

Oxímetro de pulso a PC con interfase de PIC16F877

**Ing. Benjamín Gaspar Zamora,
Ing. Rolando Pérez Barriga***

Introducción

Resumen: Una realidad a la cual no podemos ser ajenos en nuestro país es la carencia de equipamiento médico, ya sea por sobre demanda como es en los grandes hospitales, ó por la poca asignación de fondos en los Centros de Salud, esta realidad no es distinta en otros países sudamericanos. Por lo cual se viene desarrollando un Oxímetro de Pulso conectado a PC, este equipo esta basado en una tarjeta OEM de la firma NONIN, la misma que mediante un Hardware Discreto es conectado a la PC, que tendrá un software que podrá mostrar los valores correspondientes a la SPO2 y la HR, así como la gráfica de la onda pletismográfica, con sus alarmas audiovisuales respectivas, con un sonido que indicara la frecuencia cardíaca ó del pulso, para luego almacenarlo en una base de datos, el cual se puede volver a visualizar desde de los datos almacenados, esta aplicación servirá también para el aprendizaje del uso de este equipo y equipos similares. Esta propuesta forma parte de un proyecto integral desarrollado en el CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INGENIERIA BIOMÉDICA de la Universidad Ricardo Palma para reducir el costo de equipamiento biomédico.

Palabras clave: SPO2, HR, Pletismografica, Visual Basic 6.0.

Abstract: A fact in our country is the scarcity of medical equipment, whether by over demand, as in big hospitals, or by lack of budget, as in small health centers; this reality is not much different as in other South American countries. Thus, one started developing a Pulse Oximetry device; this equipment is based on an OEM card of signature NONIN which is connected to a PC by means of a digital hardware. A program allows visualizing the SPO2 and HR data as well as the plethysmograph wave. Audio-visual alarms indicate cardiac frequency or pulse. Information can be stored in a data base and visualized. This application may be used for learning how to use this and other similar equipments. This Pulse Oximetry device is a low cost proposal which is part of an integral project executed at Ricardo Palma University's RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER FOR BIOMEDICAL ENGINEERING in order to develop low cost biomedical equipment.

En la actualidad los Hospitales del Ministerio de salud y de la Seguridad Social atienden aproximadamente al 80% de la población, y tienen una carencia de equipos médicos, ya sea por sobre demanda como es en los grandes hospitales, o por la poca asignación de presupuesto por el gobierno; el 20% restante es atendida por Clínicas Privadas y Hospitales FFAA y PP, donde sus carencias son menores. Esta realidad no es distinta en otros países sudamericanos; viendo la realidad actual, se planteo que los estudiantes de últimos ciclos e ingenieros aporten ideas y soluciones, formando así el Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Biomédica de la Universidad Ricardo Palma (CIDIB-URP), donde se viene diseñando y desarrollando este equipo de Oximetría de Pulso a PC, siendo hoy en día recomendado este tipo de equipo como un Standard mínimo de vigilancia anestésica y de cuidados intensivos.

Para alcanzar este objetivo, hemos utilizado técnicas como la tarjeta de adquisiciones de la firma Nonin [3], una de las más prestigiosas marcas de oximetría de pulso a nivel mundial. Esta tarjeta mediante un sensor de la misma firma o compatible podrá capturar las señales provenientes del cuerpo humano en forma no invasiva , esto debido a que utiliza sensores ópticos, y mediante los principios de absorción de luz y la Ley de Lamber Beer [2] se tiene los valores de Frecuencia Cardíaca y Saturación de oxígeno en la sangre.

Estos datos la Tarjeta de Adquisición OEM los envía en un protocolo de comunicación serie el cual es recibido por la interfase de comunicación del sistema y que los transmite hacia la PC que es el cerebro del sistema; le llega la data necesaria para procesar y realizar diferentes algoritmos de detección y análisis para posteriormente filtrar los más indicados y mostrarlos mediante la etapa de visualización.

Cabe indicar que existen numerosas marcas en el mundo que en base a la tecnología OEM de otros fabricantes realizan

* Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Biomédica de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Universidad Ricardo Palma.

equipos los cuales son adquiridos como equipos originales, este trabajo pretende incorporar en nuestra sociedad productos comerciales de bajo costo, sin embargo dentro de los objetivos futuros se pretende realizar el diseño integral de la tarjeta de adquisición y el sensor correspondiente, para lo cual la arquitectura desarrollada en este trabajo es compatible y modular.

