

ADQUISICION DE DATOS Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE LARINGOGRAMAS.

Ing. Olga Rivera
Dr. Luis Corrales 1/
Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN.

Se ha diseñado un sistema que permite la captura y procesamiento de señales biológicas provenientes de la laringe (laringogramas) durante el habla. Un micrófono adaptado a un estetoscopio capta las vibraciones de la laringe y por medio de una interfaz, especialmente diseñada con este objetivo, las convierte en señales eléctricas adecuadas para ser alimentadas al pòrtico paralelo de un computador tipo PC. Para la captura de los laringogramas y su administración se han desarrollado programas de apoyo en lenguajes assembly y C, respectivamente. Los resultados obtenidos demuestran que el sistema desarrollado es capaz de trabajar con señales de hasta 1000 Hz, bien arriba de la típica frecuencia de un laringograma (en el orden de los 400 Hz), con una resolución suficiente como para ser empleado con propósitos clínicos.

ABSTRACT.

A system has been designed for the detection and processing of biosignals coming out from the larynx (laryngographs) during speech. A microphone was coupled to a commercial stethoscope which captures the internal vibrations produced inside the larynx. A special purpose circuitry converts the vibrations into electrical signals suitable for the levels required by the parallel port of a PC type computer. In order to capture and manage the laryngograms, a dedicated software has been developed in assembly and C languages, correspondingly. The results proved the system to be able to work with signals up to 1000 Hz (the laryngograms have a frequency of 400 Hz) and a enough resolution so can it be recommended for its usage in clinical tasks.

INTRODUCCION.

Existen varias ventajas al usar un computador para la captura de los laringogramas. Por ejemplo, se podría grabar en forma "permanente" el laringograma de un paciente, en un diskette y, eventualmente, volver a reproducirlo en la pantalla, a voluntad.

1/Correspondencia a:
Dr. Luis Corrales.
Escuela Politécnica Nacional
Facultad de Eléctrica.
Casilla 17-01-2759.

Este método es más fácil que recurrir a tomar fotografías de la pantalla de un osciloscopio. Adicionalmente, una vez en memoria sería posible hacer un análisis cuantitativo de otras variables como, por ejemplo, determinar la frecuencia fundamental, efectuar análisis espectrales, e incluso elaborar una base de datos que, en base a patrones clínicamente definidos y con el uso de algoritmos de reconocimiento, permitan desarrollar una herramienta de diagnóstico.

El laringograma, conocido también como la forma de onda Lx, muestra el cerramiento de los pliegues vocales durante cada ciclo de vibración. El fisiólogo especialista analiza la forma de onda obtenida buscando los detalles siguientes:

- 1) la duración de la fase de cierre,
- 2) cuando el cierre se completa,
- 3) la velocidad con que se produce el cierre, y
- 4) la coordinación de la fase de cierre.

En la Figura 1 se muestra un laringograma ideal en el que se relacionan segmentos del mismo con lo que en ese momento está ocurriendo con los pliegues vocales.

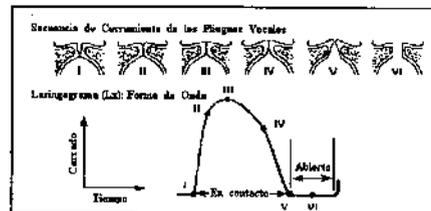


Figura 1. Laringograma Ideal.

Se ha llegado a determinar que las secuencias de cierre y apertura son regulares o dicho de otra forma, son periódicos. Esto concuerda con la descripción médica que define a las cuerdas

masa, forma y firmeza; implicando que, por esta razón, los laringogramas deben ser periódicos.

Johan Sundberg, del Instituto Real de Tecnología de Stockholm, ha demostrado que, en algunos cantantes, el tracto vocal genera cuatro o cinco frecuencias de resonancia importantes llamadas "formantes". La intensidad de la fuente de la voz disminuye uniformemente a lo largo de su espectro, excepto en las frecuencias formantes donde aparecen unos valores pico. Las frecuencias formantes son determinadas por la forma del tracto vocal, la cual puede ser alterada por la musculatura de la laringe, la faringe y la cavidad oral.

Resumiendo, la longitud y forma de tracto vocal es única para cada individuo y depende de la edad y el sexo: las mujeres y niños tienen tractos vocales más cortos que los hombres y, consecuentemente, tienen frecuencia formantes más altas. De todas maneras, las dimensiones del tracto vocal pueden ser cambiadas a voluntad, hasta un cierto grado, y el dominio de tales ajustes es fundamental en el adiestramiento de la voz.

En la Figura 2 se muestra un laringograma normal y la de un individuo afónico. Note que el intervalo de apertura del glotis es demasiado largo.

