

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES

CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO

“COMPUTADORA PERSONAL COMO
OSCILOSCOPIO”

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE : Univ. Juan Luis Ticona Ajata

TUTOR : Lic. Nancy Orihuela Sequeiros

REVISOR : M.Sc. Franz Cuevas Quiroz

LA PAZ-BOLIVIA
2008

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, la salud, el amor y la energía para vivir cada día de la mejor manera posible, porque siempre ha estado conmigo, por iluminar mi camino con su sabiduría.

A mis padres, por brindarme su amor, su comprensión y confianza

**“La vida no es tener lo que quieres,
sino querer lo que tienes”.**

Benjamín Franklin

Agradecimientos

Al Lic. Franz Cuevas Quiroz, por su guía constante, por compartir sus conocimientos, por sus oportunos consejos, por su confianza y estímulo.

A la Lic. Nancy Orihuela Sequeiros, por su paciencia, sus sugerencias, por sus correcciones y la motivación para lograr concluir el presente trabajo satisfactoriamente.

RESUMEN

El presente trabajo describe la realización de un prototipo de osciloscopio que utiliza la computadora personal como osciloscopio aplicando interfases hardware y software. La interfase hardware consta de un circuito electrónico que acondiciona y digitaliza señales eléctricas. La interfase software es una aplicación desarrollada, que establece el puerto paralelo en el modo bidireccional de entrada, que permite introducir por el puerto un byte completo en cada lectura realizada. Para realizar muestreos de señal eléctrica en tiempo real, el byte es transformado mediante una función que toma como parámetros el byte, la escala de voltaje y la frecuencia de muestreo. La aplicación representa en el monitor de la computadora, mediante procesos de escalación y traslación, la forma de onda de la señal eléctrica que permite medir la amplitud y la frecuencia de la señal eléctrica acondicionada y digitalizada por la interfase hardware. La investigación concluye con la prueba y evaluación del prototipo que resulta como una alternativa para estudiantes de la electrónica.

SUMMARY

The present work describes the realization of an oscilloscope prototype that uses the personal computer as oscilloscope applying interfaces hardware and software. The interface hardware consists of an electronic circuit that conditions and it digitizes electric signs. The interface software is a developed application that establishes the parallel port in the bidirectional way of entrance that allows to introduce for the port a complete byte in each carried out reading. To carry out samplings of electric sign in real time, the byte is transformed by means of a function that he/she takes as parameters the byte, the voltage scale and the sampling frequency. The application represents in the monitor of the computer, by means of escalation processes and adjournment, the form of wave of the electric sign that allows to measure the width and the frequency of the conditioned electric sign and digitized by the interface hardware. The investigation concludes with the test and evaluation of the prototype that it is like an alternative for students of the electronics.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Planteamiento del problema	4
1.4 Operacionalización de variables	5
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Objetivo general.....	7
1.7 Objetivos específicos.....	7
1.8 Justificación	7
1.9 Límites de estudio.....	8
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	9
2.1 CAD electrónico.....	9
2.1.1 Características deseables del CAD.....	9
2.1.2 Multisim simulación y captura	10
2.2 Tipos de muestreo	11
2.2.1 Teorema de Nyquist-Shannon	11
2.2.2 Muestreo en tiempo real	13
2.3 Conversión analógica digital	14
2.3.1 Muestreo de la señal analógica.....	14
2.3.2 Cuantización de la señal analógica.....	14
2.3.3 Codificación de la señal en código binario	15
2.3.4 Convertidores análogo-digitales	16
2.3.5 ADC de aproximaciones sucesivas ADC0804.....	16
2.3.6 Funcionamiento del ADC0804	19
2.4 Protocolos e interfaces de comunicación	21
2.5 Puerto paralelo	22
2.5.1 El puerto paralelo a nivel físico	23
2.5.2 El puerto paralelo y su hardware.....	24
2.5.3 Tipos de puerto paralelo	25
2.5.4 Detección del tipo de puerto.....	27
2.6 Programación del puerto paralelo y el temporizador	29

2.6.1 Programación del puerto paralelo en MS-DOS	29
2.6.2 Programación del puerto paralelo en modo Windows	30
2.6.3 Temporización de precisión en la computadora	30
2.7 Instrumentos y componentes electrónicos	31
2.7.1 Instrumentos de medida eléctrica	31
2.7.2 Componentes electrónicos.....	33
2.8 Amplificador operacional.....	34
2.8.1 Características del amplificador operacional	34
2.8.2 Ganancia en lazo cerrado.....	35
2.8.3 Amplificación en corriente continua (amplificador inversor)	36
2.8.4 Amplificador inversor en corriente alterna	37
CAPÍTULO 3	
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	38
3.1 Diseño del hardware	39
3.1.1 Adaptación de la señal de entrada	40
3.1.2 Conversión analógica a digital de la señal	44
3.2 Diseño del software	46
3.2.1 Interfase y protocolo de comunicación	46
3.2.2 Software de aplicación del osciloscopio	47
3.3 Construcción del prototipo	50
3.4 Descripción del prototipo.....	51
CAPÍTULO 4	
PRUEBA DEL PROTOTIPO	53
4.1 Prueba de frecuencia y amplitud.....	53
4.2 Análisis de datos y resultados.....	56
CAPÍTULO 5	
DISCUSIÓN.....	58
4.1 Conclusiones	58
4.2 Recomendación.....	59
BIBLIOGRAFÍA	
APENDICE A	
APENDICE B	
APENDICE C	

ÍNDICE DE FIGURAS

# Figura	Pág.
Figura 1.1: Identificación de variables	1
Figura 2.1: Teorema de Nyquist-Shannon	12
Figura 2.2: Método de muestreo en tiempo real	13
Figura 2.3: Muestreo de la señal analógica	14
Figura 2.4: Cuantificación de la señal analógica	15
Figura 2.5: Codificación de la señal en código binario	15
Figura 2.6: El ADC0804 de aproximaciones sucesivas de 8 bits	17
Figura 2.7: Diagrama de tiempos para el inicio de la conversión	20
Figura 2.8: Diagrama de tiempos para la lectura del dato	21
Figura 2.9: Disposición de los pines del puerto paralelo	24
Figura 2.10: Panel frontal del osciloscopio	32
Figura 2.11: Símbolo esquemático de la resistencia	33
Figura 2.12: Símbolo esquemático del capacitor	33
Figura 2.13: Símbolo esquemático del diodo zener	34
Figura 2.14: Amplificador Operacional	35
Figura 2.15: Esquema ganancia en lazo cerrado	36
Figura 2.16: Ejemplo amplificación en CC	36
Figura 2.17: Ejemplo amplificación en CA	37
Figura 3.1: Adquisición de datos mediante computadora personal	38
Figura 3.2: Adquisición de datos análogos	39
Figura 3.3: Atenuación y adecuación de la señal eléctrica de entrada	40
Figura 3.4: Amplificación y adecuación de la señal eléctrica de entrada	40
Figura 3.5: Circuito adaptador de señal eléctrica	42
Figura 3.6: Señales de la adaptación	44
Figura 3.7: Conexión del ADC 0804 en corrida libre	45
Figura 3.8: Diagrama de flujo software de aplicación del osciloscopio	47
Figura 3.9: Segmento de código de la detección del LPT	48
Figura 3.10: Código de verificación de la bidireccionalidad del LPT	48
Figura 3.11: Segmento de código para establecer el puerto en bidireccional	49
Figura 3.12: Segmento de código para ajustar la frecuencia de lectura en LPT	49

Figura 3.13: Segmento de código para lectura de datos	50
Figura 3.14: Circuito implementado del prototipo	51
Figura 3.15: Vista del prototipo en funcionamiento	52
Figura 4.1: Medición con el circuito de 1 Hz	54
Figura 4.2: Medición con el circuito de 10 Hz.....	55
Figura 4.3: Configuración en modo EPP o ECP del puerto paralelo.....	57



ÍNDICE DE TABLAS

# Tabla	Pág.
Tabla 1: Relación causa efecto.....	04
Tabla 2: Valores que determinan el rango de entrada del ADC0804.....	19
Tabla 3: El puerto paralelo a nivel físico.....	23
Tabla 4: Descripción del byte de registro de control.....	27
Tabla 5: Materiales del circuito adaptador de señal	43
Tabla 6: Materiales del circuito de conversión analógica a digital	44
Tabla 7: Comparación de medidas del voltímetro y prototipo.....	55
Tabla 8: Comparación de medidas del frecuencímetro y prototipo.....	56



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchos instrumentos de medida capaces de cuantificar diferentes magnitudes (valor numérico cuantitativo a alguna propiedad de un cuerpo). Por ejemplo el voltímetro mide tensiones, el amperímetro intensidades, el vatímetro potencia, etc. La mayoría de los instrumentos de medida se han diseñado para medir una única magnitud, aunque los polímetros están preparados para medir magnitudes diferentes. Pero, sin duda alguna, el instrumento de medida más importante que se conoce en el área de la electrónica es el osciloscopio. Con él, no solo podemos averiguar el valor de una magnitud, sino que, entre otras muchas cosas, se puede obtener la forma que tiene dicha magnitud, es decir, podemos obtener la gráfica que la representa en función del tiempo, la misma que se representa en la pantalla del osciloscopio.

El osciloscopio es un dispositivo de visualización gráfica que permite representar señales eléctricas variables en el tiempo. En la configuración más habitual, el eje vertical representa la tensión que se está midiendo y el eje horizontal representa el tiempo con el que se obtiene la frecuencia con la que se repite la señal eléctrica que se visualiza.

El osciloscopio es probablemente uno de los instrumentos más importantes en el laboratorio de cualquier profesional o estudiante de la electrónica, pudiendo sustituir con éxito a otros medidores, como pueden ser el frecuencímetro o el voltímetro. Representa gráficamente las señales que le llegan, pudiendo así observarse en la

pantalla muchas más características de la señal que las obtenidas con cualquier otro instrumento de medida.

La forma de trabajo de un osciloscopio consiste en dibujar una gráfica mediante el movimiento de un haz de electrones sobre una pantalla de fósforo que es la parte interna del tubo de rayos catódicos. Para representar dicha señal sobre el tubo se realiza una división en dos partes: señal vertical y señal horizontal. Dichas señales son tratadas por diferentes amplificadores que después son compuestas en el interior del osciloscopio.

Un osciloscopio puede ser utilizado para estudiar propiedades físicas que generan señales eléctricas, por ejemplo las propiedades mecánicas. Para poder representar en la pantalla del osciloscopio dichas propiedades, se hace necesario utilizar transductores (dispositivo para transformar o convertir energía de una forma en otra) que conviertan la señal que le llega en impulsos eléctricos. Un osciloscopio es un instrumento que basa su funcionamiento en la alta sensibilidad que tiene a la tensión, por lo que se podría entender como un voltímetro de alta impedancia.

Un osciloscopio como instrumento de laboratorio es vital para el aprendizaje y comprobación de los conocimientos teóricos y prácticos, que los estudiantes de una amplia gama de campos de estudio pueden utilizar para desarrollar sus habilidades. En ocasiones puede ser necesario analizar la señal con más detalle por medio de un osciloscopio. El osciloscopio es capaz de discriminar variaciones muy pequeñas de voltaje, como las asociadas a la deformación, por ende sirve para calibrado, para poner a punto cada una de las partes de circuitos electrónicos comprobando que los voltajes medidos, la forma y la frecuencia sean los esperados en el circuito.

Los osciloscopios son imprescindibles, porque posibilitan una presentación completa de una señal de medida, presentan en el dominio del tiempo las variaciones de las tensiones. La importancia que tiene una presentación de la forma de una señal se entiende, cuando se comparan las dos alternativas a los osciloscopios los multímetros y los contadores de frecuencia. Ambos ofrecen una precisión de medida

superior al medir la frecuencia y el voltaje, pero la falta de una presentación de la señal lleva fácilmente a interpretaciones erróneas.

Así ocurre que por ejemplo en las mediciones de tensiones de señales con forma de pulso y cuya frecuencia de repetición no tiene una relación exacta de 1:1, se obtienen resultados de medida erróneos. Estos errores se agudizan, cuando se miden señales complejas. En mediciones de frecuencia aparecen problemas similares, para obtener mediciones de precisión es conveniente utilizar señales idóneas con forma de onda sinusoidal, triangular o cuadrada. Señales complejas llevan a mediciones erróneas.