Una estimación inicial indica que la reducción en el costo de inversión de estos equipos es de 3 a 1, con lo que estos equipos se hacen accesibles a la mayoría de los sanatorios y hospitales del país y de Latinoamérica. En este informe se presentan el primer prototipo de prueba recientemente desarrollado.

Marco teórico

Fotopletismografía

La Fotopletismografía es una técnica utilizada en diversas aplicaciones de uso médico, en este caso para la detección de la variación del volumen de la sangre en una arteria en forma indirecta mediante la medición de la absorción de luz, tal como se observa en la Fig. 1; la señal Fotopletismográfica se puede obtener mediante diversas configuraciones, a saber:

Por transmisión : se coloca el tejido a ser evaluado entre el emisor y el receptor.

Por reflexión : se coloca el emisor y el receptor en el mismo plano paralelo al tejido a evaluar.

Por reflexión a 90° : el emisor y receptor se colocan en planos a 90 grados.

La fuente de luz empleada es cercana al infrarrojo (entre 800 y 940nm.aprox.), para minimizar la interferencia producida por otras fuentes de luz.



Fig. 1: Esquema de absorción de luz

La Fotopletismografía ha sido aplicada por la práctica médica y quirúrgica desde 1937, para contar la frecuencia cardíaca, evaluar la presión arterial periférica, la saturación de oxígeno y la micro circulación periférica después de un injerto de piel, ingestión de fármacos, quemaduras, o revascularización.

Características ópticas de la piel y el tejido

La piel está compuesta por el estrato córneo, epidermis (células con melanina), dermis (vasos capilares), tejidos, músculos y huesos. Los cromóforos (la melanina es el principal cromóforo) presentes en la piel y la dispersión de la radiación que ocurre en cada una de sus capas determina la profundidad hasta la cual podrá penetrar la radiación óptica (Ver Fig. 2). Una ventana óptica existente entre 600 y 1300 nm. ofrece la posibilidad de llegar hasta tejidos y órganos situados a profundidades mayores, esto permite percibir la atenuación debido a la sangre.

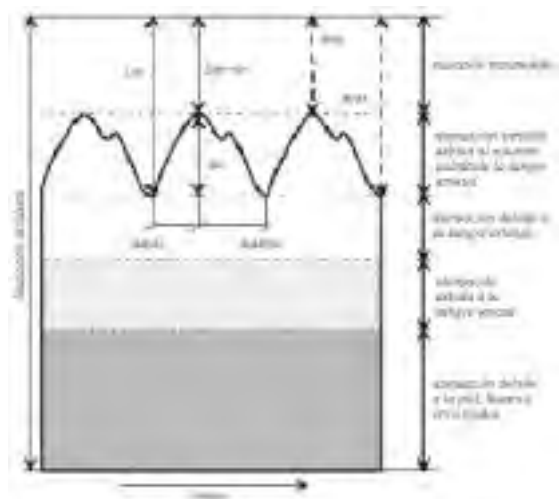


Fig.2: Absorción de la luz en el dedo.

Pulso Arterial

El estudio del pulso arterial comienza en los albores de la medicina clínica, y se basaba como hasta ahora no solo en la determinación de la frecuencia cardíaca, entre 60 y 90 pulsaciones por minuto (ppm) para un adulto, sino también, y sobre todo, en el análisis de la forma de onda de dicho pulso (Ver Fig.3), ya que puede ser usado para:

- Diagnóstico y reconocimiento tempranos de arteriosclerosis, enfermedades vasculares crónicas o agudas, y disturbios circulatorios funcionales
- Chequeo post operatorio luego de operaciones quirúrgicas vasculares

- Determinación del impacto farmacéutico en el sistema vascular.

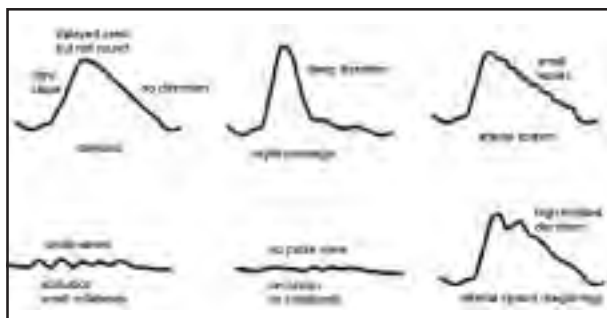


Fig.3: Algunas alteraciones del aparato cardiovascular y sus formas de onda de pulso arterial

Objetivos

Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es el desarrollo de un equipo que nos ayude a la medición de los siguientes parámetros o signos vitales: Saturación de Oxígeno en la sangre arterial, Frecuencia Cardíaca, Alarmas de taquicardia y bradicardia, Alarmas de baja y alta señal de saturación de oxígeno, Grafica de la forma de la onda pletismográfica, Barra de intensidad de la onda pletismográfica.

