



Sistema de medición de estrés

María E Acevedo M*
Marco A Acevedo M*
Adriano de Luca P**

- * Sección de Estudios de Posgrado e Investigación ESIME-IPN.
** Departamento de Ingeniería Eléctrica CINVESTAV-IPN.
UPALM edificio Z-4 3er Piso,
Col. Lindavista, México D.F.
Tel. 729-6000 ext 54904
Email: macevedo@redipn.ipn.mx

Artículo recibido 6/marzo/2001
Artículo aceptado 23/marzo/2001

RESUMEN

En este trabajo se describe un sistema digital que permite medir el estrés en un ser humano a partir de los parámetros que resultan más afectados por este fenómeno, que son: la respiración, la postura, la tensión muscular, la conductancia de la piel y el nivel de dos hormonas importantes, el cortisol y la prolactina. El séptimo parámetro es el estado psicológico en que se encuentra la persona, esto se valora a través de un cuestionario de 49 preguntas llamado Cuestionario de la Medida del Estrés Psicológico (MSP). El sistema completo esta compuesto por una parte de hardware y una de software. El hardware diseñado es un sensor de movimiento respiratorio torácico y abdominal y una interfaz entre los sensores de respiración, tensión muscular y conductancia de la piel y la PC. El software recibe las señales de los sensores, las analiza y emite un resultado parcial de cada uno de los parámetros medidos. Además, integra los resultados de los parámetros restantes y arroja un valor numérico, correspondiente al nivel de estrés de la persona.

Palabras clave:

Estrés-Bienestar, MSP (Medida del estrés psicológico), EMG (*Tensión muscular*), GSR (*Conductancia de la piel*).

ABSTRACT

This work presents the design of a digital system to be able to determine the level of stress in a person by implementing the direct and integral "Stress-Comfort" scale. This scale have seven parameters whose partial values are added to obtain the level of stress in a human being. The seven parameters are: Respiration, Posture, Muscle Tension (EMG), Skin Conductivity (GSR), Cortisol and Prolactin, and the Test of the Measure of Psychological Stress (MSP). The EMG, GSR, and Respiration parameters are measured directly from the patient body through sensors. The signal of these sensors are convert first, in analogical voltage and then, this voltage is converted into digital signals by means of a personal computer (PC), that capture and process them. These results are shown both numerically and graphically and they could be printed. This work proposes an electronic circuit that use infrared devices to sense the torax and abdominal respiratory movement without putting anything around the human body.

Key words:

Stress-Comfort, MSP (Measure of Psychological Stress), EMG (*Electromiogram*), GSR (*Galvanic Skin Response*).



INTRODUCCIÓN

El estrés es una respuesta ante una situación inesperada o a cualquier evento que perturbe nuestra paz⁵. La forma de reaccionar del cuerpo varía dependiendo de cada persona. También, un evento tiene adjetivo de estresante dependiendo del punto de vista de cada individuo, es decir, una situación puede ser relajante para una persona mientras que para otra resulte ser completamente indeseable.

El estrés es un fenómeno que afecta a cualquier persona sin importar raza, sexo, edad ni posición social. Cuando un ser humano tiene un problema, de cualquier índole, y no logra resolverlo, su cuerpo comienza a verse afectado tanto física como mentalmente. Las primeras manifestaciones son la depresión, dolores musculares, pérdida del apetito, pérdida del interés y la concentración⁴. Estas constantes alteraciones en el cuerpo comienzan a mermar el sistema inmunitario^{1,3} y en ese momento, la persona se encuentra en un estado latente de contraer cualquier enfermedad.

El estrés se ha tratado de cuantificar para tener una idea más clara de qué tanto una persona se ha visto afectada por un evento estresante que hasta ese momento no ha podido superar o manejar de una manera satisfactoria.

Existen escalas que reflejan el estado emocional de un individuo estresado⁴, estas escalas se aplican a través de cuestionarios y sólo observan el nivel de afectación psicológica que padece la persona, sin embargo, no consideran los efectos físicos que se derivan de un continuo estado de estrés.

También, se encuentran disponibles terapias de relajación para contrarrestar el estado de estrés de una persona, una de las más importantes es la llamada Biofeedback⁶. La técnica consiste en poder detectar, de manera auditiva o visual, el comportamiento de nuestro cuerpo cuando estamos relajados o cuando nos encontramos estresados. Algunos de los parámetros del cuerpo que se miden son: la temperatura, el ritmo cardíaco, la conductancia de la piel, la tensión muscular, la presión sanguínea y la respiración. Si se advierte que el cuerpo sufre de estrés entonces el paciente realiza una terapia para controlar sus emociones de manera que sus signos vuelvan a la normalidad. La terapia del Biofeedback enseña al individuo una forma de relajación más no cuantifica el daño físico.