Sin osciloscopio, se deberá confiar ciegamente de los resultados de las mediciones que se obtienen de los multímetros y frecuencímetros, en el real sentido de la palabra, lo que puede ser un grave error. Esto puede ser así incluso con señales simples, como una señal sinusoidal de 50 Hz que proviene de la red eléctrica, que en muchas ocasiones ha mutado a una señal compleja, a causa de sobreposiciones con otras tensiones y porciones de señales desfasadas. El significado de la presentación de la señal es por lo tanto muy relevante y con ello la importancia del osciloscopio.

1.2 ANTECEDENTES

En la investigación sobre el osciloscopio se encontraron los siguientes:

Osciloscopio de bajo costo basado en PC, realizado por Colin K McCord de la universidad de Ulster (Reino Unido) [10], intenta lograr la misma funcionalidad que un osciloscopio tradicional, utilizando un microcontrolador PIC para la adquisición de los datos (incluyendo la circuitería analógica apropiada) que transfiere los datos a la PC (vía RS232). El software de aplicación está desarrollado para la plataforma Windows, despliega formas de onda eléctrica en el monitor del computador tal como aparecería en un osciloscopio de CRT tradicional.

Osciloscopio USB, es un proyecto de fin de carrera de Pablo Hoffman y Martin Szmulewicz de la universidad de ORT (Uruguay) [12], que consiste en el desarrollo del prototipo de un dispositivo digital de captura de señales eléctricas (también

conocido con el nombre de osciloscopio) con conexión a la PC a través del puerto USB. Sin embargo el costo que implica la adquisición de componentes electrónicos que son de importación lo hacen poco accesible.

Oscilloscope numérique pour PC, es un trabajo realizado por F. Kudelsko[11], muy completo sin embargo demasiado complicado en la parte electrónica y los componentes electrónicos que ello implica y en su configuración mínima del computador requiere un Pentium II de 430 MHz con Windows 98 con una resolución del monitor de 1024 x 768 lo que excluye a equipos en configuraciones inferiores de hardware y software.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Más de un estudiante, profesional o aficionado a la electrónica desea contar con un osciloscopio ya que éste equipo es imprescindible para el análisis de señales eléctricas.
- En la mayoría de los casos estudiantes de la electrónica no pueden adquirir un osciloscopio por el costo que representa, generalmente pueden utilizarlo en laboratorios de enseñanza, quedan impedidos de realizar prácticas con más tiempo y en la comodidad en su hogar.

La relación causa efecto de los problemas se plantea en la Tabla 1.

Tabla 1: Relación causa efecto

Causa	Efecto
Los osciloscopios tienen un costo elevado.	Pocos pueden adquirir un osciloscopio.
El osciloscopio genérico carece de una interfaz con otros periféricos.	No es posible desplegar la forma de onda del osciloscopio en un Data Show para fines de enseñanza.
El osciloscopio genérico no guarda la señal desplegada.	La señal desplegada no puede ser analizada con más detalle y tiempo.
Disponibilidad de osciloscopios generalmente en laboratorios de electrónica.	Poco tiempo para realizar prácticas e investigaciones con el osciloscopio
La insuficiencia de osciloscopios en instituciones de enseñanza de electrónica.	Estudiantes con carencia de prácticas y experimentos que requieren un osciloscopio.

Fuente: Elaboración propia

En ese sentido se realiza el presente trabajo para brindar una solución alternativa a los problemas mencionados, por tanto se formula la siguiente pregunta:

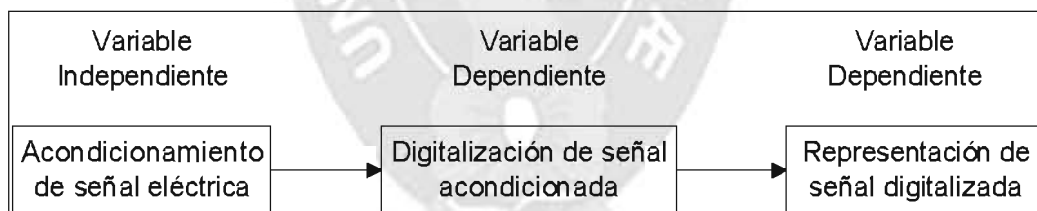
¿ La computadora personal puede ser utilizada como un osciloscopio genérico con las características típicas de éste, siendo una alternativa para los estudiantes y profesionales de la electrónica ?.

1.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

1.4.1 Identificación de Variables

- Acondicionamiento de señal $VI(x)$
- Digitalización de señal acondicionada $VD(y)$
- Representación de señal digitalizada $VD(z)$

Figura 1.1: Identificación de variables



Fuente: Elaboración propia

Formalizando la Figura 1.1 tenemos:



x es la variable de tipo cuantitativo, representa la señal eléctrica acondicionada.

y es la variable de tipo cuantitativo, representa la señal acondicionada digitalizada.

z es la variable de tipo cuantitativo, representa la señal digitalizada graficada en el monitor del computador.

1.4.2 Operacionalización de Variables

Concepto: Acondicionamiento de señal.

Variable: Acondicionamiento de la señal eléctrica recibida $V(x)$. Los acondicionadores de señal son dispositivos electrónicos que reciben información en forma de señales eléctricas, las cuales son amplificadas o atenuadas a una magnitud de voltaje requerido.

Indicador: Voltio

Instrumento: A.O. (Amplificador Operacional).

Valor: De acuerdo a la ganancia requerida.

Concepto: Digitalización de señal.

Variable: Digitalización de señal eléctrica acondicionada $VD(y)$ a una señal digital discreta.

Indicador: 8 bits

Instrumento: CI ADC0804 que aplica el método de conversión de aproximaciones sucesivas.

Valor: El valor que se tiene esta entre 0 y 255 decimal, rango de valores binarios de salida.

Concepto: Representación de señal digitalizada

Variable: Interpretación y representación de la señal digitalizada $VD(z)$ en el monitor del computador.

Indicador: Punto representado en el monitor del computador (Píxel).

Instrumento: Monitor de computador

Valor: De acuerdo a la interpretación de la señal digitalizada.

1.5 HIPÓTESIS

Se plantea la siguiente hipótesis:

El diseño e implementación de una interfase electrónica e informática permite que la computadora personal pueda utilizarse como un osciloscopio con las funciones principales de éste.
--

1.6 OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del presente trabajo es:

Diseñar e implementar la interfase electrónica y el software de aplicación que utilice la computadora personal como un osciloscopio genérico.

1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Diseñar e implementar el hardware requerido para la obtención y adaptación de las señales eléctricas.
- Aplicar un protocolo e interfase de comunicación en tiempo real entre el hardware del prototipo de osciloscopio y el computador.
- Diseñar e implementar el software de aplicación que despliegue las formas de onda de la señal eléctrica acondicionada e ingresada por puerto paralelo.
- Probar el funcionamiento del prototipo del osciloscopio en conjunto (Hardware y software del osciloscopio).

1.8 JUSTIFICACIÓN

El adaptar la tecnología a las necesidades de demanda de un osciloscopio digital a bajo costo. La conjunción de la tecnología que implica en este caso un circuito electrónico y un programa de control que permite realizar la interfaz entre hardware y software para lograr un osciloscopio digital con un costo mínimo y una prestación de servicio aceptable. Se busca una solución que combina la informática y la electrónica que implica una parte de software y otra de hardware, que podrá dar utilidad a computadoras de poca configuración en su hardware y software.

El osciloscopio normalmente no está al alcance de las personas que lo necesitan, incluso puede ser que no desarrollen sus habilidades por falta de apoyo con material didáctico en su aprendizaje. Finalmente, con la comprobación de la hipótesis se logrará hacer que una computadora común y corriente pueda utilizarse como un osciloscopio a un bajo costo que cumpla con las funciones principales que un osciloscopio común posee, como los son la frecuencia la amplitud y la forma de onda que genera la señal eléctrica.

1.9 LÍMITES DE ESTUDIO

Las limitaciones se deben al factor tecnológico y a la realidad de nuestro medio respecto a la disponibilidad de los componentes electrónicos.

- El osciloscopio tendrá como máxima frecuencia de lectura de datos 10 KHz.
- El osciloscopio será de un canal.
- La interfase de transferencia de datos será mediante el puerto paralelo.
- El programa de control se realizará para los sistemas operativos Windows 95, Windows 98 en su modo DOS y DOS propiamente.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 CAD ELECTRÓNICO

La elección del CAD (Diseño Asistido por Computadora) electrónico, aplicación para computadora en el campo del diseño, adecuado es una tarea crucial para asegurar el desarrollo óptimo del trabajo, por lo cual se opta por dedicar un tiempo para evaluar alternativas, Hoffman Pablo[12] describe los detalles del CAD electrónico y el Multisim. Existen varios programas de CAD electrónico como los siguientes:

- Proteus
- Circuit Maker
- CadSoft Eagle
- Orcad
- Multisim

2.1.1 Características Deseables del CAD

Los puntos que se consideran importantes para seleccionar un CAD para esta investigación son los siguientes:

- Que la interfaz de uso (mover e interconectar componentes, etc) del programa fuera ágil e intuitiva.
- Que tuviera una gran librería de partes y un buen editor de componentes.
- Que tuviera un simulador potente.

- Que tuviera la posibilidad de encapsular sub-circuitos como bloques tipo caja negra.

2.1.2 Multisim Simulación y Captura

MultiSim es una potente herramienta de simulación que incluye una completa e integrada versión de MultiCap. Verifica circuitos y localiza errores en tiempo real. Utiliza instrumentos virtuales e instrumentos comerciales además de la simulación interactiva change on the fly que permite cambiar parámetros y/o el esquemático durante la simulación. MultiSim ayuda a optimizar los diseños y minimizar costes y tiempo de realización. Las características de MultiSim son las siguientes:

a) Spice Interactivo

No se necesita ser un experto para usar MultiSim, es un entorno intuitivo para el diseñador. La simulación permite configurar, guardar y reutilizar los parámetros SPICE. MultiSim es el único simulador interactivo en el mundo, que permite modificar el esquemático mientras la simulación se esta ejecutando, observando las respuestas en tiempo real.

b) Librería

MultiSim incluye una de las más grandes librerías de la industria, con más de 16.000 componentes simulables. MultiSim es el único simulador con componentes interactivos, animados y virtuales.

c) Instrumentos Virtuales

MultiSim opera con instrumentos virtuales que funcionan como en el mundo real. Los instrumentos virtuales le permiten simular sin tener conocimientos de la sintaxis SPICE. Existen también los instrumentos virtuales que simulan instrumentos comerciales de las firmas Tektronix y Agilent, completamente interactivos.

d) Análisis

MultiSim proporciona la más extensa capacidad de análisis en un simulador de circuitos, permitiéndole investigar circuitos más allá del mundo real.

e) Gráfica

La gráfica sirve como una herramienta multipropósito para ver, ajustar, guardar, imprimir y exportar los resultados de la simulación. Podrá superponer trazos de diferentes simulaciones para comparar resultados y ser cargados dentro de Microsoft Excel, MathSoft, MathCad y LabVIEW con un simple clic.

2.2 TIPOS DE MUESTREO

Existen diferentes tipos de muestreo, de los cuales se tomarán en cuenta el teorema de Nyquist-Shannon y el muestreo en tiempo real por su afinidad con el tema desarrollado. Urbina Edmundo[7] describe el teorema de Nyquist-Shannon y el muestreo en tiempo real.