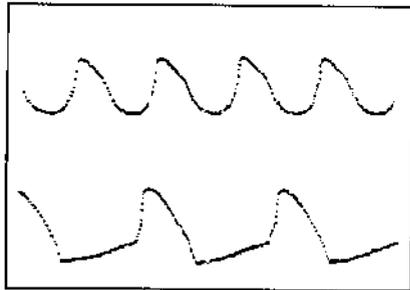


Figura 2. Laringograma Real de un Individuo Afónico.

Esta figura da una idea del potencial del sistema desarrollado en aplicaciones terapéuticas o clínicas.

METODOLOGIA

La metodología que se siguió fue la de diseñar un sistema que permite la captura y presentación de los electrolaringogramas en el monitor de un computador. Circuitos diseñados específicamente permitieron a un estetoscopio comercial capturar los laringogramas y adecuar la señal de tal manera

que pueda ser ingresada a un computador tipo PC, o compatible.

Una de las características importantes del sistema desarrollado es el empleo del pórtico paralelo como medio de comunicación entre el mundo externo y el computador. Desviar la utilización de este pórtico, empleado primordialmente como salida para el impresor, requirió la investigación y desarrollo de algoritmos que permitieron proporcionar al pórtico las características necesarias para cumplir con esta nueva función.

Equipo diseñado.

El hardware de este sistema constituye de un interfaz que permite captar las vibraciones generadas desde la laringe, durante el habla, y adecuar las mismas a niveles de voltaje y corriente tales que puedan ser acopladas a un computador tipo PC o compatible. Durante su diseño se identificaron dos módulos principales:

- 1) el módulo de acondicionamiento de la señal, y
- 2) el módulo de acoplamiento al computador.

Para el diseño se tomó como punto de partida que los laringogramas a captarse tenía los siguientes parámetros:

Rango de frecuencia: 300 A 500 Hz.
Amplitud: 0.1 V_{p-p}

El transductor: Para detectar los laringogramas es necesario emplear un transductor capaz de detectar las vibraciones de la laringe o, más precisamente, las fases de cierre y apertura del glotis, durante el habla.

El transductor ideal está conformado por 2 electrodos superficiales específicamente diseñados para captar las vibraciones que se producen a la altura de la laringe, cuando son colocados a los dos lados del cartilago cricoideo. Este dispositivo no fue posible encontrarlo a tiempo durante el desarrollo de este trabajo y se optó por buscar alternativas realizables.

El estetoscopio debido a la concepción de su diseño, tiene la propiedad de actuar como un filtro pasabajos. En pruebas realizadas, se comprobó que al ser colocado a la altura de la laringe, efectivamente captaba las componentes de baja frecuencia de los sonidos generados en esta región. Basados en estas experiencias, se decidió adoptar al estetoscopio como el transductor del presente sistema.

Para completar el trabajo del estetoscopio, se procedió a acoplar un micrófono al ducto de plástico del mismo. Tomando en cuenta que los sonidos a captarse, idealmente deberían ser tan solo aquellos que vengan a través del ducto plástico, se buscó un micrófono de tipo unidireccional. Desafortunadamente, no se pudo hallar un micrófono comercial que satisfaga este requerimiento y que sea del tamaño adecuado. Los micrófonos de instrumentación con esta característica resultaron ser extremadamente costosos (sobre los 150.000 sucres). En su defecto se empleó un micrófono omnidireccional tipo CONDENSER ELECTRET. El conjunto así formado resultó ser, eficaz para captar las señales desde la laringe, dando señales con una amplitud en el orden de 2 V_{p-p}.

El amplificador

Para la etapa de amplificación se seleccionó el amplificador LM158 de la NATIONAL SEMICONDUCTORS.

El LM158 es un circuito integrado que contiene dos amplificadores independientes de alta ganancia e internamente compensados en frecuencia. Entre las características más relevantes para esta aplicación cabe destacar que este dispositivo puede trabajar desde una fuente de alimentación desde 3 V_{DC} hasta 30 V_{DC}. Otra característica importante es su bajo consumo de potencia lo cual lo convierte en un dispositivo ideal para trabajar desde baterías.

El filtro

Por existir un proceso de conversión analógico a digital, se empleó un filtro pasa-bajos para eliminar componentes de alta frecuencia que son las que generan los conocidos y molestos efectos del desdoblamiento de frecuencias (frequency folding o anti-aliasing). Tomando en consideración el ancho de banda de los laringogramas, se fijó en 1 KHz la frecuencia de corte del filtro. Puesto que se tenía disponible el segundo amplificador del LM158, se procedió entonces a diseñar un filtro activo con el mismo.

