

MONITOR PORTÁTIL DE SIGNOS VITALES CON UN PDA

Rodríguez Salazar Rita Beatriz, Ing.

1. RESUMEN

En los últimos años se ha visto la necesidad de medir y registrar los signos vitales con el objetivo de controlar algunas enfermedades como la hipertensión arterial que es una enfermedad que se manifiesta con una presión arterial alta y para diagnosticarla y tratarla de una mejor manera se recomienda medir la presión arterial varias veces al día durante algunos días. El monitor portátil de signos vitales facilita el proceso de medición y lleva un registro organizado de los valores medidos. Los signos vitales que se contempla son la temperatura corporal, la presión arterial y la frecuencia cardiaca. Para la medición de estos signos vitales se utilizan los sensores respectivos y se realiza el acondicionamiento de señal. Estas señales son procesadas en un PDA en el que también se visualiza los valores obtenidos en la medición y se registra estos datos si el usuario lo requiere.

2. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es el de implementar un equipo portátil de medición de signos vitales operado a baterías capaz de tomar y almacenar medidas de: presión arterial, temperatura corporal y frecuencia cardiaca.

El monitor portátil de signos vitales con un PDA consta de un software y un hardware que funcionan conjuntamente

El software debe instalarse en el PDA y será el encargado de realizar el procesamiento de los datos obtenidos por medio de sensores de presión y de temperatura. El programa ejecutable, realizado en el entorno gráfico de LabView, permite al usuario medir sus signos vitales o ver el registro de mediciones anteriores en el que se incluye la fecha y la hora en la que se realizaron.

Si el monitor portátil de signos vitales es utilizado por varias personas se guarda un registro individual de los valores medidos lo que facilita su utilización.

En el caso de que los valores de presión arterial, frecuencia cardiaca o temperatura sean más altos que los valores considerados como normales el monitor portátil de signos vitales despliega mensajes de advertencia indicando una posible hipertensión cuando los valores exceden de 140mmHg para la presión arterial sistólica, ó 90mmHg para la diastólica.

Se indicará una taquicardia cuando la frecuencia cardiaca exceda de 100 latidos por minuto y fiebre en el caso que la temperatura sea mayor a 37,7 °C.

El hardware está compuesto por los elementos electrónicos necesarios para obtener y acondicionar las señales de presión arterial, ritmo cardiaco y temperatura corporal. Externamente deberán conectarse el PDA, un brazalete para medir la presión y un termistor para medir la temperatura.

El brazalete se debe ubicar en la muñeca del paciente para medir su presión arterial y su frecuencia cardiaca. El método utilizado para la determinación de la presión arterial es el oscilométrico para lo que el brazalete se debe inflarse hasta llegar a una presión de 200mmHg con lo que se comprime la arteria, esto se logra utilizando una pequeña bomba que introduce el aire en el brazalete y que es controlada a través de un microcontrolador PIC16F88. El siguiente paso es descomprimir poco a poco la arteria dejando escapar el aire por medio de una válvula.

La frecuencia cardiaca se determina partiendo de las oscilaciones presentadas en la presión arterial y utilizando la

transformada de Fourier se determina la frecuencia de estas oscilaciones.

El termómetro digital está construido con un termistor que detecta la temperatura corporal ya sea en la boca o la axila del usuario. Los valores de temperatura se indican y registran en el PDA.

3. SIGNOS VITALES

Se denominan signos vitales a las señales o reacciones fisiológicas medibles y observables que presenta un ser humano con vida y revelan las funciones básicas del organismo [1], los signos vitales son los principales indicadores del estado de salud de la persona [2] y la base para diagnosticar enfermedades.

TEMPERATURA CORPORAL

La temperatura corporal es una condición vital necesaria para mantener la intensidad de los procesos biológicos y es la resultante de un balance entre la producción de calor y su pérdida. La temperatura no es uniforme en todo el cuerpo, y es imposible establecer una temperatura media, por lo que se determinan sitios específicos para la medición de la temperatura, los métodos clásicos para medir la temperatura son: bucal, axilar, inguinal y rectal. En últimos años se han desarrollado otros métodos como son el de medir la temperatura del tímpano y la temperatura arterial.