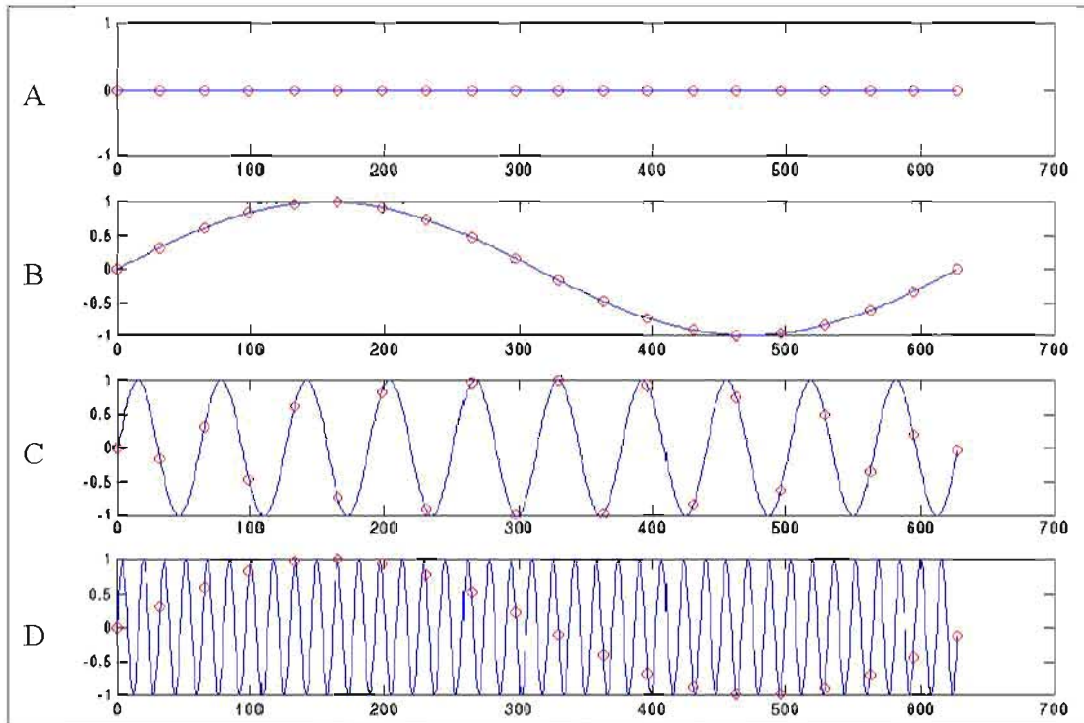
2.2.1 Teorema de Nyquist-Shannon

En el muestreo periódico de una señal analógica cuando se toman mediciones de la misma a intervalos iguales. Por ejemplo cuando se graba una señal de audio a la computadora personal mediante una placa de sonido, el conversor A/D de la computadora personal estará digitalizando la señal a una cierta frecuencia tal como 11, 22, ó 44 kHz, denominada frecuencia de muestreo f_m .

Es evidente que si la frecuencia de muestreo es muy baja, es decir mediciones demasiado espaciadas, se perderán detalles de la señal original. Mediante una simple demostración gráfica se puede ver. En las figuras A-B-C-D de la Figura 2.1 se representan cuatro señales distintas muestreadas periódicamente a igual frecuencia (los círculos rojos denotan las muestras). En A y B las señales aparecen correctamente representadas por las muestras, en C la velocidad de muestreo parece insuficiente, y en D las muestras representan una señal como la de B, es

decir la señal de D es un “alias” de la señal de B. Este efecto se denomina en inglés “aliasing”.

Figura 2.1: Teorema de Nyquist-Shannon



Fuente: Urbina Edmundo [1999]

El teorema del muestreo, o teorema de Nyquist-Shannon (Urbina Edmundo[7]), establece que la frecuencia mínima de muestreo necesaria para evitar el “aliasing” (alias de señal eléctrica) debe ser:

$$f_m > 2 BW$$

f_m : frecuencia de muestreo

BW: ancho de banda de la señal a muestrear ($BW=f_{max}-f_{min}$)

f_{max} : frecuencia máxima

f_{min} : frecuencia mínima

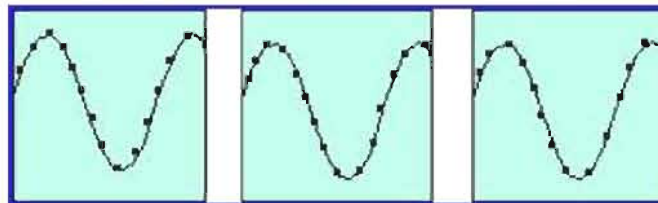
Para señales con $f_{min} = 0$, se puede expresar como $f_m > 2 f_{max}$

2.2.2 Muestreo en Tiempo Real

Este método de muestreo es el más simple de todos y es el único que permite digitalizar completamente señales eléctricas no periódicas y transitorias (Figura 2.2). Cada muestra y el tiempo en que fue tomada tiene una correspondencia directa con su equivalente en tiempo real. A mayor tasa de muestreo en comparación al ancho de banda de la señal, se obtiene una mayor definición en el resultado.

Nyquist (Urbina Edmundo[7]) desarrolló un teorema que afirma: para reconstruir una señal de frecuencia f_m (frecuencia de muestreo), se debe muestrear a un índice mayor a $2f_m$. Sin embargo, esto no se aplica tan directamente como parece, en la práctica se ha encontrado que muestreando a una velocidad cuatro veces mayor que la mayor componente de frecuencia de la señal, se puede obtener un resultado muy confiable y con bajo error, si se pasa por debajo del umbral de $2f_m$ para la frecuencia de muestreo el aliasing es inevitable.

Figura 2.2: Método de muestreo en tiempo real



Fuente: HP Test & Measurement [1997]

Las ventajas y desventajas del muestreo en tiempo real de señales eléctricas son:

Ventaja:

- La única opción para una medida correcta de señales no periódicas.

Desventajas:

- Ancho de banda relacionado directamente con la tasa de muestreo.
- Susceptible al aliasing a velocidades de muestreo lentas.

2.3 CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL

El conversor ADC (Analog-to-Digital Converter - Conversor Analógico Digital) descrito por Tocci Ronald [1] efectúa los siguientes procesos:

- Muestreo de la señal analógica.
- Cuantificación de la propia señal.
- Codificación del resultado de la cuantificación en código binario.

2.3.1 Muestreo de la Señal Analógica

Para convertir una señal analógica en digital, el primer paso consiste en realizar un muestreo (sampling) de la señal analógica, tomar valores discretos de tensiones o voltajes a intervalos regulares en diferentes puntos de la señal. La frecuencia a la que se realiza el muestreo se denomina frecuencia de muestreo y se mide en hertz (Hz). En la Figura 2.3 se muestra como durante el proceso de muestreo se asignan valores numéricos equivalentes a la tensión o voltaje existente en diferentes puntos de la señal con la finalidad de realizar a continuación el proceso de cuantificación.

Figura 2.3: Muestreo de la señal analógica



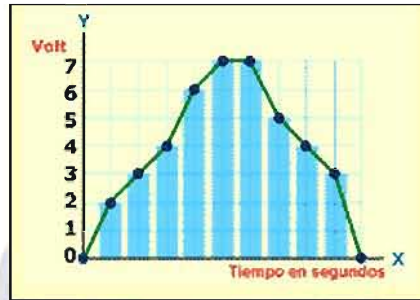
Fuente: Tocci Ronald [1993]

2.3.2 Cuantificación de la Señal Analógica

Una vez realizado el muestreo, el siguiente paso es la cuantificación de la señal analógica. Para esta parte del proceso los valores continuos de la señal se convierten en series de valores numéricos decimales discretos correspondientes a

los diferentes niveles o variaciones de voltajes que contiene la señal analógica original como se muestra en la Figura 2.4.

Figura 2.4: Cuantificación de la señal analógica

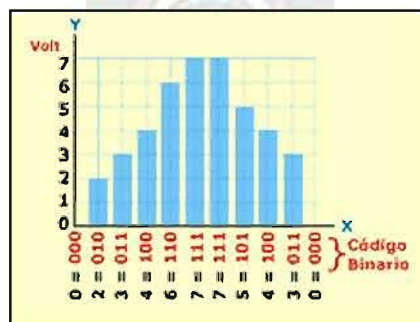


Fuente: Tocci Ronald [1993]

2.3.3 Codificación de la Señal en Código Binario

Después de realizar la cuantización, los valores de las tomas de voltajes se representan numéricamente por medio de códigos y estándares previamente establecidos. Lo más común es codificar la señal digital en código numérico binario. La codificación permite asignarle valores numéricos binarios equivalentes a los valores de tensiones o voltajes que conforman la señal eléctrica analógica original. En el ejemplo gráfico de codificación de la Figura 2.5, es posible observar cómo se ha obtenido una señal digital y el código binario correspondiente a los niveles de voltaje que posee la señal analógica.

Figura 2.5: Codificación de la señal en código binario



Fuente: Tocci Ronald [1993]

2.3.4 Convertidores Análogo-Digitales

Las señales eléctricas utilizables de la mayoría de los transductores son analógicas por naturaleza, y por lo tanto, si dichas señales se requieren procesar con un equipo de computación, es necesario convertir la información original en digital, por tal razón que el uso y diseño de convertidores análogo-digital (A/D) sea de gran importancia para las aplicaciones en ingeniería que usen y diseñen instrumentos digitales. Las señales analógicas provenientes de transductores más comúnmente empleados son voltaje y corriente los cuales son fácilmente convertibles en tiempo o frecuencia, o bien pueden compararse con fuentes de referencia, estas posibilidades de procesar las señales analógicas da lugar a distintos tipos de convertidores A/D los cuales se pueden clasificar en:

a) Convertidores analógico digital por comparación de voltaje

En este grupo están incluidos los de balance nulo continuo, aproximaciones sucesivas, y el convertidor de rampa discreta. Estos métodos utilizan un convertidor digital analógico para proporcionar un voltaje de referencia variable que se compare con la entrada.

b) Convertidores analógico digital de carga y descarga de un capacitor

En este grupo están el convertidor de voltaje a frecuencia, convertidor de ancho de pulso y el convertidor de doble integración.

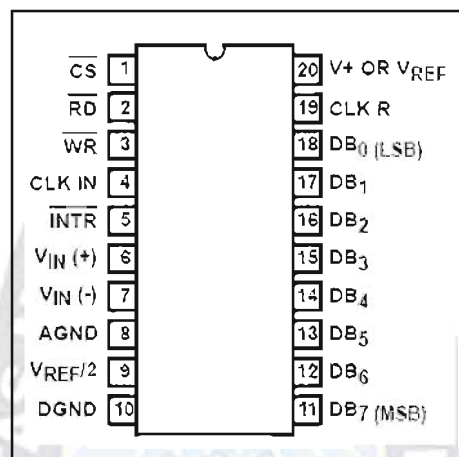
Para poder llegar al mejor convertidor según la aplicación que se desee, se toman en cuenta las características de rapidez de conversión, exactitud, inmunidad al ruido y economía para cada uno de los convertidores que se vayan probando.

2.3.5 ADC de Aproximaciones Sucesivas ADC0804

Los diversos fabricantes de circuitos integrados proporcionan ADC (Conversor Análogo Digital) con un amplio rango de características de operación. La Figura 2.6 presenta la distribución de terminales para el ADC0804, que es un circuito integrado

de 20 terminales fabricado con tecnología CMOS (tecnología de transistores y circuitos integrados de bajo consumo de corriente) y que lleva a cabo la conversión analógica a digital utilizando el método de aproximaciones sucesivas.

Figura 2.6: El ADC0804 de aproximaciones sucesivas de 8 bits.



Fuente: Tocci Ronald [1993]

Algunas de sus características más importantes del ADC0804 son:

- Tiene dos entradas analógicas: $V_{ENT}(+)$ y $V_{ENT}(-)$ que permite tener entradas diferenciales. En otras palabras, el voltaje real de entrada V_{ENT} es la diferencia en los voltajes aplicados en dichas terminales [V_{ENT} analógico = $V_{ENT}(+) - V_{ENT}(-)$]. En mediciones hechas en un solo punto, la entrada analógica se aplica en $V_{ENT}(+)$, mientras que $V_{ENT}(-)$ se conecta a la tierra analógica. Durante la operación normal, el convertidor utiliza $V_{CC} = +5\text{ V}$ como voltaje de referencia y la entrada analógica puede variar desde 0 hasta 5 V, que es el valor a escala completa.
- Convierte el voltaje analógico de entrada en una salida digital de 8 bits. La salida es de tres estados, lo que permite conectar el convertidor con facilidad en canales de datos. Con 8 bits, la resolución es de $5\text{ V} / 255 = 19.6\text{ mV}$. Tiene un circuito de reloj interno que produce una frecuencia igual de $f = 1/(1.1 RC)$, donde R y C son los valores de los componentes conectados al convertidor de manera externa. Una frecuencia típica de reloj es 606 kHz usando $R = 10\text{ k}\Omega$ y $C = 150\text{ pF}$. Al utilizar una frecuencia de 606 kHz, el tiempo de conversión es aproximadamente 100 μs .