El valor total de consumo de las 2 etapas fue de 20 mA medido con un miliamperímetro marca FLUKE modelo 87.

Para dar una mayor seguridad operativa al sistema se decidió aumentar al equipo el regulador de voltaje LM518, ideal por su potencia de trabajo (100 mA) y porque está diseñado especialmente para trabajar como regulador local en tarjetas de lógica digital.

El producto final es capaz de operar desde una batería de 9 V o desde un adaptador AC/DC común.

Acoplamiento al pórtico paralelo.

Es muy típico relacionar a este pórtico única y exclusivamente con las tareas de impresión y muy poco se ha investigado en cuanto a invertir su rol.

Los pórticos paralelos, al contrario de los pórticos seriales, permiten transmitir datos a grandes velocidades gracias a su diseño. Cuando el computador envía un byte de datos al pórtico paralelo, ocho líneas de datos transmiten todo el byte al mismo tiempo. Puesto que Boling (1992) reporta que a partir del modelo AT, el "Registro de Salida de 8 bits (Eight-bit Output Register) de los microcomputadores debe ser bidireccional, se exploró esta posibilidad. Sin embargo, en pruebas realizadas con dos máquinas tipo 80386 (una TOSHIBA T2200SX y una "clon" 80386 de 40 MHz) sólo una confirmó tal aseveración. En vista de esto, y para garantizar que el programa trabaje incluso con microcomputadores tipo XT, se decidió emplear los 4 bits correspondientes al así denominado "Registro de Entrada de 5 bits (Five-bit Input Register)", aún a costa de aceptar ciertas condiciones en el desarrollo del programa de control respectivo.

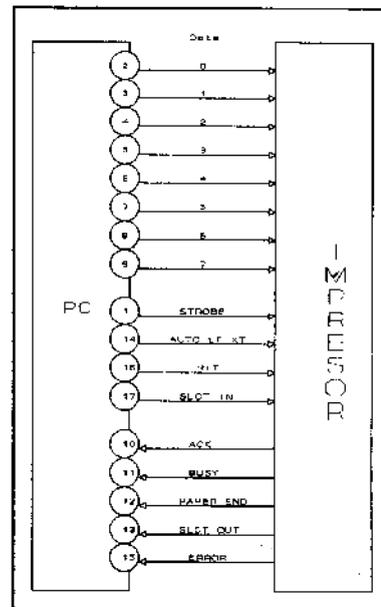


Figura 3. Conexión del pórtico MDA.

Desde el punto de vista eléctrico los niveles de voltaje en los pines siguen la norma TTL; esto es, se tiene un cero si el voltaje varía desde 0 hasta 0,8 V y un 1 si el voltaje varía entre 2 y 5 V.

Tal como se muestra en la Figura 3, las líneas de datos del pòrtico MDA son unidireccionales. Las líneas de control y de estado permiten que se efectúe un protocolo mínimo de handshaking durante el envío de la información hacia el impresor.

De las cuatro líneas de control las tres primeras: **SLCT IN**, **INIT**, y **AUTO LF XT** inicializan y configuran el impresor. La línea **SLCT IN** indica a la impresora que debe estar lista para aceptar información, la línea **INIT** inicializa el impresor y la línea **AUTO LF XT** ordena al impresor moverse automáticamente a la siguiente línea cuando una línea de texto se ha terminado de imprimir.

La cuarta línea, **STROBE** le dice a la computadora que un nuevo byte de datos está listo para ser leído.

Las cinco líneas de estado del impresor regresan información al PC. La línea **SLCT OUT** indica que el printer conoce que ha sido seleccionado, la línea **BUSY** indica que el impresor esta ocupado y no puede aceptar más datos, la línea **PAPER END** indica que el impresor se ha quedado sin papel y la línea **ERROR** indica que el impresor ha detectado una condición de error.

La quinta línea, **ACK**, indica que el impresor ha aceptado los datos desde el computador y está listo para leer otro byte. Esta línea es especial ya que el pòrtico del impresor puede ser configurado para interrumpir al procesador con un pedido de más datos cuando la línea **ACK** cambia a cero.

Al igual que con otros periféricos, el CPU controla al pòrtico paralelo a través de registros de E/S. La Figura 4. detalla los tres registros que constituyen el interfaz normalizado a nivel de registro para pòrticos paralelos en el PC.

El registro de datos envía información al impresor, el registro de estado lee el estado de mismo, y los registros de control controlan las líneas de control del impresor. Las características nuevas que se han añadido en las últimas modificaciones hechas a la estructura del pòrtico se muestran en la áreas sombreadas de la Figura 4.