La escala "Estrés-Bienestar" es una escala directa e integral para medir el nivel de estrés en un ser humano. Se dice que es directa porque es capaz de valorar el estado físico actual de una persona y se dice que es integral porque el nivel de estrés se obtiene de la unión de los dos tipos de estrés: el psicológico y el fisiológico.

Con esta escala es posible ubicar a una persona en un estado de bienestar o de estrés, es decir, se puede definir una persona como en total bienestar, un poco estresada o en completo estado de estrés.

El estrés psicológico se obtiene utilizando la escala que mide el estrés psicológico, ésta es la escala MSP^{4,2}.

En el caso del estrés fisiológico, se realizaron investigaciones⁴ sobre los sistemas que sufren alteraciones provocadas por el estrés y concluyó que los parámetros más significativos que reflejan las afecciones del estrés, son:

- La respiración
- La tensión muscular (*Electromiograma, EMG*)
- La conductancia de la piel (*Galvanic Skin Response, GSR*)
- La postura
- El cortisol
- La prolactina (hombre o mujer)

Para obtener un número concreto para representar el nivel de estrés, es necesario tener una referencia numérica de cada uno de los parámetros anteriormente mencionados. O sea que se debe conocer un valor mínimo y máximo de cada uno de ellos.

El cuadro 1 muestra los valores mínimos y máximos para cada uno de los parámetros.

Cuadro 1. Valores mínimos y máximos de los parámetros que son afectados por el estrés.

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
MSP	49	196
EMG	0.4	4
GSR	0	40
Respiración	6	24
Postura	3	9
Cortisol	4.1	22.4
Prolactina (Mujer)	1.3	19.9
Prolactina (Hombre)	1.9	26.1

El resultado parcial de la medición de cada uno de los parámetros se normaliza con la siguiente fórmula:

$$\text{Valor normalizado} = \frac{\text{Valor parcial} - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}} * 10 \quad (1)$$

El valor normalizado permite que cada parámetro tenga un valor entre 0 y 10.

El nivel total de estrés se obtiene sumando los valores relativos correspondientes a los siete parámetros medidos. Si el resultado de la suma es cero, entonces la persona está en un nivel de bienestar, pero si el resultado es 70, la persona está en el nivel máximo de estrés.

El sistema digital desarrollado implementa la escala "Estrés-Bienestar". Los parámetros de respiración, tensión muscular y conductancia de la piel se miden mediante sensores cuyas señales se envían a la PC a través de una interfaz conectada al puerto paralelo. Los valores de los parámetros restantes se introducen por teclado. Un programa, desarrollado en Visual C++ 5.0, se encarga de tomar las señales de los sensores y analizarlas para después obtener el valor parcial de los tres parámetros. Posteriormente, se normalizan los valores de los siete parámetros y se suman para obtener un número que corresponde al nivel de estrés. Los parámetros parciales y el resultado final se muestran en una gráfica de barras.

DESARROLLO

La figura 1 muestra el diagrama a bloques del sistema desarrollado.

Sensor de respiración

Los sensores de respiración existentes constan de una banda elástica que se estira con el movimiento de respiración del cuerpo, pero estas bandas con el tiempo tienden a aflojarse y la medición obtenida ya no es la correcta, además, es molesto para la persona colocarse estas bandas alrededor del cuerpo. Por esta razón, se diseñó, un sensor que no tocará el cuerpo de la persona y que no se deformará con el tiempo.

La idea de diseño del sensor de respiración consiste en tener dos dispositivos de luz infrarroja, un emisor y un receptor, montados juntos en un extremo y frente a ellos una superficie refle-