- Tiene conexiones a tierra por separado para los voltajes analógicos y digitales. La terminal 8 corresponde a la tierra analógica y se conecta al punto común que sirve como referencia en el circuito analógico que genera dicho voltaje. La terminal 10 es la tierra digital, que es la que utilizan todos los dispositivos digitales que integran el sistema. La tierra digital es inherentemente ruidosa como consecuencia de los rápidos cambios de corriente que tienen, su origen cuando los dispositivos digitales cambian de estado. Aunque no es necesario utilizar una tierra analógica aparte, hacerlo asegura que el ruido de la tierra digital no sea la causa de un cambio prematuro en la salida del comparador analógico que se encuentra dentro del ADC.
- Este circuito integrado está diseñado para ser conectado con facilidad al canal de datos de un microprocesador. Por esta razón, los nombres de algunas entradas y salidas del ADC0804 tienen su origen en las funciones que son comunes en los sistemas basados en un microprocesador. Las funciones de entradas y salidas son las siguientes:

a) CS (seleccionar chip)

Esta entrada debe encontrarse en su estado activo en BAJO para que las entradas RD o WR tengan efecto. Con CS en el estado ALTO, las salidas digitales se encuentran en su estado de alta impedancia y no se lleva a cabo ninguna conversión.

b) RD (leer)

Esta entrada se emplea para habilitar los buffers de las salidas digitales. Con CS = RD = BAJO, las terminales correspondientes a las salidas lógicas tienen niveles lógicos que representan el resultado de la última conversión analógica a digital.

c) WR (escribir)

Un pulso BAJO es aplicado a esta entrada para señalar el inicio de una nueva conversión. De hecho es una entrada de inicio de conversión.

d) INTR (interrumpir)

Esta salida irá al estado ALTO al inicio de una conversión y retornará a BAJO al final de la misma. Es en realidad una señal de salida de fin de conversión pero es llamada INTERRUMPIR porque en una situación típica se envía a la terminal correspondiente de un microprocesador para obtener atención del mismo y hacerle conocer que los datos del ADC están listos para leerse.

e) $V_{REF/2}$

Esta es una entrada opcional del ADC0804 que puede emplearse para disminuir el voltaje de referencia interno y con ello cambiar el rango analógico de entrada que el convertidor puede manejar. En la Tabla 2 se ilustra este hecho.

Tabla 2: Valores que determinan el rango de entrada del ADC0804

$V_{REF/2}$	Rango de entrada analógico (V)	Resolución (mV)
Abierto	0-5	19.6
2.25	0-4.5	17.6
2.0	0-4	15.7
1.5	0-3	11.8

Fuente: Tocci Ronald [1993]

f) Salida de reloj (Clk out)

Para utilizar el reloj interno, se conecta una resistencia a esta salida. La señal de reloj interno aparece en esta terminal.

g) Entrada de reloj (Clk in)

Se utiliza como entrada de reloj externo, o para conectar un capacitor cuando se hace uso del reloj interno.

2.3.6 Funcionamiento del ADC0804

Se alimenta a +5V y convierte señales analógicas en el intervalo entre 0 y 5V. Por defecto, el intervalo de entrada está entre 0 y +5V pero, usando una referencia

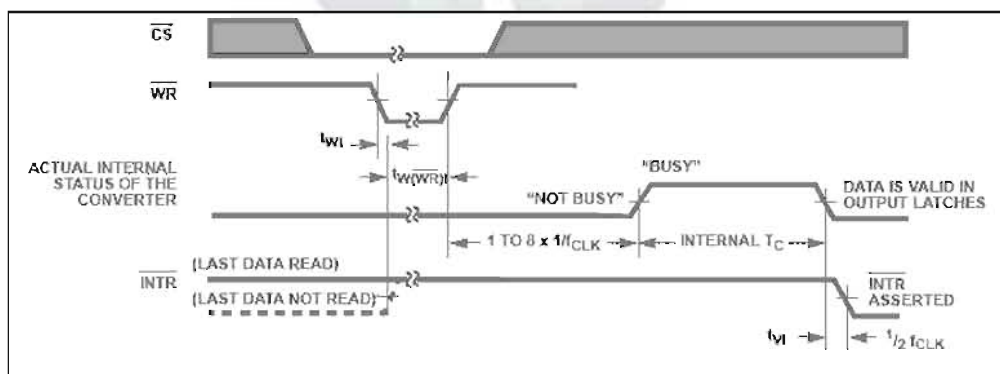
externa y/o elevando la señal V_{in^-} (terminal 7 del ADC0804) respecto a GND (punto de referencia eléctrica de un circuito), se puede conseguir un amplio intervalo de niveles de entrada. Trabaja con una frecuencia máxima de 8 kHz, de modo que se puede utilizar incluso con señales de audio de baja calidad.

A efectos de prueba, la señal analógica a convertir se introduce en el conversor ADC0804. Una vez convertida, el valor digital es presentado en las líneas D0 a D7 y deberá ser leído a través del puerto paralelo según el protocolo explicado a continuación. Para el correcto funcionamiento de la conversión se debe respetar un protocolo entre la computadora personal y el conversor, explicado en detalle en las hojas de datos del conversor. Básicamente es el siguiente:

a) Petición de comienzo de conversión

La computadora personal debe enviar esta petición al ADC. Para ello se activa la señal CS (seleccionar chip) a nivel bajo y, dentro del período de activación, se activa la señal WR (escribir) durante un mínimo de 100 ns. El conversor activará la línea INTR (interrumpir), la señal es activa a nivel bajo para indicar que ha terminado la conversión (Figura 2.7). A partir de ese momento la computadora personal puede leer el dato que el ADC envía.

Figura 2.7: Diagrama de tiempos para el inicio de la conversión



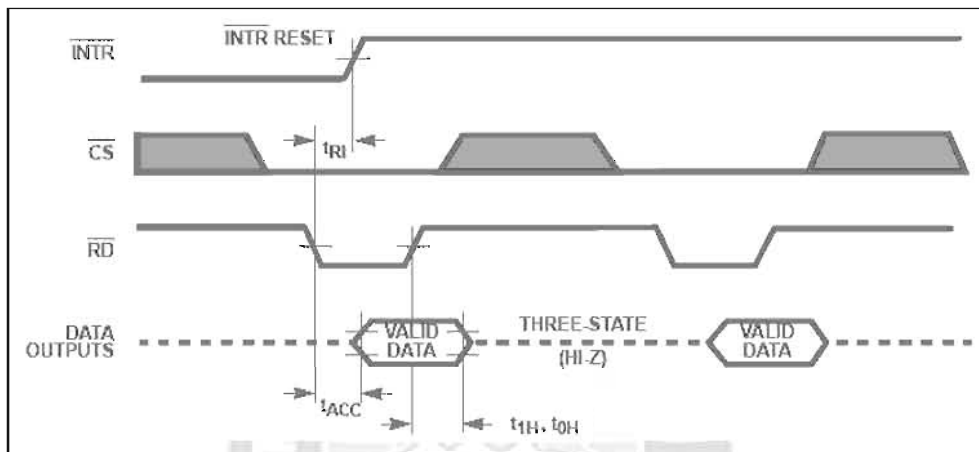
Fuente: Tocci Ronald [1993]

b) Proceso de lectura

Se selecciona el conversor a través de la línea CS (seleccionar chip) y se envía un pulso negativo por la línea RD (leer). Tras unos 200 ns (t_{ACC} : tiempo de acceso) el

dato está disponible para lectura y se desactiva la señal de lectura como se muestra en la Figura 2.8. Los ciclos de la Figura 2.8 se repetirán tantas veces como datos se quieran capturar.

Figura 2.8: Diagrama de tiempos para la lectura del dato



Fuente: Tocci Ronald [1993]

2.4 PROTOCOLOS E INTERFACES DE COMUNICACIÓN

Bertran, Eduard [2] describe los protocolos e interfaces de comunicación. Los protocolos son normas para el comportamiento formal y ordenado para la comunicación de datos. En la comunicación de datos que implica transmisión y recepción se distinguen dos formas, la comunicación serie y paralelo cada una de ellas tiene características diferentes.

a) Comunicaciones paralelo

Se utiliza cada una de las líneas de comunicación para la transmisión de una señal concreta. Los datos se transmiten al mismo tiempo a través de varias líneas de datos.

b) Comunicaciones serie

Se transmiten datos, señales de control e información de sincronización sobre un mismo canal. Es necesaria la transformación de los datos a un formato serie.

En la comunicación serial se distinguen la comunicación síncrona y asíncrona

a) Comunicación Síncrona

No necesita emplear bits de comienzo y fin para delimitar la trama (carácter).

b) Comunicación Asíncrona

Para sincronizar la información necesita bits de transmisión, de arranque y parada para la transmisión y recepción de datos. La información de sincronización forma parte de la trama (carácter).

En una primera aproximación, los puertos y las interfaces del computador se pueden clasificar en función del tipo de transmisión de información que permitan:

a) Serie

- Puerto serie: Interfaz RS-232.
- Puerto/interfaz USB.
- Puerto FireWire: Interfaz IEEE 1394.

b) Paralela

- Puerto paralelo: Interfaz Centronics.

Las limitaciones impuestas por los puertos serie y paralelo tradicionales afectan a los siguientes factores:

- Velocidad de transmisión.
- Número de dispositivos que pueden conectarse al computador.
- Flexibilidad.
- Simplicidad de configuración.

2.5 PUERTO PARALELO

Desde sus comienzos el puerto paralelo ha sido la principal interfaz para la conexión de periféricos a la computadora, esto se debe a su versatilidad y a que todas las computadoras poseen al menos uno, San Vicente A. [5] describe los detalles del

mismo. Pese a su creciente popularidad, siempre fue un reto manejar este puerto debidamente, por causa de la gran cantidad de sucesivas modificaciones que se le han realizado al diseño original.

2.5.1 El Puerto Paralelo a Nivel Físico

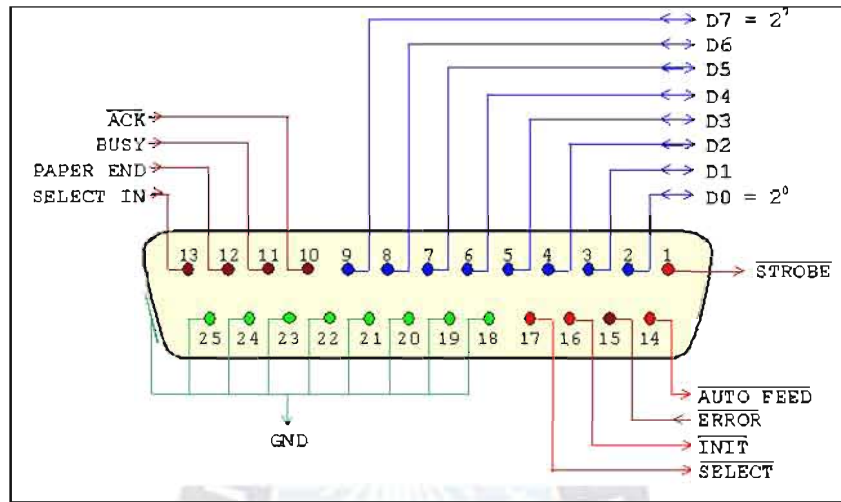
En la Tabla 3 y la Figura 2.9 se describe como se diseñó el puerto paralelo, la asignación de direcciones del bus de datos, estado y control de los puertos paralelos LPT1, LPT2 y LPT3, la función de cada terminal y su correspondencia con el DB-25 (conector del puerto paralelo). Describe cuales son de salida y cuales son de entrada. Los circuitos de salida y entrada contienen la misma referencia a tierra.

Tabla 3: El puerto paralelo a nivel físico

		Dirección del puerto (hex)			Bit	Pin DB-25	Entrada o Salida	Función Especial
Bus de Datos	LPT1	LPT2	LPT3					
	378	278	3BC	0	2	Entrada/Salida	-	
				1	3	Entrada/Salida	-	
				2	4	Entrada/Salida	-	
				3	5	Entrada/Salida	-	
				4	6	Entrada/Salida	-	
				5	7	Entrada/Salida	-	
				6	8	Entrada/Salida	-	
Bus de Estado	379	279	3BD	0	NC	Lectura/Escritura	-	
				1	NC	-	-	
				2	NC	-	-	
				3	15	Entrada	Error	
				4	13	Entrada	Printer On line	
				5	12	Entrada	Out of Paper	
				6	10	Entrada	Acknowledge	
Bus de Control				7	11	Entrada Complementada	Busy	
	37A	27A	3BE	0	1	Salida Complementada	Strobe	
				1	14	Salida Complementada	Line Feed	
				2	16	Salida	Initialize Printer	
				3	17	Salida Complementada	Select Printer	
				4	NC	-	-	
				5	NC	-	-	
				6	NC	-	-	
			7	NC	-	-		

Fuente: San Vicente A [2003]

Figura 2.9: Disposición de los pines del puerto paralelo



Fuente: San Vicente A [2003]

2.5.2 El Puerto Paralelo y su Hardware

El puerto paralelo trabaja con lógica TTL (Lógica Transistor Transistor) de baja potencia. La corriente drenada del puerto puede tomar valores de hasta 2,6mA (miliamperios) y la entregada hasta un máximo de 24mA, aunque debido a la cantidad de fabricantes y a la falta o desconocimiento de normas es conveniente no acercarse al máximo. En cuanto a las tensiones de salida, el nivel bajo corresponde una tensión entre 0V y 0,8V, y para el nivel alto la tensión de salida es de 2,4V a 5,5V.