Al igual que los registros del pòrtico serial, los del pòrtico paralelo se accesan por medio de las instrucciones de E/S **IN** y **OUT**. Aquí cabe aclarar que

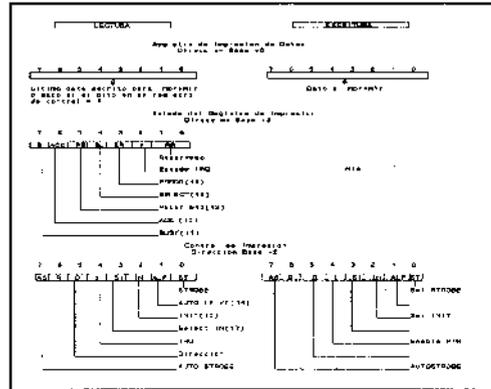


Figura 4. Registros del Pòrtico Paralelo MDA.

el diseño del pòrtico paralelo en la tarjeta MDA y aquel que se distribuye en un adaptador son casi idénticos y solamente se diferencian en la dirección inicial de los registros de Entrada/Salida que se usan para controlar el pòrtico. La dirección de inicio de los registros del pòrtico paralelo se encuentran listadas en el segmento de datos del BIOS, empezando en 40:08. Los registros del pòrtico MDA comienzan en **3BCh (956)** y no pueden ser alterados; por el contrario, aquellos pòrticos en los adaptadores nuevos tienen asignados una variedad de direcciones de E/S, aunque típicamente comienzan en **378h (888)** y **278h (632)**.

Cuando se escribe un byte al registro de datos del pòrtico paralelo se envía ese byte al pòrtico. Sin embargo, cuando el registro de datos es leído, el byte que retorna es el dato que en ese momento es enviado por el pòrtico del impresor. Esto parecería indicar que el pòrtico MDA es inherentemente bidireccional. El problema es que no existe forma de decirle al pòrtico MDA que deje de enviar datos; en otras palabras, el pòrtico del impresor no puede receptor datos que vienen desde otros dispositivos conectados a éste, simplemente por que no hay manera de indicarle que deje de enviar datos. Si otro dispositivo intenta enviar información a través de las líneas de datos (algo que no debe hacerse con el pòrtico MDA), los datos que finalmente se leen serán el resultado de una operación **OR** entre los datos que envía el pòrtico MDA y los datos que se envían al mismo.

El registro de estado del pòrtico paralelo esta diseñado específicamente para leer las líneas de estado: **SLCT**, **BUSY**, **PAPER END**, **ERROR** y **ACK**. Por lo tanto, estas líneas son las ideales para proveer al pòrtico paralelo de capacidad para ingresar datos. Esta habilidad para poder leer

datos, aunque se tenga que hacerlo en lotes de 4 bits, se emplea en programas de transferencia de datos y también se empleó en el presente trabajo.

Un aspecto importante que debe tenerse claro es el concepto de "señal de activado negativa"; particularmente si se desea relacionar el estado de los bits de los registros de control y estado del pòrtico con los valores de voltaje de los pines correspondientes en el conector del pòrtico.

Señal de activado negativa significa que una línea está presente cuando en la misma hay un 0 en vez de un 1 lógico. También debe tomarse en cuenta que algunas de las líneas de control son invertidas antes de llegar a los pines del conector. Esto quiere decir que al escribir un 1 al registro de control aparece un 0 lógico en la línea.

Específicamente, las líneas que están invertidas con respecto a los bits del registro de control son: **STROBE**, **AUTO LF XT** Y **SLCT IN**. **BUSY** también esta invertida. Las líneas **ACK** y **ERROR** del registro de estado son activadas negativamente pero sus respectivos bits no están invertidos con respecto a sus pines en el conector. Tomando en consideración todos estos detalles se procedió a diseñar el circuito que conforman la parte digital del hardware.

Módulo Digital del Sistema.

La etapa digital del circuito de adquisición de datos está constituida principalmente de 2 componentes:

- 1) un conversor A/D, y
- 2) un multiplexer de 8 entradas/4 salidas.

Un conector paralelo tipo DB25 conecta el conjunto al pòrtico paralelo del computador.

Conversor A/D 0804.

La serie de conversores A/D AD0804 son CMOS de 8 bits. Quizás entre sus características más importantes se puede mencionar su compatibilidad con el microprocesador 8080 y derivados.

Estos convertidores AD aparecen como localidades de memoria o pòrticos de E/S para el microprocesador y por ende no necesitan de interfaz lógico. Estos convertidores son diseñados para operar con buses de control derivativos y latches de salida tipo tres-estados (tri_state) y manejan directamente al bus de datos.