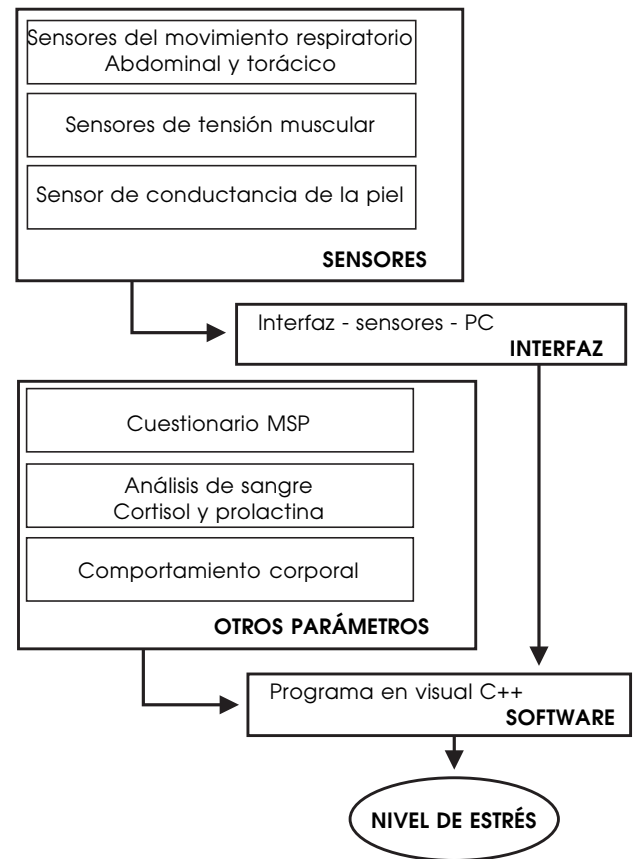


Figura 1. Diagrama a bloques del sistema digital para medir el estrés.

jante, de manera que cuando el emisor despliegue el rayo infrarrojo, éste choque con la superficie reflejante y que el receptor capte el rayo reflejado.

Para sensar el movimiento de respiración se colocan dos superficies reflejantes, una en el abdomen y otra en el tórax de la persona, el par infrarrojo se coloca justo en frente. Los movimientos perpendiculares (al abdomen y al tórax) que realiza la persona al respirar, provocan que los rayos recibidos sean de mayor intensidad cuando se inhala y de una intensidad menor cuando se exhala.

Los cambios de intensidad en los rayos reflejados, se registran en forma de variaciones de corriente en el receptor. En la figura 2 se muestra el circuito eléctrico del sensor de respiración.

En la figura 2, el emisor de luz infrarroja corresponde al fotodiodo llamado IRED, el receptor es un fototransistor de tipo N que se reconoce en la figura como PHOTO NPN. Las variaciones de co-

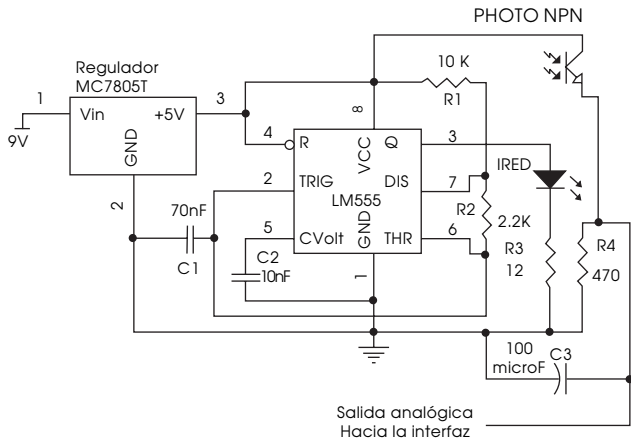


Figura 2. Circuito eléctrico del sensor de movimiento respiratorio.

riente, que equivalen al movimiento respiratorio, pasan a través de la resistencia R4 de 470 W. Los cambios de voltaje que se registran en R4 son las señales analógicas que se llevan hacia la interfaz entre los sensores y la PC.

El oscilador de onda cuadrada permite al fotodiodo recibir más corriente, lo que resulta en que la luz emitida sea de más intensidad y se logre emitir esta luz a una mayor distancia.

Se utiliza el mismo diseño para ambos sensores de movimiento respiratorio.

Conductancia de la piel

El sensor de conductancia de la piel es un dispositivo comercial llamado GSR2. El sensor de GSR tiene una salida de frecuencia. Conforme la conductancia de la piel aumenta, la frecuencia aumenta.

Esta frecuencia debe convertirse en voltaje analógico para que la interfaz pueda convertir ese voltaje analógico en digital. Para esto, se utilizó un convertidor de Frecuencia a Voltaje. Además, para iniciar la prueba con este sensor es necesario disponer una frecuencia inicial de 12 KHz. Se utilizó un detector de tono para detectar la frecuencia de 12 KHz y un led prendido indica el momento en que se alcanza dicha frecuencia.