Estos valores a informar deberán estar dentro de un margen de error compatible con los límites de calidad establecidos y un bajo costo de diseño.

Objetivos específicos

- Desarrollo de un sistema de interpretación de datos del protocolo serie de la tarjeta Nonin
- Desarrollo de un sistema de tratamiento y visualización en PC de los datos adquiridos
- Desarrollo de un «Demo» que ayude al usuario a familiarizarse con el equipo y entrenarse para equipos similares
- Desarrollo de un Equipo de Fácil uso para el personal técnico y usuario.

Materiales y métodos

Este trabajo se desarrollo en 3 etapas muy bien definidas en las cuales se expresan los objetivos específicos del proyecto,

en primer lugar se dio mucha importancia a conocer el protocolo de comunicaciones de la tarjeta de oximetría de pulso de Nonin, posteriormente se pasó a la etapa de la interconexión con la PC mediante un protocolo serie, posteriormente se desarrolló el prototipo del software que mostrara los datos del equipo así como la gráfica de la onda pletismográfica.

Etapa N° 1: Protocolo de comunicación

Según las especificaciones de la tarjeta OEM se tiene 3 tipos de formato serial, los cuales cuentan con una misma característica de transmisión serial como se muestra en la Tabla I:

TABLA I

Formato Serial	CONEXIÓN J1-9
# 1	0 – 626 Ohms
# 2	> 297Kohms
# 7	4.3 Kohms ± 5%

El formato de la comunicación es el siguiente:

- Velocidad de Transmisión: 9600 Baudios
- Bits de Datos: 8
- Paridad: No
- Bits Parada: 1
- Control de Flujo: No

Ya obtenidas estas dos primeras especificaciones pasamos a analizar el formato que se trabajara con esta tarjeta de adquisición.

Formato #2:

Un paquete está formado por 25 tramas de 5 bytes cada uno; y por cada segundo se envían tres paquetes [3].

Para tomar los datos de SPO2 y HR se utilizó las tres primeras tramas [3].

Para realizar la gráfica pletismográfica se tomó el tercer byte de las 25 tramas.

El status es el que da las alarmas como se muestra de la siguiente Tabla II:

TABLA II

STATUS BYTE 2							
BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
1	SNSD	ARTF	OOT	SNSA	RPRF	YPRF GPRF	SYNC

NOTA : BIT 7 SIEMPRE 1

Al encontrarnos con un valor alto o 1 Lógico se activan las señales correspondientes:

- SNSD : Sensor desconectado.
- OOT : No hay consecutividad en la señal.
- LPRF : Baja calidad de señal.
- MPRF : Media calidad de señal.
- ARTF : Intervalo del pulso actual disparateo.
- HR8 – HR0 : Pulsaciones por minuto.
- SP6 – SP0 : Saturación de oxígeno.

Cuando no exista datos de SPO2 y HR, el sistema enviará como indicador datos de HR = 511 y SPO2 = 217.

Este formato es lo mínimo suficiente para poder realizar el software del Oxímetro en la PC, también existe un tercer formato (FORMATO #7) en el cual su variación con este formato es la mayor resolución para la onda pletismográfica, siendo ya no de 8bits de resolución sino de 16bits, así que el pasar al formato #7 no habría complicaciones, pero para el actual software es suficiente con el formato #2, ya que cumple con lo necesario.

ETAPA N° 2: Interconexión con la PC mediante un protocolo serie.

En esta etapa se encuentra conformada por el sensor de oximetría, la tarjeta OEM, el PIC16F877 [4], y el MAX232 [5] el cual hará la conexión con la PC; como se muestra en el diagrama de bloques del sistema y la tarjeta de comunicaciones de la Fig.4:



Fig. 4: Diagrama de Bloques del Sistema y la tarjeta de comunicaciones

1. Sensor

Nosotros usamos un sensor de marca NONIN que usa la tecnología Pure Light (Ver Fig. 5), estos producen un espectro ligero puro de alta intensidad que elimina variaciones en lecturas de paciente-a-paciente y del sensor-a-sensor.

Fuentes de luz rojas e infrarrojas son esenciales para este oxímetro.