Adicionalmente, la entrada del voltaje de referencia pueda ser ajustada para permitir la codificación de

cualquier pequeña muestra de voltaje analógico a la resolución total de 8 bits. Exhiben un tiempo de acceso de 135 ns y un tiempo de conversión de 100 us.

El dispositivo puede operar en "modo de carrera-libre (free-running mode)" si se conecta **INTR** a **WR**. Un impulso externo **WR** se requiere durante el primer ciclo de su encendido para asegurar el arranque del dispositivo bajo todas las condiciones posibles.

Multiplexer Analógico 74LS258.

Este multiplexer puede ser conectado directamente como interfaz de línea para conducción de datos por el bus de un sistema.

Sus características mas relevantes son:

- ▶ Potencia de disipación 60 mw
- ▶ Tiempo de ingreso de datos 12ms

Para probar la capacidad del conjunto arriba descrito, se procedió a la captura de ondas senoidales de diferentes frecuencias.

Las ondas que se seleccionaron incluyen una de 500Hz (Figura 5, a y b) aproximadamente igual, en frecuencia, a la de un laringograma; una onda de 1.000 Hz (Figura 6, a y b), para demostrar la resolución del sistema a frecuencias más altas; y una frecuencia de 2.500 Hz (Figura 7, a y b), en la que se comienza a observar el efecto de desdoblamiento (aliasing) de frecuencias.

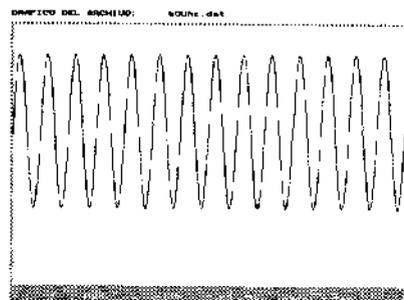


Figura 5.a. Respuesta del Sistema a 500 Hz.

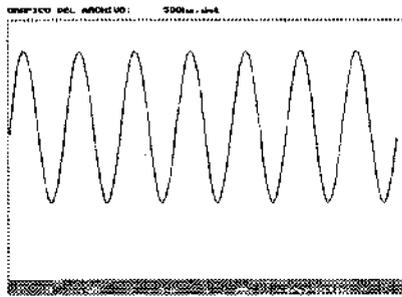


Figura 5.b. Onda de 500 Hz ampliada.

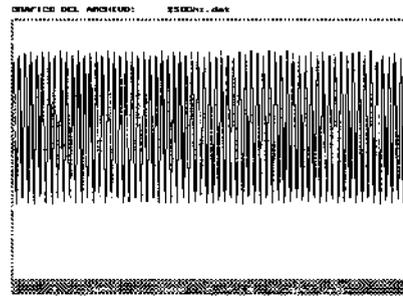


Figura 7.a. Onda de 2500 Hz.

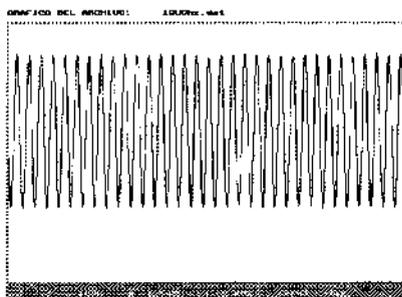


Figura 6.a. Sinusoide de 1000 Hz.

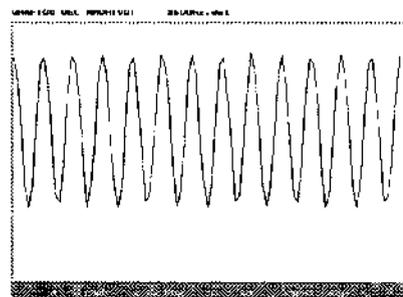


Figura 7.b. Onda de 2500 Hz Ampliada.

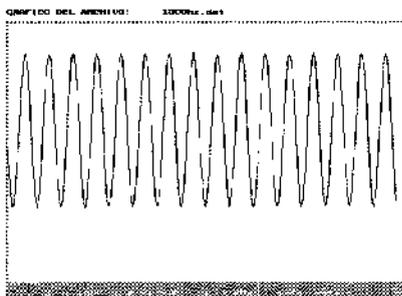


Figura 6.b. Onda de 1000 Hz Ampliada.

Más adelante se muestran y analizan los resultados obtenidos al capturarse laringogramas de varios voluntarios.

Software desarrollado.

Los programas de soporte se desarrollaron pensando básicamente en satisfacer 3 aspectos:

- 1) la captura de la información a través del pórtico paralelo,
- 2) la administración de los datos personales de pacientes, sus respectivos laringogramas, y
- 3) La visualización de los laringogramas capturados.

Con este propósito se emplearon 2 lenguajes: el Lenguaje Assembly, y Lenguaje C.