PRESIÓN ARTERIAL

Es la presión que ejerce la sangre sobre las paredes arteriales, las cuales a su vez modifican su tensión por lo que se denomina también tensión arterial.

La presión arterial esta directamente relacionada con las fases del ciclo cardiaco principalmente con la sístole y diástole del ventrículo izquierdo que es de donde se bombea la sangre oxigenada hacia todas las células del organismo; en la Figura 1 se pueden observar las variaciones de la presión en la arteria aorta, debido a estas variaciones se han determinado distintos nombres para cada una de las presiones.

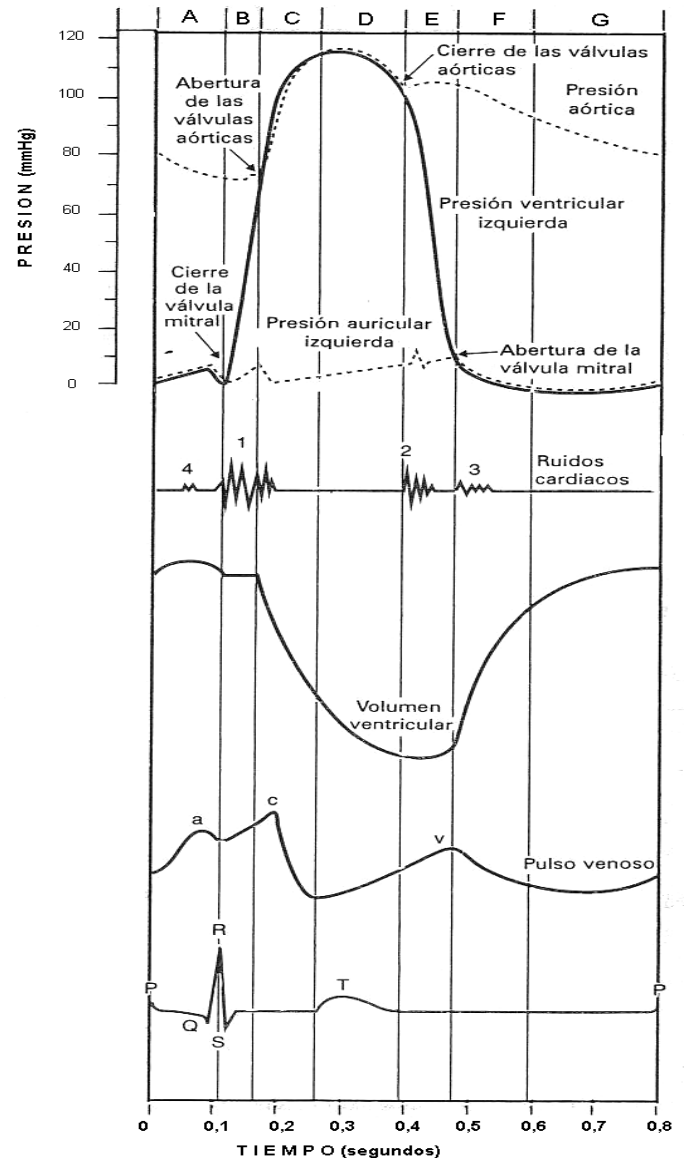


Figura 1 Fases del ciclo cardiaco

PRESIÓN SISTÓLICA

Es el valor de la máxima presión alcanzada durante el ciclo cardiaco, se produce en la sístole ventricular los factores determinantes para la presión sistólica o máxima son fundamentalmente el volumen sistólico ventricular izquierdo, la velocidad de expulsión y la distensibilidad de las paredes aórticas, el valor normal de la presión sistólica es de 120 mmHg.

