordiales Conceptos básicos, <http://www.portalbiomedico.com/equipamiento-biomedico/ecg/-ekg/ecg/-ekg-derivaciones-bipolares-aumentadas-y-precordiales-conceptos-basicos.html>, 08/06/2012
- ✓ Dalcame. Unidad modular de electrocardiografía, <http://www.dalcame.com/wdescarga/ecg12.pdf>, 08/06/2012
- ✓ Electromedik, Cables paciente para Electrocardiógrafos, http://www.electromedik.com.ar/cables_pacientes.htm, 10/06/2012
- ✓ Repositorio EPN, <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1436/1/CD-2119.pdf>, 09/06/2012
- ✓ Motorola, Transductor de presión MPS5050GP, <http://www.datasheetarchive.com/MPX5050GP-datasheet.html>, 15/06/2012
- ✓ National Semiconductor, Sensor de temperatura LM35, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>, 20/06/2012
- ✓ Funciones de un GPS Blog, <http://desevillaasantiagodecompostela.blogspot.com/2008/04/definicion-funcionamiento-y-funciones-de.html>, 22/06/2012

- ✓ Repositorio ESPE,
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5299/1/T-ESPEL-0916.pdf>, 25/06/2012
- ✓ SKYLAB, SKM53,
<http://es.scribd.com/doc/71701963/SKM53>, 02/07/2012