El lenguaje assembly se empleó para la subrutinas de manejo y adquisición de datos, con el objeto de obtener la máxima velocidad posible del sistema. Realiza las siguientes funciones :

- 1) habilitar y controlar el circuito de la interfaz, tal que este pueda captar los datos desde el medio externo,
- 2) manipular con seguridad los datos capturados dentro de la memoria del computador,
- 3) mostrarlos en la pantalla del computador, de manera parecida a lo que se obtiene en un osciloscopio.

Para captar los datos hacia el computador se usaron las 4 líneas de entrada del pórtilo paralelo (pines 10, 11, 12 y 13) correspondientes a las señales de control ACK, BUSY, PE, SLCT, respectivamente.

Seleccionar el registro de entrada de 5 bits implicó tomar en consideración que para leer una palabra (de 8 bits), el programa de adquisición de datos debe dividirla en dos grupos de 4 bits. Por lo mismo, se introdujeron en el algoritmo instrucciones que permitieron la lectura de la palabra en dos grupos de 4 bits, con la utilización de un multiplexer que, mediante habilitaciones respectivas, selecciona los bits a enviarse.

Durante la adquisición, inicialmente el programa solicita el nombre del archivo de datos, el mismo que debe ser ingresado "a voluntad" desde el exterior. Después de un estudio exhaustivo de las posibilidades que permitan asignar nombres de archivo de una forma flexible, se llegó finalmente a utilizar la función del DOS (0AH) INT 21H (entrada de teclado con buffer), que permite ingresar la cadena de caracteres desde el teclado hacia un "buffer". Mientras no se presione la tecla ENTER (que indicaría que se ha completado el ingreso de la cadena) es factible corregir cualquier error de pulsación. Cuando el ingreso del nombre del archivo se ha completado, con ENTER, se transfiere la cadena al programa dando inicio a la adquisición de datos mediante la ejecución de una interrupción (CLI) que detiene, momentáneamente, al microprocesador para que se dedique a la captación de datos.

Los datos captados son almacenados en memoria, en un arreglo de datos. Esta información es eventualmente grabada en un archivo o graficada en la pantalla. Para almacenar la información en el disco se seleccionó la función 3CH: abrir un archivo vacío utilizando un nombre dado. Si el archivo ya existe trunca su longitud a cero, y si no existe crea un nuevo archivo. Cuando todos los datos han sido grabados se procede a cerrar el archivo con la función 3EH. Inmediatamente un pitido indica que el proceso ha concluido.

La graficación consiste en procesar los datos recolectados como coordenadas Y mientras que

para el eje X se genera una variable que representa el tiempo.

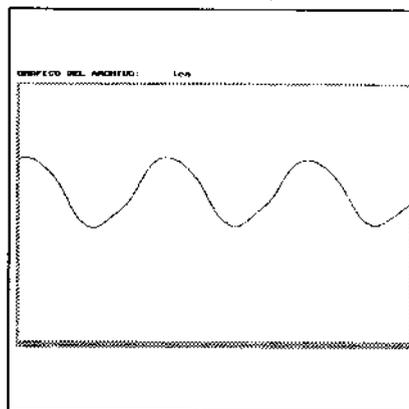
El borrado de un gráfico de la pantalla se realiza mediante un proceso similar al empleado para graficarlo, con la única diferencia que se utiliza un color de pixel igual al de la pantalla. Este método resulta ser más real y efectivo que utilizar un comando de limpieza de pantalla.

El lenguaje C fue empleado para suplir las 2 tareas restantes; es decir, administrar la información capturada por medio del programa en assembly y administrar datos personales de pacientes. Para cumplir con este propósito ejecuta las siguientes tareas: 1) manejo general de menús de usuario, 2) manejo de gráficos en el monitor, y 3) manejo de base de datos.

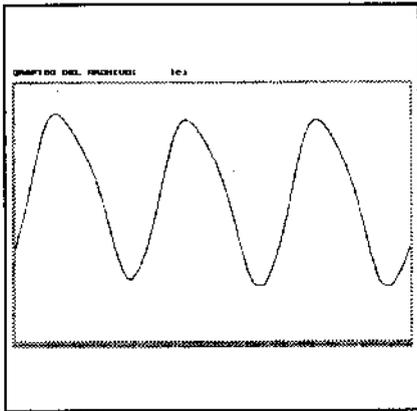
En su concepción se tomo en consideración el hecho que el programa debía ser manejado por personal no necesariamente con formación en computación; por lo mismo, se concibieron una serie de menús que facilitan el manejo del programa.

RESULTADOS.