PRESIÓN DIASTÓLICA

Se denomina así a la presión más baja que se registra durante la diástole ventricular y los factores que la determinan son: la

presión alcanzada durante la sístole, la velocidad de flujo a través de las resistencias periféricas y la duración de la diástole, se consideran normales valores alrededor de los 80 mmHg.

FRECUENCIA CARDICA

Se lo denomina también como pulso arterial o ritmo cardiaco. Y representa el número de veces que el corazón bombea la sangre hacia el organismo durante un minuto o expresado de otra manera el número de pulsaciones cardiacas por minuto.

El pulso arterial se origina durante la sístole ventricular donde la sangre es impulsada desde el ventrículo izquierdo hacia la aorta, esta contracción del miocardio causa dos efectos: el de mover la sangre a través de los vasos sanguíneos hacia delante dando lugar al flujo sanguíneo y el de establecer una onda de presión que viaja por las arterias, expandiendo sus paredes, esta expansión es palpable en forma de pulso.

La frecuencia cardiaca en reposo es de 60 a 100 latidos por minuto, cuando la frecuencia cardiaca excede los 100 latidos por minuto se dice que hay taquicardia; al ser menor a los 60 latidos por minuto se denomina bradicardia [3]; sin embargo en adultos jóvenes que tienen buen estado físico se consideran normales valores inferiores. Las zonas que presentan una mayor facilidad para medir el pulso arterial son aquellas en las que la arteria se encuentra muy superficial, es decir no está recubierta por gran cantidad de músculo. Por la facilidad que presenta la arteria radial es donde por lo general se toma la medida del pulso comprimiendo ligeramente la arteria contra el hueso y contando el número de pulsaciones por minuto.

4. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL MONITOR PORTATIL DE SIGNOS VITALES

El monitor portátil de signos vitales está conformado por un sensor de temperatura

con su respectivo circuito de acondicionamiento, para medir la presión arterial se utiliza el método oscilométrico como para lo que se requiere de un sensor de presión, una bomba que infle el brazalete y una válvula que permita la salida de aire del mismo para desinflar gradualmente el brazalete, Las señales de presión y temperatura ingresan a un microcontrolador con el cual se realiza la conversión análogo/digital y se envía estos datos al PDA utilizando comunicación serial. En la Figura 2 se puede observar un diagrama de bloques del monitor portátil de signos vitales

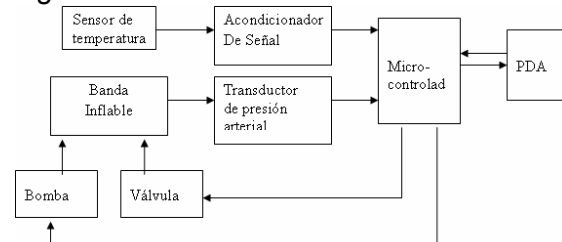


Figura 2 Diagrama de bloques

PDA

La función del PDA es la de procesar los datos de presión y temperatura que se transmiten desde el microcontrolador y guardar los valores medidos en un registro. La aplicación encargada de realizar estas funciones está programada en el lenguaje gráfico de programación LabView para PDA y como cualquier otra aplicación para PDA se descarga de un computador por medio de la sincronización. La aplicación está diseñada para un PDA que utilice PALM OS 4.0 o mayor, cuyo conector sea de 16 pines.

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA

El sensor que se eligió para la determinación de la temperatura es el termistor MA100GG103A cuyo rango de medición es de 0°C a 50°C, la precisión varía con la temperatura de 20°C a 35°C es de 1°C; de 35 a 39°C es de 0,05°C y de 39 a 42°C es de 0.075°C, la mayoría de mediciones se encontrarán entre los 35 y los 39°C. Este sensor tiene un tiempo de respuesta de 15 segundos lo que hace que el proceso de medición se realice más

rápido y sea menos incómodo para el usuario.