En la figura 3 se muestra la configuración utilizada para convertir la frecuencia entregada por el sensor de GSR a un voltaje analógico utilizando el convertidor de frecuencia a voltaje LM2907. En esta figura, también se puede observar el arreglo de resistencias y capacitores que se utilizaron para que el detector de tono LM567 detectara una fre-

cuencia de 12 KHz. La entrada para ambos circuitos es común y proviene de la salida de frecuencia (conexión a los audifonos) del GSR2.

La salida del LM2907 va directamente a la interfaz, mientras que la salida del LM567 se conecta a un led, de manera que cuando se alcance la frecuencia de 12 KHz el led se encienda.

Tensión muscular

El sensor de la tensión muscular también es un dispositivo comercial que se conoce como Myo-Trac EMG Biofeedback Systems. Este sensor tiene una salida de 0 a 2 V que se conecta a un amplificador operacional utilizado como seguidor. El sensor de EMG es muy sensible por lo que es necesario un acoplamiento de impedancias antes de conectarlo a la interfaz. Se utilizó el amplificador operacional LM358 como acoplador de impedancias. El circuito eléctrico se muestra en la figura 4.

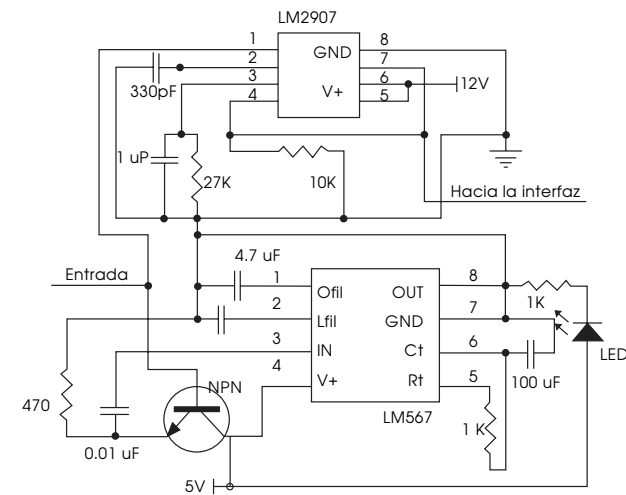


Figura 3. Diagrama eléctrico del circuito que convierte la frecuencia a voltaje y detecta una frecuencia de 12 KHz.

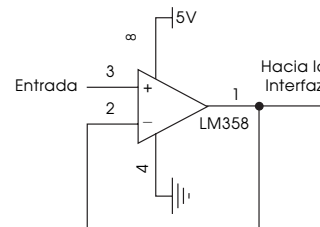


Figura 4. Diagrama eléctrico del acoplador de impedancias entre el sensor de tensión muscular y la interfaz.

La salida de cada uno de los circuitos se conecta a un convertidor analógico digital, cuya salida (8 bits) se lleva a un multiplexor de 8 a 4 para que en un momento se lean 4 bits y después los otros 4 bits restantes, porque el puerto paralelo se está utilizando en modo nibble de manera que la PC sólo puede leer 4 bits a la vez. Esto permite que cualquiera de los sensores se utilice de manera individual.

Una vez digitalizada la señal de los sensores, ésta se lleva a una interfaz para que las cuatro señales de los cuatro sensores se introduzcan a la PC, dando la impresión de que se obtienen en forma concurrente. El circuito de la interfaz se observa en la figura 5. El arreglo de multiplexores y compuertas se debe a que, como ya se había mencionado, el puerto paralelo en su modo estándar sólo recibe nibbles.

SOFTWARE

La parte de software comprende un programa que tiene un Menú Principal (ver Figura 6) que permite introducir los datos personales de un paciente o modificarlos. Desde esta pantalla, también se tiene acceso para realizar todas las pruebas necesarias. Las pruebas de EMG, GSR y Respiración se realizan de manera simultánea, el programa grafica las señales de salida de los tres sensores y las analiza, al final de 15 minutos de mediciones, se muestran los resultados parciales de los tres parámetros. Los resultados parciales de los parámetros restantes se introducen por teclado.