En el bus de control, generalmente, las salidas son de tipo TTL a colector abierto, con resistencias de colector de 4,7K Ω y teniendo en cuenta que lo que se lee por programa es el estado del pin del puerto, es posible utilizar este bus como entradas, aunque esto no es recomendable, ya que no hay una norma firme respecto a la electrónica interna, en el caso de querer hacerlo hay que poner a cero los bits del bus de control que se vayan a utilizar como entrada, de esta manera los transistores de salida quedan al corte, entonces, al quedar el colector sin nivel de masa se puede aplicar tensión al pin sin provocar daño alguno.

2.5.3 Tipos de Puerto Paralelo

Es posible encontrar los siguientes tipos de puertos, por orden de aparición.

- Puerto paralelo estándar (SPP)
- Puerto paralelo bidireccional
- Puerto paralelo mejorado (EPP)
- Puerto paralelo con capacidades extendidas(ECP)

a) Puerto paralelo estándar (SPP)

Es el puerto más sencillo, tiene tres buses o registros, en la dirección Base (bus de datos), éste es de 8 bits y todos sus pines son salidas; en la dirección Base+1 (bus de estado), en éste registro sólo 5 pines se encuentran cableados al conector, y todos ellos son entradas, en las impresoras son los que llevan la información de papel atascado, falta de papel, etc., una de las entradas (el bit 7) está complementada; por último, en la dirección Base+2 (bus de control), este bus tiene cuatro salidas, de la cuales tres están negadas.

b) Puerto paralelo bidireccional

El puerto paralelo bidireccional fue una ampliación que hizo IBM a su puerto estándar original. Para ello utilizó un bit reservado del registro de control} (C5). Si C5=1, el buffer de los datos de salida se pone en alta impedancia, "desconectando" dicho buffer de los pines 2 a 9 del conector del puerto (D0 a D7). Si se escribe en el registro de datos, se escribe en el buffer pero no en la salida. Esto permite que al leer el puerto se lea el estado de las entradas y no lo que hay en buffer. Cuando C5=0 el puerto retorna al modo salida, su estado por defecto.

En las computadoras IBM PS/2(medio de sistema personal), para habilitar el puerto paralelo bidireccional además de lo antes descrito, se debe poner a 1 el bit 7 del registro de control. A veces se habilita por Setup o por jumper en la placa del puerto. Para hacer esto se utiliza el concepto de máscara: suponiendo que el bus de control tiene contenido X (suponiendo que el registro es de un byte: xxxxxxxx),

entonces, a los bits que queramos poner en cero, les haremos una operación AND, con un número que tenga cero en los bits del mismo peso, y para poner a nivel alto, lo que debemos hacer es realizar de forma análoga una OR.

c) Puerto paralelo mejorado (EPP)

Este tipo de puerto tiene la característica de ser tan rápido como el bus del sistema, alcanzando velocidades de transferencia de hasta 1Mb por segundo, fue desarrollado por Intel, Xircom y Zenith y tuvo amplia aceptación por el resto de los fabricantes, quienes comenzaron a construir sus puertos de tipo EPP, aunque no totalmente compatibles con los creados por Intel, lo que llevó a que se produjera un estándar denominado EPP 1.7, que tiempo después se combinó con el estándar IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) 1284, que describe los puertos bidireccionales de alta velocidad para impresoras y se formó un estándar que actualmente se denomina IEEE 1284 EPP.

Un puerto paralelo del estilo IEEE1284 soporta múltiples modos: SPP, bidireccional, EPP y ECP. Otra particularidad de este puerto es que posee otras cinco direcciones (desde Base+3 a Base+7), aunque esto hace que no pueda existir un tercer puerto en la dirección base del puerto paralelo 3BC (hexadecimal), ya que de ser así se solaparía con las direcciones asignadas a video. Es por esto que cuando se creó el puerto EPP, la dirección que antes solía ser el primer puerto, pasó a ser el tercero.

d) Puerto paralelo con capacidades extendidas(ECP)

Puede, al igual que el EPP, escribir y leer a la velocidad del bus. Fue desarrollado por Microsoft y Hewlett Packard, y se distingue del anterior por tener DMA (acceso directo a memoria), FIFO (First In First Out) y compresión de datos. A su vez puede emular los puertos del tipo SPP y bidireccional, y si bien la norma no contempla los EPP, algunos fabricantes suelen usar algún bit no utilizado por ECP para la configuración del puerto como EPP.

El puerto ECP agrega además los registros desde Base+400h; a Base+402h, en el cual está el registro ECR (registro de control extendido), mediante el cual se pueden configurar los diferentes modos. Si el puerto se encuentra configurado en el modo SPP o bidireccional se puede cambiar a otro modo, si se está en otro modo se debe pasar primero a SPP o bidireccional y luego al modo que se desee; a su vez, si está en el modo 010 ó 111 y el bit de dirección está en cero, se debe esperar a que la FIFO se borre antes de cambiar a los modos 000 o 001. En la Tabla 4 se describe el byte de registro de control.

Tabla 4: Descripción del byte de registro de control

Bit	Significado
7-5	000 SPP (Compatible ISA)
	001 Bidireccional
	010 Centronics rápido (Compatible ISA FIFO)
	011 ECP
	100 Reservado (EPP)
	101 Reservado
	110 Prueba
	111 Configuración
4	Deshabilita interrupciones de ERROR
3	Habilita DMA
2	Deshabilita el servicio de interrupción FIFO/Terminal Count
1	Sólo lectura (FIFO lleno)
0	Sólo lectura (FIFO vacío)

Fuente: San Vicente A [2003]

2.5.4 Detección del Tipo de Puerto

El puerto paralelo puede ser de tipo SPP (común), bidireccional (compatible con el estándar IBM PS/2) es el que se utilizará para el control de lectura de datos, EPP o ECP. Para detectar el tipo de puerto paralelo que se tiene en la computadora, se comienza verificando el puerto de mayor complejidad y seguir en orden hasta el de menor complejidad. Si la dirección base del puerto que se va a evaluar es 3BCh, no

se debe realizar la prueba de puerto ECP ni EPP, puesto que estas pruebas implican alterar registros correspondientes a direcciones asignadas a video.

a) Detección de Puerto ECP

Para detectar si el puerto es de tipo ECP se debe leer el registro de control extendido (ECR) en la dirección Base+402h y verificar que el bit 0 esté en uno y el bit 1 esté en cero; estos bits no deben ser susceptibles de los cambios producidos en los bits 0 y 1 del bus de control, por lo que otra prueba a realizar es poner en bajo el bit 0 y en alto el bit 1 del bus mencionado, hecho esto, verificar que los bits del registro extendido de control, no hayan cambiado; por último, los bits 0 y 1 del registro extendido de control son de sólo lectura, lo que implica que no será posible hacerlos cambiar de estado, entonces se escribe un dato que conmute los estados de los bits 0 y 1 y luego debe leer el estado de esos bits; como lo que se lee es lo que hay en el registro y no lo que se envió, se concluye que, si los bits no han cambiado de estado y se han verificado las pruebas anteriores es un puerto ECP.

b) Detección de Puerto EPP

Si el puerto fallase en las pruebas para determinar si es ECP, se debe proseguir efectuando pruebas para comprobar si es EPP. Para esto, se pone en nivel bajo el bit 7 del bus de estado y el bit 0 del registro de estado. Escribir el bit dos veces con un uno y luego pasarlo a cero, se puede verificar ahora que el bit en cuestión está en nivel bajo, de no ser así, descartar que se trate de un puerto de tipo EPP. La segunda parte de la prueba consiste en escribir un dato en el registro Base+3, y al no haber ningún periférico que responda a la escritura realizada, el bit 0 del registro de estado deberá cambiar su estado lógico a un uno, de no ser así seguir con las pruebas para determinar si el puerto es bidireccional o SPP.

c) Detección de Puerto Bidireccional

En esta prueba lo que se hace es configurar el bus de datos como entrada modificando el registro de control y verificar que al sacar un dato por el puerto el mismo no sea retenido.

2.6 PROGRAMACIÓN DEL PUERTO PARALELO Y EL TEMPORIZADOR

La programación del puerto paralelo y el temporizador se describe en Gomez G [13] Para tener pleno acceso al puerto paralelo es necesario, en primera instancia, algún compilador, cualquiera es válido desde ensamblador, C++ hasta Visual Basic, Matlab o LabView. Sin embargo, y a pesar de la gran diversidad de lenguajes, la sintaxis de las respectivas instrucciones para enviar (escribir) y recibir (leer) datos del puerto es similar.

En lo que respecta a escribir la instrucción se compone de dos parámetros que son la dirección y el dato. La dirección es el lugar en dónde va a ser leído el dato. Existen tres direcciones posibles en los sistemas IBM compatible, estas son 0x37A, el 0x27A y el 0x3BE. La más frecuentemente utilizada es la primera. Una aclaración importante es que las direcciones corresponden a las entradas de datos, es decir, en la dirección 0x37A, se tiene acceso a los ocho bits denotados desde D0 a D7.

2.6.1 Programación del Puerto Paralelo en MS-DOS

El modo MS- DOS es válido en Windows 98 y versiones anteriores (Windows 95, Windows 3.1, etc.). En esta condición es posible escribir directamente a los registros del puerto. En algunas aplicaciones prácticas se requieren más líneas de entrada que las disponibles en el puerto de estado; por ejemplo, leer los 8 bits de un convertidor analógico digital paralelo o interactuar con una pantalla de LCD (visualizador de cristal líquido). Dado que las entradas del puerto de estado están restringidas a sólo 5 bits, es necesario adecuar el programa escrito hacia una lógica de multiplexaje que lea un dato de 4 bits, se almacene en una localidad de memoria y después de un tiempo se lea la otra parte del dato, pensando en una entrada de 8 bits ó más. Es posible configurar el puerto de datos para que sus ocho pines puedan ser también entradas. Esto se logra accediendo al puerto de control y cambiando el bit número 6 del registro de un estado natural bajo a un estado alto. Cuando C5 está a 0 lógico, las 8 líneas del puerto de datos son salidas y cuando C5 está a 1 lógico, se comportan como entradas.

2.6.2 Programación del Puerto Paralelo en Modo Windows

Windows NT, 2000, XP y Vista; no permiten manejar el puerto paralelo en modo MS-DOS, como sucedía con las versiones anteriores de este mismo sistema operativo. Para solucionar este inconveniente, dando acceso a un puerto en cualquier versión de Windows (en modo Windows) se requieren bibliotecas de enlace dinámico (dll) que se compilan en algún lenguaje de alto nivel que las soporte y éstas gestionan ante el sistema operativo el manejo del puerto. Una dll se diseña, por lo general, en C++ y se utiliza en lenguajes de alto nivel como el mismo C++, Delphi, Java, Matlab o LabView entre otros. Ninguno de los compiladores para Windows ha incluido un componente para el manejo de puertos en forma general sólo para comunicaciones e impresión. La ventaja que tienen Visual Basic y LabView sobre otros lenguajes, es la facilidad del entorno visual. La biblioteca io.dll se descarga gratuitamente de la web y se copia al directorio ubicado en C:/Windows/System32/. En Internet existen disponibles otras bibliotecas similares. Para la programación bidireccional del puerto de datos se sigue la misma lógica descrita en el programa en Lenguaje C anterior, es decir, se establece el bit 6 (C5) del puerto de control para que el registro de datos acepte un byte proveniente del exterior y se limpia el mismo bit si se desea que el registro de datos sea sólo de salida.

2.6.3 Temporización de Precisión en la Computadora

El 8254 es un chip temporizador, descrito en el apéndice C, que puede ser empleado como reloj de tiempo real, contador de sucesos, etc. Este integrado posee 3 contadores totalmente independientes, que pueden ser programados. Todos las computadoras llevan instalado un 8254 o algo equivalente. Todos los contadores van conectados a un reloj que oscila a una frecuencia de 1.193.180 ciclos por segundo (casi 1,2 Mhz). Generalmente las direcciones de acceso a memoria de los dispositivos de la computadora se denota con un número seguido de la letra que indica que dicho número esta en base hexadecimal. La dirección base en el espacio de entrada / salida de la computadora personal es la 40h, por tanto, los tres

contadores son accedidos, respectivamente, a través de los puertos 40h, 41h y 42h; la palabra de control se envía al puerto 43h.