La variación de la resistencia del termistor no es lineal con respecto a la variación de temperatura, y responde a la ecuación 1 [4]

$$R_t = R_o e^{\beta \left(\frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_o} \right)} \quad (1)$$

Donde:

R_t = resistencia en ohmios a la temperatura absoluta T_t

R_o = resistencia en ohmios a la temperatura absoluta de referencia T_o

β = constante dentro de un intervalo moderado de temperaturas.

El rango de temperatura que se mide con el monitor portátil de signos vitales es de 34°C hasta los 42°C para este intervalo de temperaturas el valor de β es de 3931.802. La resistencia del termistor para la temperatura de 34 °C es de 6808,36Ω según los datos proporcionados por el fabricante. Reemplazando estos datos en la ecuación 1, se puede encontrar la resistencia para cada temperatura según la ecuación 2.

$$R_t = 6808,32 e^{3931,802 \left(\frac{1}{T_t} - \frac{1}{307} \right)} \quad (2)$$

Uno de los circuitos acondicionadores de señal más utilizado es el puente de resistencias de Wheatstone, para lo cual las resistencias que se utilizan deben ser muy precisas, y cualquier variación de las mismas puede dar como resultado un valor erróneo en la medida de la temperatura por estos inconvenientes se optó por utilizar una fuente de corriente constante con la que se puede garantizar un valor más preciso de la temperatura que se va a medida. Al tener una corriente constante cuando la resistencia del termistor cambia, produce una variación del voltaje de salida. La fuente de corriente utilizada se puede observar en la Figura 3

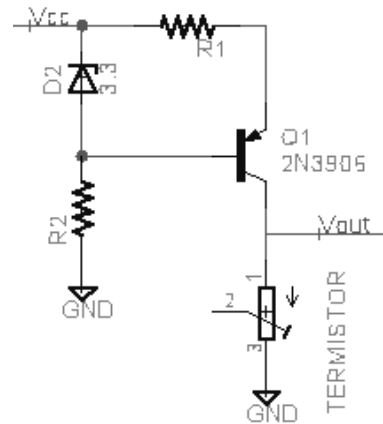


Figura 3 Acondicionador de señal para el termistor

La señal de salida del termistor se convierte a analógica utilizando el conversor A/D del microcontrolador y luego es transmitida al PDA usando comunicación serial.

DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Para la determinación de la frecuencia cardiaca se aprovechan los datos tomados para medir la presión arterial. Estos datos se filtran para obtener una señal oscilatoria de la que se encuentra la transformada de Fourier para determinar la frecuencia fundamental de las oscilaciones, esta frecuencia se multiplica por 60 para tener el número de pulsaciones por minuto.

El rango de medición para la frecuencia cardiaca se encuentra entre 30 y 180 pulsaciones por minuto, o lo que es lo mismo 0.5 y 3 pulsaciones por segundo lo que vendría a ser la frecuencia de la señal;

Para encontrar la frecuencia se debe obtener la señal de presión correspondiente solamente a las pulsaciones por lo que se filtra la señal de presión entregada por el sensor utilizándose un filtro de respuesta impulsiva infinita IIR tipo Butterworth pasabanda de orden 6 en el que las frecuencias de corte corresponden a 0.4 y 4 Hz, banda de frecuencias en las que se encuentra la frecuencia cardiaca. En la Figura 4 se indica la señal original obtenida del sensor de presión y la señal filtrada.

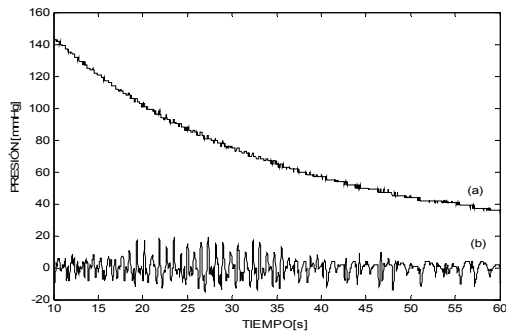


Figura 4 a) Valores de la presión arterial cuando se desinfla el mango. b) Presión filtrada (señal oscilatoria para encontrar la frecuencia cardiaca)

Al obtener la transformada de Fourier de la señal de pulso se encuentra la frecuencia fundamental que en este caso es de 1.15 como se puede observar en la Figura 5. Al multiplicar este valor por 60, se obtiene el número de pulsaciones por minuto que en el ejemplo es 69 pulsaciones por minuto.