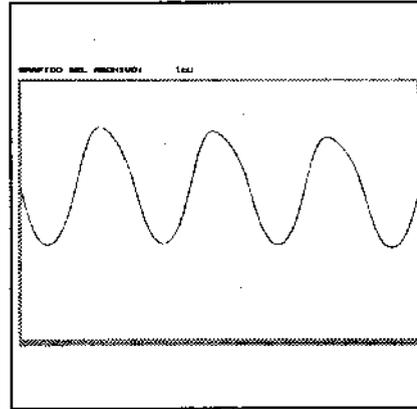
A continuación, en la Figura 8, se muestran los laringogramas de una persona con su faringe "normal" cuando pronuncia diferentes vocales.



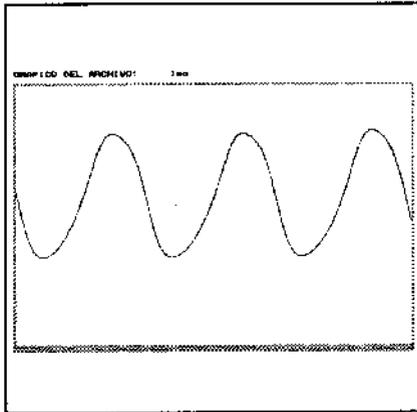
Paciente: 3
Sexo: M
Código: LGA



Paciente: 3
Sexo: M
Código: LCI



Paciente: 3
Sexo: M
Código: LCU



Paciente: 3
Sexo: M
Código: LCO

Figura 8. Laringogramas de un mismo individuo.

A continuación se muestra (Figura 9) el lx de una persona afectada de irritación en la garganta.

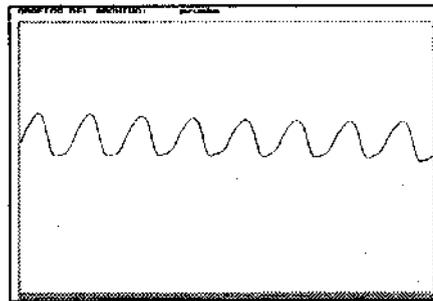


Figura 9. Laringograma de individuo con Afección en la Garganta.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

De las muestras en la Figura 8 se puede deducir lo siguiente:

- que la frecuencia y forma de onda no varían apreciablemente, cuando un mismo individuo pronuncia diferentes vocales. La frecuencia fundamental se mantiene constante y tan solo se aprecian variaciones en la amplitud, producto del cambio de volumen al pronunciar las diferentes vocales.

- ▶ De otras muestras obtenidas también se pudo deducir que varios individuos, al pronunciar las mismas vocales, generan frecuencias parecidas si son del mismo sexo mientras que, en opuestos, existen variaciones pero no son tan dramáticas.

Lo anterior concuerda con la tesis que dice que la frecuencia de los laringogramas no determinan el tono de la voz de un individuo.

- ▶ El tiempo de apertura del glotis de un paciente que sufre de una afección en la garganta se muestra claramente, más ancho, en la Figura 9.
- ▶ El programa de administración para la visualización de los laringogramas grabados, permite observar con mejor detalle señales que así lo requieran, tal como se muestra en las Figuras 5, 6 y 7.

CONCLUSIONES.

- ▶ El sistema de adquisición de datos para captar señales de la laringe, cumple con lo esperado. La solución del micrófono acoplado a un estetoscopio resultó adecuada y se podrían mejorar sus resultados si se reemplaza el micrófono omnidireccional por uno unidireccional.

El reemplazo del microfono se recomienda hacer particularmente en el caso de que los fisiólogos tengan algún reparo respecto al rendimiento del actual.

- ▶ La alternativa del pórtico paralelo definitivamente resultó ser ideal. El sistema es relativamente pequeño y portátil, lo que quizás incentive su uso. Un dispositivo conmutador de datos resolvería el problema de conexiones y desconexiones, cada vez que se desee emplear el presente sistema o el impresor.
- ▶ En comparación con un sistema basado en una tarjeta comercial de adquisición de datos, la ventaja económica de esta alternativa se puede concluir que es substancial. El costo en materiales del sistema es alrededor de 150.000 sucres, una cifra pequeña comparada con la de las tarjetas comerciales.

Obviamente que hay que considerar el costo del trabajo intelectual empleado en la solución de los problemas que se presentaron.

- ▶ El programa de adquisición de datos cumple con su tarea de captar los laringogramas, tal como así lo demuestran los archivos y fotografías que se obtuvieron durante las pruebas. Con seguridad que se puede mejorar su algoritmo pero se espera al menos haber dado la pauta en lo que a explotar el pórtico paralelo se refiere.