Para realizar temporizaciones de precisión en la computadora, se conoce que la salida del contador 1 del temporizador 8254, encargada del refresco de la memoria, controla la generación de una onda cuadrada de unos 33 KHz que se lee a través del bit 4 del puerto 61h (no se trata de la salida OUT del contador 1 del temporizador 8254).. El contador 1 es programado por la BIOS (sistema básico de entrada / salida) en las computadoras personales con una cuenta 18, conmutando el nivel de la salida cada segundo $1193180/18 = 66287,78$ veces. Para hacer un determinado retardo basta con contar las veces que el bit cambia de nivel. Este método es especialmente interesante en los programas que precisen retardos de precisión, tales como limitar la duración máxima de una comprobación en un bit de estado a unos milisegundos o microsegundos; la principal ventaja es que no se modifica en absoluto la configuración de ningún chip que pueda estar empleando el programa principal, empezando por el temporizador 8254.

2.7 INSTRUMENTOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Los instrumentos y componentes electrónicos lo describe Pérez F[8] en su libro "Electrónica básica: Cuaderno de laboratorio.", en el mismo se describen las características del osciloscopio, voltímetro, frecuencímetro, resistencia, capacitor, diodo zener.

2.7.1 Instrumentos de Medida Eléctrica

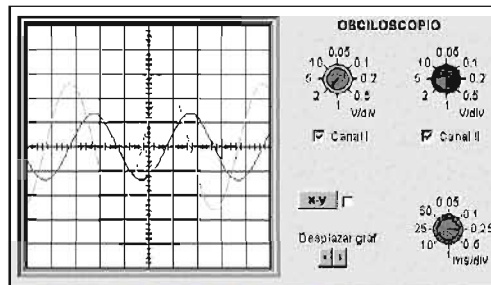
a) El osciloscopio

- Medición de las formas de onda

Para tomar medidas de tensión no hay más que multiplicar el número de divisiones verticales por la escala vertical. Para tomar medidas de tiempo hay que

multiplicar el número de divisiones horizontales por la escala horizontal (Figura 2.10).

Figura 2.10: Panel frontal del osciloscopio



Fuente: Pérez F [2003]

- Pantalla del osciloscopio
En ella se representarán las gráficas, en función del tiempo, de las diferencias de potencial de las sondas.
- Control volts / div
Potenciómetro amplificador-atenuador de la señal de entrada calibrado. Fija el valor de amplificación de la escala Y y define el valor de conversión (V/div).
- Control time / div.
Selecciona la velocidad de barrido. Determina el tiempo que representa cada división de la escala X.

b) El Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento electrónico que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico cerrado pero a la vez abiertos en los polos.

c) El Frecuencímetro

Un contador de frecuencia o frecuencímetro es un instrumento electrónico, utilizado para la medida de frecuencias que generan los circuitos eléctricos. Dado que la frecuencia se define como el número de eventos de una clase particular ocurridos en un periodo de tiempo.

2.7.2 Componentes Electrónicos

a) Resistencia

Una resistencia es un elemento pasivo que disipa energía en forma de calor. La resistencia es un conductor encargado de unir eléctricamente cada uno de los componentes de un circuito eléctrico. La unidad de medida de la resistencia es el ohmio (Ω). En la Figura 2.11 se observa el símbolo esquemático de la resistencia.

Figura 2.11: Símbolo esquemático de la resistencia



Fuente: Pérez F [2003]

b) Capacitor

En electricidad y electrónica, un condensador o capacitor es un dispositivo que está formado por un par de conductores, generalmente en forma de tablas, esferas o láminas, separados por un material dieléctrico (siendo este utilizado en un condensador para disminuir el campo eléctrico, ya que actúa como aislante) o por el vacío, que, sometidos a una diferencia de potencial (d.d.p.) adquieren una determinada carga eléctrica. A esta propiedad de almacenamiento de carga se le denomina capacidad o capacitancia. En el Sistema internacional de unidades se mide en Faradios (F). En la Figura 2.12 se observa el símbolo esquemático del capacitor.

Figura 2.12: Símbolo esquemático del capacitor

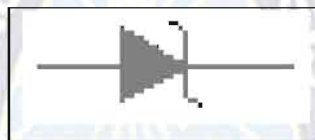


Fuente: Pérez F [2003]

c) Diodo zener

Un diodo Zener, es un diodo de silicio que se ha construido para que funcione en las zonas de rupturas. Llamados a veces diodos de avalancha o de ruptura, el diodo zener es la parte esencial de los reguladores de tensión casi constantes con independencia de que se presenten grandes variaciones de la tensión de red, de la resistencia de carga y temperatura. En la Figura 2.13 se observa el símbolo esquemático del diodo zener.

Figura 2.13: Símbolo esquemático del diodo zener



Fuente: Pérez F [2003]

2.8 AMPLIFICADOR OPERACIONAL

El amplificador operacional es descrito por Dríscoll Frederick [6]. El conversor analógico digital y el puerto paralelo permiten en su entrada una tensión en el rango de 0 a +5V de corriente continua por tanto se debe atenuar o amplificar la señal de entrada; atenuar si la tensión de entrada excede el rango y amplificar si la misma esta atenuada.

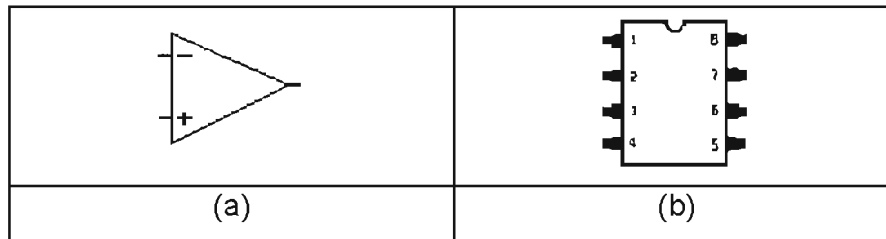
2.8.1 Características del Amplificador Operacional

Básicamente el amplificador operacional (AO) es un dispositivo amplificador de la diferencia de sus dos entradas, con una alta ganancia, una impedancia de entrada muy alta, (mayor a 1 Megaohm) y una baja impedancia de salida (de 8 a 20 ohmios). Con estas características se deduce que las corrientes de entrada son prácticamente nulas y que tiene la característica de poder entregar corriente relativamente alta. Internamente el circuito integrado LM741 contiene un gran número de transistores, resistores, capacitores, etc, su símbolo se muestra en la Figura 2.14 (a).

El terminal + es el terminal no inversor

El terminal - es el terminal inversor

Figura 2.14: Amplificador Operacional



Fuente: Driscoll Frederick [2003]

Hay varios tipos de presentación de los amplificadores operacionales, como el paquete dual en línea (DIP) de 8 pines o patillas (Figura 2.14 (b)). Para saber cual es el pin 1, se ubica una muesca entre los pines 1 y 8, siendo el # 1 el pin que está a la izquierda de la muesca cuando se pone el integrado como se muestra en la Figura 2.14 (b). La distribución de los terminales del amplificador operacional en el circuito integrado DIP de 8 patillas es:

- pin 2: entrada inversora (-)
- pin 3: entrada no inversora (+)
- pin 6: salida (out)

Para alimentar un amplificador operacional se utilizan 2 fuentes de tensión, una positiva conectada al pin 7 y otra negativa conectada al pin 4.

2.8.2 Ganancia en Lazo Cerrado

Para poder controlar la ganancia de tensión que tiene un amplificador operacional, se configura el amplificador operacional con una realimentación negativa, que hará que este circuito sea mucho más estable, el esquema se muestra en la Figura 2.12. La ganancia es dada por la siguiente fórmula:

$$\Delta V = - \frac{V_o}{V_i}$$

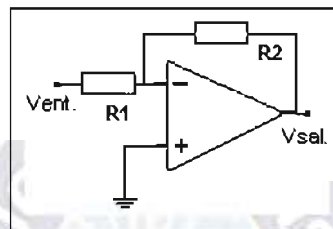
Donde, ΔV : Ganancia de voltaje
 V_i : Voltaje de entrada
 V_o : Voltaje de salida

El signo menos indica que la señal en la salida será la opuesta a la entrada (sale invertida, una tensión positiva aplicada a la entrada produce una tensión negativa a la salida).

El valor de la ganancia está dada por: $\Delta V = -\frac{R_2}{R_1}$

Si se modifican los valores de R_2 y R_1 de la Figura 2.15 se modifica la ganancia.

Figura 2.15: Esquema ganancia en lazo cerrado



Fuente: Driscoll Frederick [2003]

Ejemplo:

Si $R_2 = 500 \text{ K}\Omega$ y $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$, entonces $AV = -\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{500}{10} = -50$

La ganancia será de 50 y la señal a la salida estará invertida (signo menos)

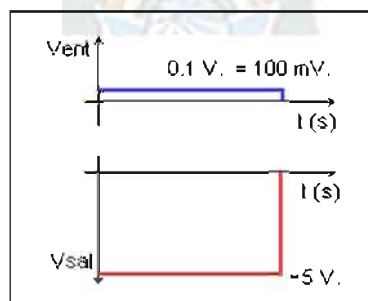
2.8.3 Amplificación en Corriente Continua (Amplificador Inversor)

Si al amplificador con ganancia de 50 mencionado en el párrafo anterior, se la aplica una señal de 0.1 voltios = 100 mV (milivoltios) en la entrada, la salida será:

$$V_o = -\Delta V \times V_i = -50 \times 0.1\text{V.} = -5 \text{ V.}$$

La salida está ampliada e invertida (negativa) como se observa en la Figura 2.16.

Figura 2.16: Ejemplo amplificación en CC



Fuente: Driscoll Frederick [2003]

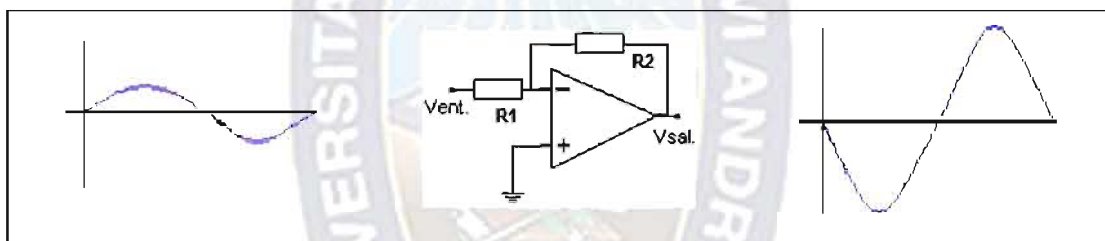
2.8.4 Amplificador Inversor en Corriente Alterna

El amplificador inversor amplifica e invierte una señal de corriente alterna. En este caso la señal alterna de entrada sale amplificada en la salida, pero también desfasada 180° (invertida). La ganancia de tensión se obtiene con la fórmula:

$$\Delta V = -\frac{V_o}{V_i} \quad \text{y} \quad \Delta V = -\frac{R_2}{R_1}$$

Si $V_i = 0.1 \text{ V} = 100 \text{ mV}$ y $V_o = 10 \text{ V}$, entonces $\Delta V = -10 / 0.1 = -100$. La magnitud de la señal alterna se mide en tensión pico o pico-pico. Un ejemplo de la amplificación en corriente alterna se muestra en la Figura 2.17.

Figura 2.17: Ejemplo amplificación en C.A.



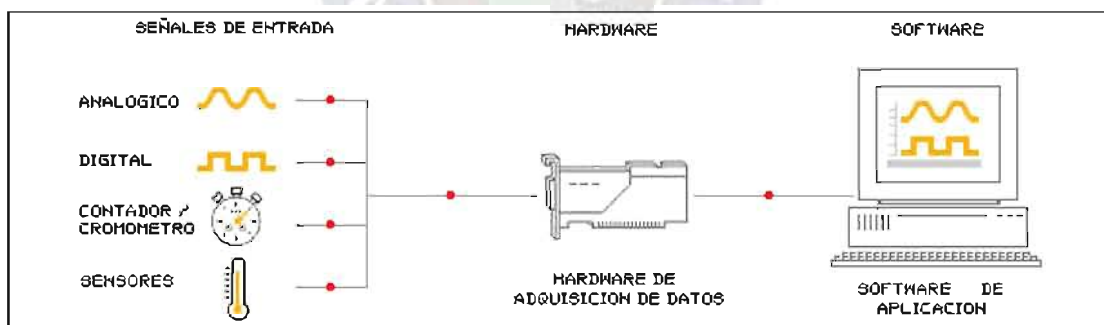
Fuente: Driscoll Frederick [2003]

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

La adquisición de datos mediante la computadora personal, es el proceso de obtener información de manera automatizada, mediante sensores y dispositivos bajo prueba. Aplica una combinación de hardware y software basados en computadora personal para brindar un sistema de medida flexible (Figura 3.1). A menudo, se debe acondicionar sensores y señales antes que un dispositivo de adquisición de datos los adquiera. Este proceso necesita de una "Interfase" entre el mundo físico y el computador que se suele denominar como tarjeta de adquisición de datos.