- Las medidas del LED rojo son de la hemoglobina desoxigenada.
- Las medidas del LED infrarrojas son de la hemoglobina oxigenada.

La tecnología que usa se describió en el marco teórico.



Fig. 5: Sensor de Oxímetro comercial

2. Módulo OEM III

El módulo del OEM III [3] (Ver Fig. 6), es un dispositivo pequeño, de baja potencia que se pueda integrar fácilmente en un equipo. El módulo mide la saturación funcional del oxígeno de la hemoglobina arterial (%SpO₂) y del pulso (BPM) para el adulto, pediátrico, y pacientes neonatales, el cual mediante la interfase serial y el PIC16F877 se comunica con la PC.

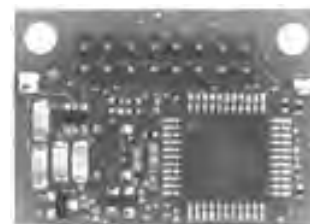


Fig. 6: Tarjeta OEM

Etapa N° 3 : Sistema de oximetría en PC

El software desarrollado tiene la capacidad de poder mostrar en tiempo real los datos que recibe de la tarjeta OEM, los cuales son: gráfica pletismográfica, valores de HR y SPO2, alarmas que se envía en el STATUS, y al mismo tiempo se

encontrará almacenando en una base de datos, para posteriormente poder ser mostrados los datos y gráfica, además de poder modificar los valores máximos mínimos de SPO2 Y HR, el cual al pasar estos valores se activa una alarma la cual advierte del estado del paciente, además de mostrar la hora y fecha como se ver en la Fig. 7.



Fig. 7: Presentación software.

Resultados

Se desarrolló un Oxímetro de pulso a PC, con las siguientes características:

- Equipo desarrollado de bajo costo, con respecto al mercado internacional.
- Comunicación por medio del puerto Serial RS232 entre tarjeta OEM y PC, además del uso de un PIC16F877.
- Software diseñado en Visual Basic 6.0
- Almacenamiento de la información en una base de datos Access.
- Gráfica pletismográfica y valores de SPO2 y HR.
- Desarrollo de algunos algoritmos para poder emitir sonido en los picos de la gráfica pletismográfica.
- Selector de alarmas con sonido para máximo y mínimo valores de SPO2 y HR.
- Muestra la fecha y hora en cuanto esta que se monitorea los signos vitales.

Conclusiones

- El equipo presentado en este trabajo ha sido diseñado para poder garantizar los valores de saturación de oxígeno en la sangre y frecuencia cardíaca dentro de un margen de error compatible con los límites de calidad establecidos.
- El costo de desarrollo de este dispositivo es bajo y se encuentra al alcance de cualquier Institución de Salud de Latinoamérica.

- El equipo desarrollado está orientado al personal usuario, en idioma español y en su fase de prueba espera recibir una retroalimentación de los usuarios finales

Recomendaciones

- Tener una adecuada sincronización entre PIC y tarjeta OEM para evitar perder datos.
- Tener adecuadamente colocado el sensor para evitar discontinuidad en la señal.
- Antes de ejecutar la comunicación serie entre PC y el Sistema de Oxímetro revisar la correcta configuración del puerto a utilizar.
- Para una óptima ejecución del software utilizarlo en una PC Pentium 4 con Sistema Operativo XP, esto es más por la visualización de la base de datos y el sonido (debido a pruebas realizadas con diferentes características de PC).

Trabajos futuros

- Manejar un monitor independiente de una PC, usando un microcontrolador.
- Dejar de depender de una PC, debido al volumen del equipo.
- Comunicarlo mediante protocolos IP a una central que puede ser una PC a distancia.
- Manejo de un banco de memorias para reproducir los datos almacenados, en un determinado tiempo.

Agradecimiento

Mi agradecimiento al Jefe de Laboratorio de Sistemas Digitales Ing. Gustavo Roselló Moreno, de la Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú; por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto y de los Proyectos que se realizan en el Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Biomédica.

Referencias bibliográficas

- [1] Barea Navarro R., «Instrumentación Biomédica». Universidad de Alcalá, Departamento de Electrónica.
- [2] Del Águila C., «Electromedicina», Editorial HASA-Nueva Librería, 2da Ed. 1994.
- [3] www.nonin.com (Hoja de datos de la tarjeta OEM)
- [4] Data Sheet 16F877 and 16F84 the Microchip.
- [5] Data Sheet Max232.