Puesto que la tecnología de los microcomputadores sigue avanzado a cambiando es posible que se llegue a normalizar la configuración de los computadores para que el registro de 8 bits sea bidireccional. Si ese es el caso, se recomienda modificar el programa en assembly para emplear tal registro como el de entrada puesto que así se lograría aumentar la frecuencia de muestreo del sistema.

- ▶ Para mejorar aún más la velocidad en la adquisición de datos se podría emplear otro conversor con un tiempo de conversión más pequeño. El problema que se tendría es que no hay un chip con un tiempo de conversión mas corto pero que, al mismo tiempo, incluya la circuitería que tiene el AD0804 y que simplifica su acoplamiento a un computador.
- ▶ La frecuencia de los laringogramas resultaron estar: para las mujeres, en el orden de los 200 Hz y para los hombres, en el orden de los 250 Hz.

La diferencia con respecto a los datos tomados como referencias, pueden deberse a diferencias en la fonética de nuestro lenguaje respecto al inglés y a características anatómicas propias de nuestra raza. No se debe olvidar que por vivir a alturas elevadas, nuestra caja torácica, una de las fuentes principales del flujo de aire que pasa por la laringe, suele ser más grande que la de aquellos que viven en regiones bajas.

- ▶ El sistema aquí propuesto sirve también para detectar laringogramas de personas que tienen algún problema en los pliegues vocales. Así lo demuestra uno de los gráficos que se obtuvieron durante las pruebas.
- ▶ El programa de apoyo desarrollado en C ofrece un sistema de menús lo más "amigable" posible, cubre las necesidades básicas en cuanto a desplegar laringogramas grabados, datos de los pacientes, etc.

Sin embargo, considerando que se necesita manejar una estructura de base datos, aún con la ayuda del Code Base, se tuvo bastante dificultad para desarrollar los programas de administración. Por lo tanto se aconseja recurrir a un lenguaje de base de datos, como FoxBase o Clipper, para las tareas específicas de administración y emplear las rutinas de C para la graficación de los laringogramas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- NORTON Peter, WILTON Richard; EL IBM PC Y PS/2 Guía del Progador; Ed. Anaya Multimedia 1990.
- 2.- NORTON Peter; Assembly Language Book for the IBM PC; Prentice Hall Press New York 1986.
- 3.- Mixed-Language Programming Guide; Microsoft Corporation MS-DOS, U.S and Canada 1987.
- 4.- WAITE Mitchell, PRATA Atephen, MARTIN Donald; Programación en C; Ed. Anaya Multimedia. Madrid 1987.
- 5.- TOWNSEND Carl; Understanding C; Howard W. Sams & Company 1988.
- 6.- Microsoft Quick C Compile Programmer's Guide; Microsoft MS DOS Corporation 1987.
- 7.- Turbo C User Guide; Borland International 1988.
- 8.- SCHILDT Herbert; Turbo C Programación Avanzada; McGraw-Hill 1989.
- 9.- GORDON Galloway, AGNES Allen; Laryngograph - BBC Micro Interface; Department of Clinical Physics and Bio-Engineering.
- 10.- CodeBase 4.5 Data Base Management; Sequiter Software Inc.
- 11.- CEVALLOS Fausto; Tesis de Grado. Diseño y Construcción de una Tarjeta de Adquisición de Datos para Computadores Personales; Marzo de 1993.

REVISTAS UTILIZADAS

- 1.- Biomedical Instrumentation & Technology; The Desing of a Microcomputer Controlled Voice Onset Time Analyzer.
- 2.- KAY Elemetrics Corp. Clinical Tools For Speech.
- 3.- PC Magazine; Understanding the New Developments in Parallel Ports. October 27, 1992.
- 4.- ComputerCraft Magazine's PC Connector Guide; February 1993.
- 5.- Scientific American; The Human Voice; December 1992.

BIBLIOGRAFIA:

Olga Rivera obtuvo el título de Bachiller en Humanidades Modernas, especialización Físico Matemático, en el Colegio Nacional Femenino "Espejo". Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en 1993.

Actualmente realiza trabajos particulares en Diseño de Redes Telefónicas de Planta Externa.

Luis Corrales obtuvo su título de Bachiller Técnico, especialización Radio Tecnia, en el Instituto Superior Central Técnico. En 1979 obtuvo su título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional. De 1984 a 1988 realizó sus estudios de Postgrado en la Universidad de Strathclyde, Glasgow, Escocia, en donde obtuvo su título de PhD en Bioingeniería.

Actualmente es profesor principal de la Escuela Politécnica Nacional en el Departamento de Electrónica y Control, en la cátedra de Instrumentación Industrial y en el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones en la cátedra de Computadores Personales. También actua como consultor del Banco Interamericano de Desarrollo en el area de Sistemas.