Figura 3.1: Adquisición de datos mediante computadora personal



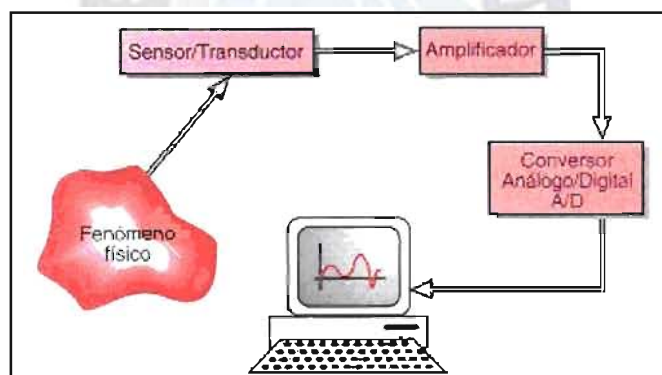
Fuente: Elaboración propia

El proceso de adquisición de datos del mundo físico conlleva los siguientes pasos fundamentales:

- a. Utilización de un sensor/transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física a una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.

- b. Amplificación de la señal de voltaje o corriente, si se requiere. Si la señal que proviene del sensor es débil, se requiere un amplificador de voltaje y algún método para filtrar los ruidos eléctricos.
- c. Traducción de esta señal analógica al lenguaje propio del computador: lenguaje digital. Este proceso se conoce técnicamente como conversión análogo/digital (A/D).
- d. Adquisición propiamente dicha de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del micro y llevados luego a pantalla o a otro periférico del computador.

Figura 3.2: Adquisición de datos análogos



Fuente: Elaboración propia

La Figura 3.2 muestra un diagrama conceptual del proceso de adquisición de datos, el cual sintetiza los pasos fundamentales ya mencionados.

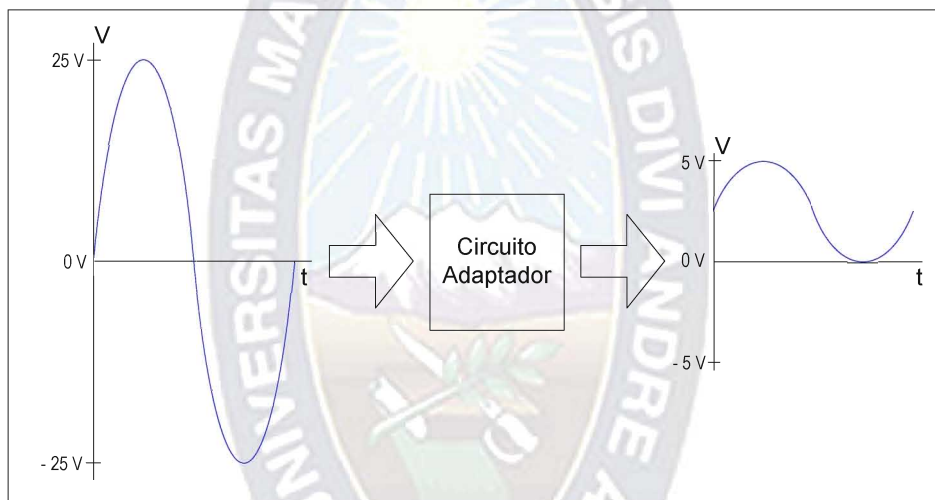
3.1 DISEÑO DEL HARDWARE

Todo circuito electrónico necesita una fuente de alimentación, el circuito integrado ADC0804 se alimenta con una tensión de +5V DC, el amplificador operacional 741 se alimenta con tensiones de +12V DC y -12V DC. Para disponer de las tensiones mencionadas en el apéndice A se explica el diseño la fuente de alimentación.

3.1.1 Adaptación de la Señal de Entrada

La señal eléctrica de entrada varía en amplitud y en frecuencia. La amplitud permitida por el conversor analógico digital oscila entre 0V y 5V DC por tanto es necesario adecuarla, atenuar la amplitud si excede el rango permitido. Sin embargo seguirá siendo alterna, con semiciclo positivo y semiciclo negativo, se debe convertir en una señal positiva sin cambiar la forma ni la frecuencia de oscilación de la señal como se muestra en la Figura 3.3.

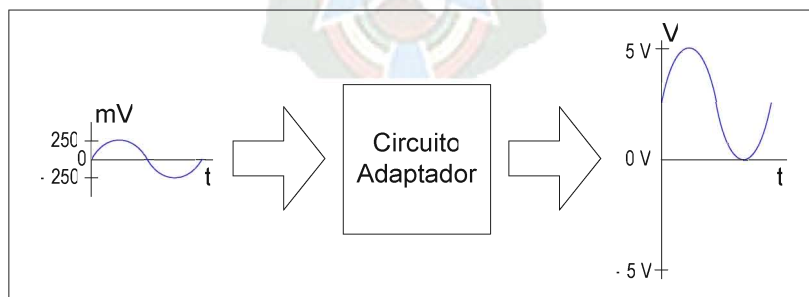
Figura 3.3: Atenuación y adecuación de la señal eléctrica de entrada



Fuente: Elaboración propia

Otro caso que podría ocurrir es que la señal eléctrica de entrada este atenuada en el orden de los milivoltios, en tal caso es necesario amplificarla y convertirla en positiva como se muestra en la Figura 3.4.

Figura 3.4: Amplificación y adecuación de la señal eléctrica de entrada



Fuente: Elaboración propia

Se realizan los cálculos de las resistencias “R₁” y “R₂” para 4 escalas de entrada de tensión las cuales son:

- - 250 V a 250 V
- - 25 V a 25 V
- - 2.5 V a 2.5 V
- - 250 mV a 250 mV

En todos los casos la tensión de salida “V_o” es de 2.5 V y la tensión de entrada “V_i” es la tensión de la escala. El amplificador operacional en modo inversor en su aplicación con corriente alterna, aplicamos las ecuaciones:

$$\Delta V = -\frac{V_o}{V_i} \quad (1)$$

$$\Delta V = -\frac{R_2}{R_1} \quad (2)$$

Para la primera escala de 250 V CA de entrada

$$\Delta V = -\frac{2.5 \text{ V}}{250 \text{ V}} = -0.01$$

De la ecuación (2) con R₂= 1000 Ω calculamos R₁

$$R_1 = -\frac{1000 \Omega}{-0.01} = 100 \text{ k}\Omega$$

Para la segunda escala de 25 V CA de entrada

$$\Delta V = -\frac{2.5 \text{ V}}{25 \text{ V}} = -0.1$$

$$R_1 = -\frac{1000 \Omega}{-0.1} = 10 \text{ k}\Omega$$

Para la tercera escala de 2.5 V CA de entrada

$$\Delta V = -\frac{2.5 \text{ V}}{2.5 \text{ V}} = -1$$

$$R_1 = -\frac{1000 \Omega}{-1} = 1 \text{ k}\Omega$$

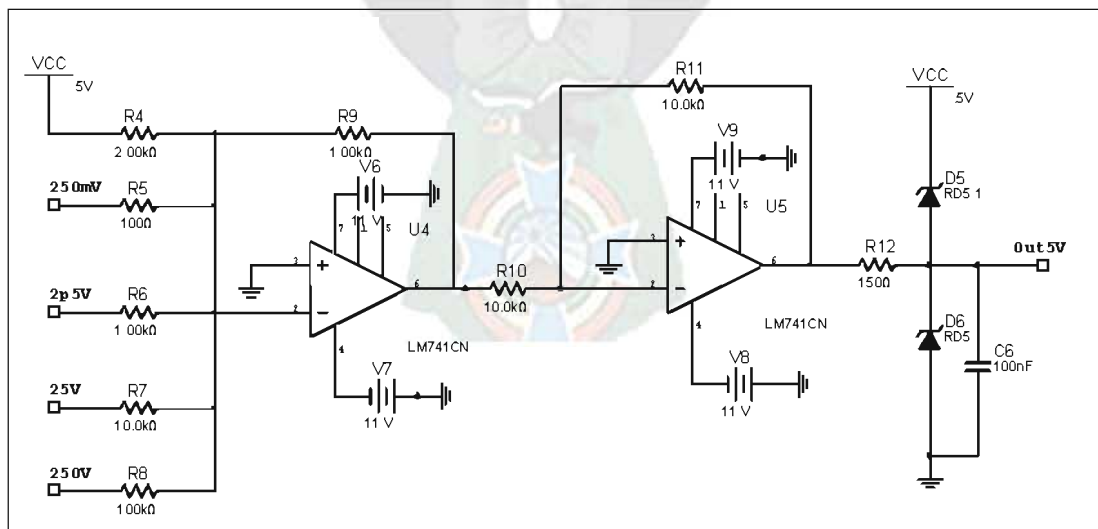
Para la cuarta escala de 0.25 V CA de entrada

$$\Delta V = -\frac{2.5 \text{ V}}{0.25 \text{ V}} = -10$$

$$R_1 = -\frac{1000 \Omega}{-10} = 100 \Omega$$

Ya que la señal eléctrica se aplica a la entrada inversora del amplificador operacional U4 de la Figura 3.5 la señal de salida es negativa. Para convertir la señal negativa en positiva se aplica la señal eléctrica al pin 2 del amplificador operacional U5 de la Figura 3.5. Para limitar la tensión a 5.1 V y proteger la entrada del ADC0804 se utilizan dos diodos zener D5 y D6 a la salida de U5 como se observa en la Figura 3.5.

Figura 3.5: Circuito adaptador de señal eléctrica



Fuente: Elaboración propia

El esquemático (Figura 3.5) del circuito adaptador de señal eléctrica se lo realizó con el CAD electrónico Multisim. Los componentes electrónicos que se utilizan para realizar el acondicionamiento de la señal electrónica se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5: Materiales del circuito adaptador de señal

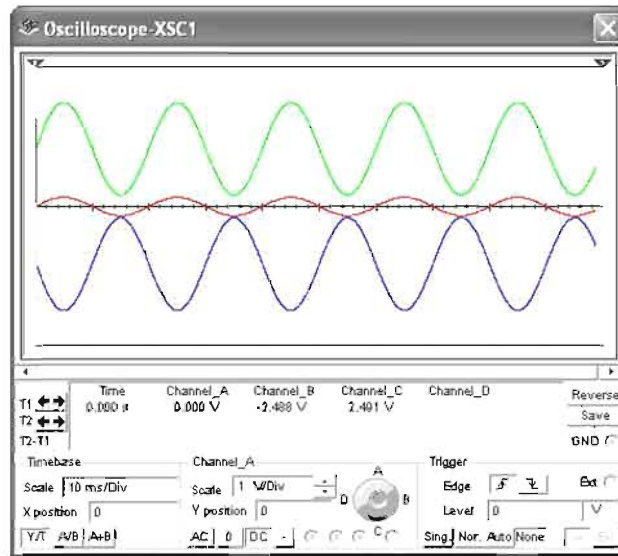
Cod	Descripción
R4	Resistencia 2 k Ω \pm 1% ½ W
R5	Resistencia 100 Ω \pm 1% ½ W
R6, R9	Resistencia 1 k Ω \pm 1% ½ W
R7, R10, R11	Resistencia 10 k Ω \pm 1% ½ W
R8	Resistencia 100 k Ω \pm 1% ½ W
R12	Resistencia 150 Ω \pm 1% ½ W
U4, U5	Circuito integrado amplificador operacional LM741CN
D5, D6	Diodo zener 5.1 V ½ W
C6	Capacitor cerámico 100 nF

Fuente: Elaboración propia

Con el osciloscopio virtual del Multisim se observan las formas de onda del circuito adaptador en la Figura 3.6, a la entrada esta alimentada con 100 mVpp. La señal de entrada al circuito esta en color rojo, se observa la forma y la amplitud en corriente alterna. La forma de onda de la salida del primer amplificador operacional esta en color azul, en ella se observa que la señal de entrada esta amplificada y es negativa. La forma de onda de la salida del segundo amplificador operacional esta en color verde, se observa que la señal de entrada esta amplificada y es positiva.

En esta etapa la señal de entrada es acondicionada para las cuatro escalas de entrada mencionadas anteriormente, si la señal de entrada esta atenuada en esta etapa es amplificada y si excede el voltaje admitido por la siguiente etapa es atenuada.