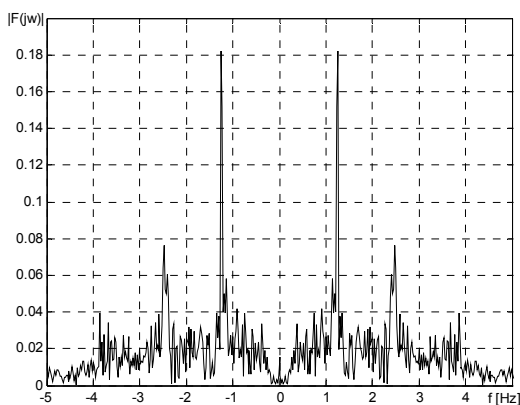


Figura 5 Transformada discreta de Fourier de la señal de pulso

DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL

El método electrónico más usado en los últimos años para la determinación de la presión arterial es el oscilométrico. Este método basa su funcionamiento en monitorear las variaciones u oscilaciones de la señal de presión en una banda inflable que se aplica alrededor del brazo o de la muñeca. Mientras la banda se desinfla desde un nivel por encima de la presión sistólica, las paredes de la arteria comienzan a vibrar u oscilar a medida que la sangre fluye a través de la arteria

parcialmente ocluida debido a la presión que ejerce el brazalete sobre la arteria, y estas vibraciones son captadas en el transductor de presión que monitorea la presión de la banda. Cuando la presión en la banda sigue disminuyendo, las oscilaciones aumentan hasta una amplitud máxima y luego disminuyen hasta que la banda se desinfla completamente y el flujo de sangre regresa a la normalidad. [5] El brazalete se debe conectar a un sensor de presión con el cual se obtiene la señal de presión que está compuesta por la señal de las oscilaciones causadas por la expansión de la arteria y la señal de presión del brazalete. Para utilizar el método oscilométrico se debe separar estas dos señales[6] y se logra este objetivo filtrando la señal obtenida en el sensor. Esto se puede observar en la Figura 4 en la que se muestra la presión del brazalete que disminuye paulatinamente mientras la amplitud de las oscilaciones se incrementa hasta llegar a un máximo y luego disminuye también.

La presión en la banda en el punto de máxima oscilación normalmente corresponde a la presión arterial media. El punto por encima de la presión media en el cual las oscilaciones comienzan rápidamente a aumentar en amplitud corresponde a la presión sistólica. El punto en el que esta variación de las oscilaciones disminuye de forma más abrupta, corresponde a la presión diastólica.[5]

En el método oscilométrico las presiones se determinan aplicando ciertos criterios matemáticos a la curva envolvente formada al graficar la amplitud de la línea base al pico, la amplitud pico a pico, o una cantidad basada en la integración total o parcial del pulso oscilatorio (señal de las oscilaciones causadas por la expansión de la arteria) esta nueva señal se la conoce como pulso índice oscilométrico.[5]

Existen dos formas de determinar las presiones sistólica y diastólica: una basada en la altura y otra en la pendiente. En el enfoque por altura, los valores de presión sistólica y diastólica se determinan como la presión de la banda a la cual la razón del valor del pulso índice medio con relación al

valor máximo del pulso índice medio es igual a un valor determinado, al que se lo llamará constante para la determinación de la presión sistólica K_s y K_d para la determinación de la presión diastólica. K_s y K_d responden a las Ecuaciones 3 y 4. En el enfoque por pendiente, se usa el criterio de máximo y mínimos valor de cambio del pulso índice que corresponde a los puntos de máxima y mínima pendiente en la curva envolvente[5] en la Figura 6 se visualizan de una mejor manera estos dos enfoques.