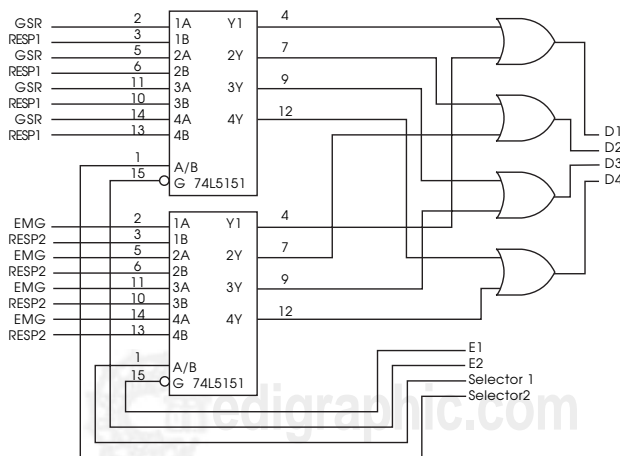


Figura 5. Diagrama eléctrico de la interfaz entre los cuatro sensores y la PC.

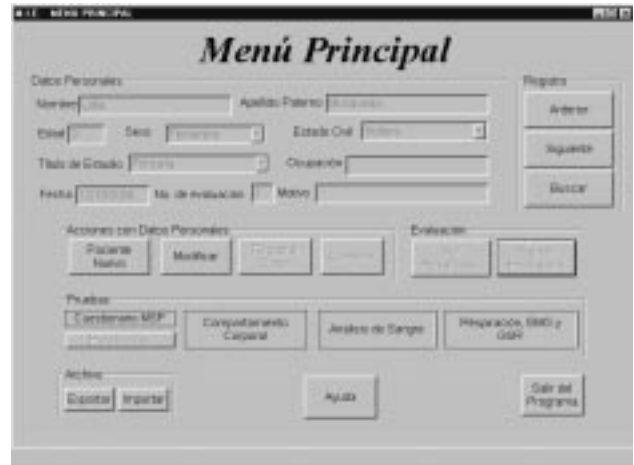


Figura 6. Vista de la pantalla del menú principal.

El programa ofrece la posibilidad de importar archivos (con extensión *.mie) o respaldar la información en algún almacenamiento externo.

En la figura 7 se muestra la pantalla de los resultados de las pruebas. En esta pantalla se pueden observar los resultados parciales de los siete parámetros y su normalización, además de que se muestran como gráficas de barras cuyo valor máximo es de 10. De manera similar, el nivel de estrés que presenta el paciente se muestra de forma numérica y en una gráfica. Esta pantalla cuenta con la opción de imprimir los resultados de las pruebas.

El programa es de fácil manejo, la pantalla del menú principal está organizada en bloques, cada bloque tiene el nombre de las acciones que permiten realizar los botones que constituyen a cada bloque.



Figura 7. Pantalla de los resultados de las pruebas.

CONCLUSIONES

Este trabajo presentó el diseño de un sistema digital que implementa la escala "Estrés-Bienestar" para medir el nivel de estrés en un ser humano.

La escala "Estrés-Bienestar" resulta un método integral para obtener el nivel de estrés en una persona.

El diseño del sensor de movimiento respiratorio torácico y abdominal ofrece una alternativa, al sensor fabricado con banda elástica, para evitar el contacto con el cuerpo del paciente y el desgaste mismo del sensor.

La automatización en las mediciones de la tensión muscular, la conductancia de la piel y la respiración ofrece un modo más exacto de realizar las pruebas.

El software desarrollado permite manejo de la información del paciente, al mismo tiempo, se tiene la posibilidad de recibir las señales de los sensores, graficarlas y analizarlas para arrojar los resultados parciales de las tres pruebas. Los re-

sultados numéricos y gráficos de los resultados normalizados ofrecen un panorama más amplio para dictaminar un tratamiento adecuado al caso analizado.

La portabilidad de la información, ya sea en un almacenamiento externo o con la información impresa, facilita su manejo y su análisis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Buckingham J. C. Gillies G. E., Cowell A. M. Stress, stress hormones and the immune system, Wiley, Chichester 1997.
2. Kline P. The handbook of psychological testing Astrolabio, Roma 1993.
3. Henry J. P. Stress, neuroendocrine patterns and emotional response, Wiley, New York 1990.
4. Santo Di Nuovo, Luciano Rispoli, Emilia Genta MISURARE LO STRESS: Il test M.S.P. e altri strumenti per una valutazione integrata FrancoAngeli/Linea Test 2000.
5. "What is stress?"
<http://www.healthy.net/library/books/hoffman/nervous-conditions/STRESS.HTM>.
6. Clinical Biofeedback Therapy
<http://www.innernet.net/doco/sjo/biofeedback.html>.