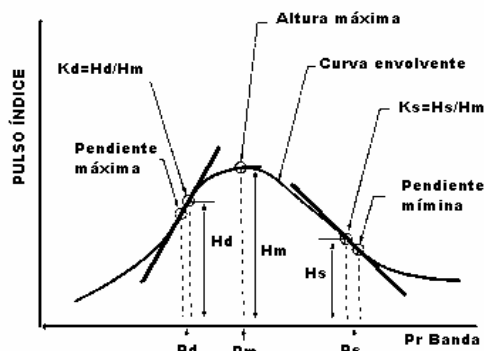


Figura 6 Pulso Índice Oscilométrico [5]

$$K_s = \frac{H_s}{H_M} \quad (3)$$

$$K_d = \frac{H_D}{H_M} \quad (4)$$

Donde

K_s = Constante para la determinación de la presión sistólica

K_d = Constante para la determinación de la presión diastólica

H_M = Altura máxima del pulso índice oscilométrico

H_s = Altura del pulso índice oscilométrico que corresponde a la presión sistólica

H_d = Altura del pulso índice oscilométrico que corresponde a la presión diastólica

Los valores de presión sistólica y diastólica utilizando el método oscilométrico se estiman empíricamente en el enfoque por alturas se deberá determinar un valor de las constantes K_s y K_d experimentalmente

Para la implementación de este método en el monitor portátil de signos vitales se realizaron pruebas utilizando los dos criterios: el de las pendientes y el de la amplitud máxima, debido a que el método de la amplitud máxima se puede calibrar de una mejor manera que el de las pendientes ya que se puede variar el porcentaje de la amplitud máxima que se desea encontrar se optó por este método. Encontrando que los valores más adecuados para las constantes son: $K_s=0.57$ y $K_d=0.7$

Los elementos necesarios para medir la presión arterial de forma automática son una bomba compuesta principalmente por un mini motor de corriente continua que será alimentado con 3.3V y será controlado por un transistor a cuya base se conecta un pin del microcontrolador que entregará un 1L para encender el motor y llenar el brazalete de aire, este llenado se realizará hasta que la presión en el brazalete sea igual a 200mmHg ya que la presión sistólica para una persona con hipertensión moderada llega hasta 180mmHg, para personas con hipertensión muy grave la que los valores de presión sistólica sobrepasan los 200mmHg el brazalete se inflará hasta 250mmHg siempre y cuando el paciente escoja esta opción mediante un interruptor. Una vez que se ha inflado el brazalete hasta la presión necesaria el microcontrolador proporcionará un 0L para apagar el motor, el motor también se apagará en el caso de que el paciente interrumpa la medición con la opción correspondiente en la pantalla de la PALM o presionando el pulsante de interrupción de la medición.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANÓNIMO, Primeros Auxilios, Auxilio.net
- [2] PENAGOS Sandra, SALAZAR Luz, VERA Fanny, Guías Para El Manejo De Urgencias
- [3] HOUSSAY Bernardo, Fisiología Humana, 4ª Edición, El Ateneo, Argentina, 1972

- [4] CREUS Antonio, Instrumentación Industrial, 2º edición, Editorial Marcombo, México, 1981
- [5] RUSO R., RAMOS J., BAUTISTA O., DEL REY R., Una Implemetación Efectiva Delmétodo Oscilométrico Para La Medición De La Presión Arterial, Instituto Central de Investigación Digital, Cuba, 1996
- [6] SALUM G.M., OJEDA G.G., Primeros Estudios Con Un Medidor Oscilométrico De Presión Arterial, Universidad Nacional de Entre Ríos, Uruguay

e-mail: rbrodriguezs@yahoo.com