Figura 3.6: Señales de la adaptación



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Conversión Analógica a Digital de la Señal

Ahora que se tiene la señal eléctrica adaptada se procede con la conversión analógica a digital. Para realizar un muestreo en tiempo real el conversor analógico digital debe realizar la conversión continuamente proceso denominado corrida libre. Los componentes electrónicos utilizados para la conversión analógico digital se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6: Materiales del circuito de conversión analógica a digital

Cod	Descripción
U6	Circuito integrado ADC0804
R13	Resistencia 10 k Ω \pm 1% 1/2 W
C7	Capacitor cerámico 150 pF

Fuente: Elaboración propia

Para que el ADC0804 funcione en corrida libre (corrida libre significa que continuamente el conversor analógico a digital esta leyendo la señal de entrada y enviando a su bus de datos de salida el correspondiente valor en binario), se debe

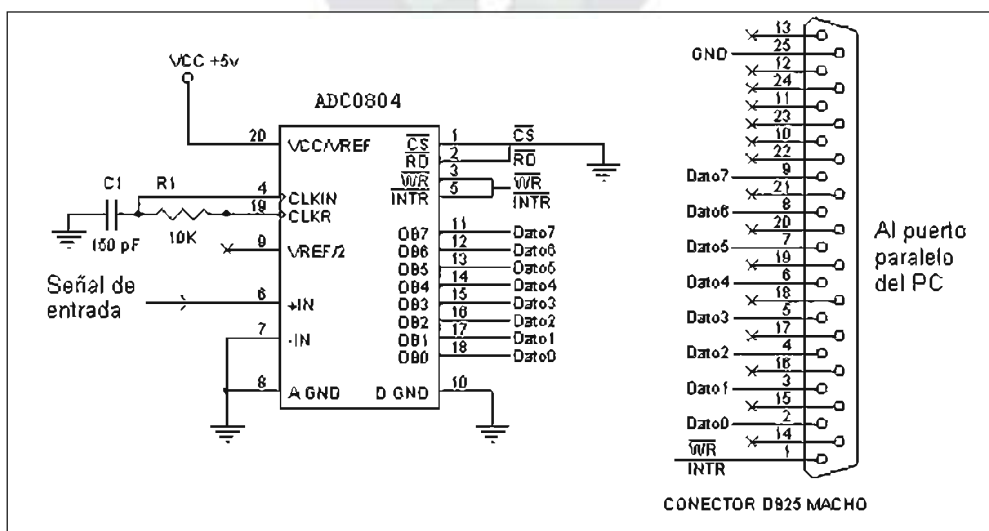
conectar el pin WR con el pin INT y RD a tierra, así cada vez que el conversor finalice una conversión, aparecerá un cero en el pin INT, y como esta terminal esta conectada con WR, el conversor vera aparecer un cero y dará inicio de conversión de nuevo, este proceso continuará en un bucle infinito.

La terminal RD se conecta a tierra para que la terminal INT regrese a uno después de cada notificación de fin de conversión. La terminal 6 del ADC a la señal analógica, las terminales A GND y D GND (terminales 7 y 8 de la Figura 3.7) conectar a tierra de la fuente de poder y al pin 25 del conector DB25 hembra, el pin 20 VCC alimentar con 5V, los pines 4 y 19 conectarlos a un circuito RC para configurar el reloj interno del ADC, dicho circuito es el que establece la frecuencia de conversión del ADC, la frecuencia de conversión máxima del ADC0804 es de 640 kHz y se calcula con la siguiente formula:

$$F_{clk} = \frac{1}{1.1 R_{13} C_7}$$

Con un capacitor cerámico de 150 pF y una resistencia de 10 kΩ se genera una frecuencia de 606 kHz. Las terminales 11 al 18 que son las salidas de datos binarios deben conectarse a los pines 2 al 9 respectivamente de un conector DB25 hembra. El circuito de la conversión analógica a digital se muestra en la Figura 3.7.

Figura 3.7: Conexión del ADC 0804 en corrida libre



Fuente: Elaboración propia

3.2 DISEÑO DEL SOFTWARE

Consiste en la elección del protocolo de comunicación y el software de aplicación del prototipo del osciloscopio para computadora personal.

3.2.1 Interfase y Protocolo de Comunicación

Al elegir la interfase y el protocolo de comunicación, se tuvieron en cuenta los siguientes puntos:

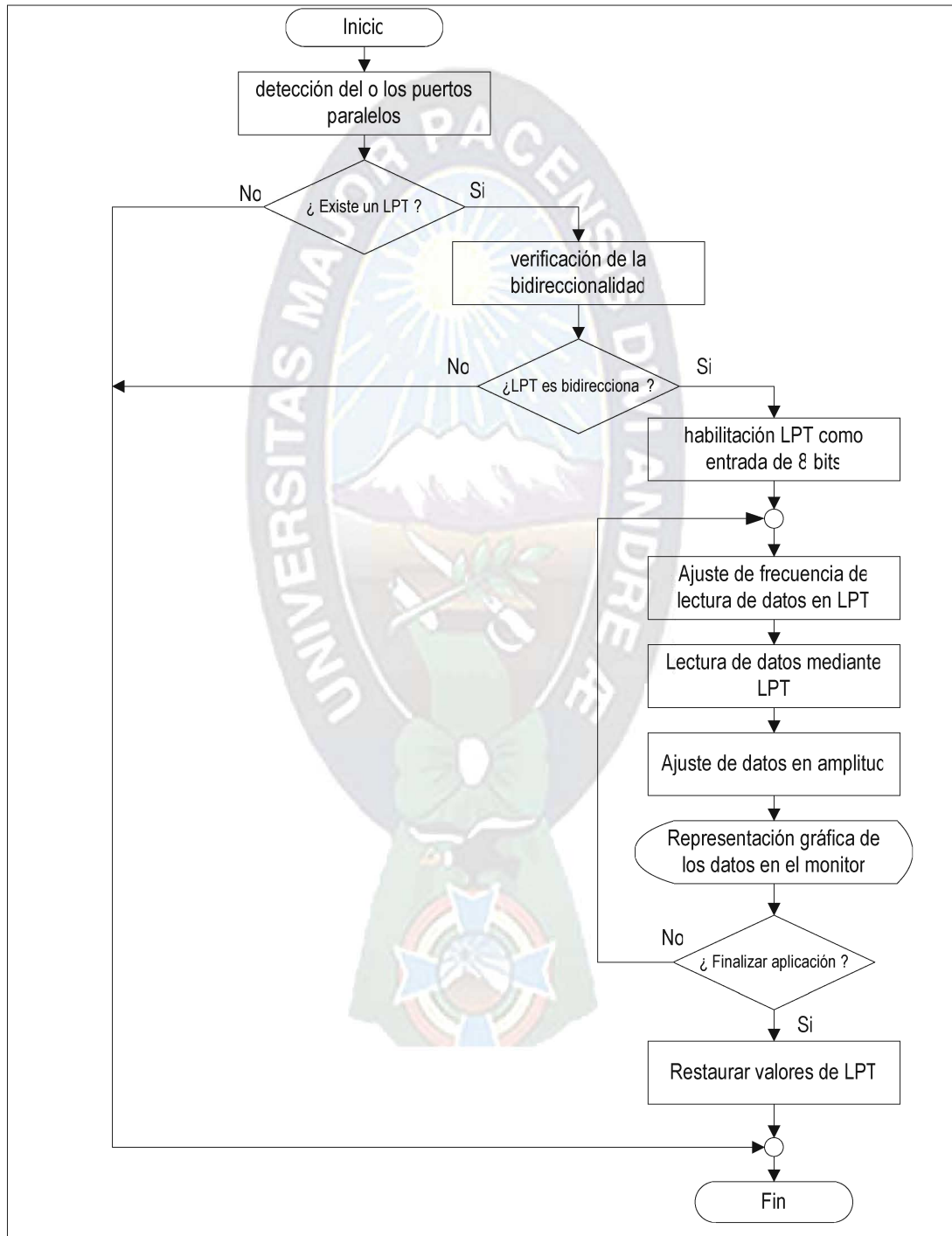
- El protocolo de comunicación debe ser aplicable a la interfase, y la interfase debe estar disponible para computadores pentium I o superiores y en modo bidireccional.
- Para que la frecuencia de transferencia de datos sea rápida, la interfase debe permitir la transferencia de datos en forma paralela de 8 bits al mismo tiempo.

El puerto paralelo de la computadora está disponible en equipos pentium I y superiores. Uno de los principales inconvenientes que se tenía era la cantidad de bits de entrada en el puerto paralelo, la cual era solamente de 5 bits en la dirección correspondiente al bus de estado de la impresora (379h). Así entonces, cuando se necesitaba leer un byte completo, era necesario dividir el byte en dos nibles por medio de la circuitería y hacer dos lecturas desde la computadora, lo que obviamente implicaba mayor número de componentes electrónicos y mayor tiempo de lectura por cada byte. Este problema ha quedado superado con la configuración del puerto en modo bidireccional ya que el puerto paralelo permite la configuración de su dirección normal de salidas (378h) también como puerto de entrada, lo que habilita la lectura simultánea de un byte completo (8 bits). La bidireccionalidad del puerto paralelo es imprescindible ya que de esta forma la lectura de datos mediante el puerto paralelo es byte a byte lo cual incide favorablemente en la frecuencia de lectura de datos.

3.2.2 Software de Aplicación del Osciloscopio

El software de aplicación implica procedimientos que se detallan en la Figura 3.8. Se denomina LPT al puerto paralelo de la computadora.

Figura 3.8: Diagrama de flujo software de aplicación del osciloscopio



Fuente: Elaboración propia

Los procesos de la Figura 3.8 se detallan a continuación con código en lenguaje C en algunos casos.

a) Detección del puerto paralelo

Para la detección del puerto paralelo se accede mediante un puntero a la dirección de memoria de los puertos instalados. La Figura 3.9 muestra el código para la detección de los puertos paralelos disponibles en la computadora.

Figura 3.9: Segmento de código de la detección del LPT

```
LptDirPnt=(unsigned int far *)0x00000408;
for (PuertoNum=1; PuertoNum<=3; PuertoNum++){
    if (*LptDirPnt == 0)
        printf("No se encuentra puerto asignado a LPT%d \n", PuertoNum);
    else
        printf("La dirección asignada a LPT%d es 0x%04X\n", PuertoNum, *LptDirPnt);
    LptDirPnt++;
}
```

Fuente: Elaboración propia

b) Verificación de la bidireccionalidad del puerto

Antes de iniciar la lectura de datos mediante el puerto paralelo es preciso realizar la verificación de la bidireccionalidad del puerto paralelo, la Figura 3.10 contiene el código para tal objetivo.

Figura 3.10: Código de verificación de la bidireccionalidad del LPT

```
int OSC::ParaleloI ni (void)          /* Prueba puerto bidireccional */
{ unsigned int Byte, tmp, SwPI=0;
  int LPT_BASE=0x378;
  int DATOS=LPT_BASE, CONTROL=LPT_BASE + 2;
  Byte = inportb(CONTROL); tmp=Byte;
  outportb(CONTROL, Byte | 0x20); /* Pone a 1 el bit 5 de CONTROL */
  outportb(DATOS, 0x55);
  Byte = inportb(DATOS);
  if (Byte != 0x55) {
    outportb(CONTROL, tmp | 0x20); /* Pone a 1 el bit 5 de CONTROL */
    outportb(DATOS, 0xAA); Byte = inportb(DATOS);
    if (Byte != 0xAA) { printf("El puerto es bidireccional\n"); SwPI=1;}
  }
  else { printf("El puerto no es bidireccional\n"); }
  outportb(CONTROL, tmp); /* Restaura el bit 5 de CONTROL */
  Return(SwPI);
}
```

Fuente: Elaboración propia

c) **Habilitación del puerto en modo bidireccional como entrada**

Si se cumplen con las condiciones de que exista un puerto paralelo que soporte el modo bidireccional, se prosigue estableciendo el puerto paralelo en modo bidireccional de entrada de datos, la Figura 3.11 muestra la forma de hacerlo.

Figura 3.11: Segmento de código para establecer el puerto en bidireccional

```
int LPT_BASE=0x378,           //direccion base del primer puerto paralelo
int CONTROL=LPT_BASE + 2;
tmp=Byte,
Byte = inportb(CONTROL),
outportb(CONTROL, Byte | 0x20), //Pone a 1 el bit 5 de CONTROL
```

Fuente: Elaboración propia

d) **Ajuste de frecuencia de lectura de datos de LPT**

Para ajustar la frecuencia con la que se leen los datos desde el puerto paralelo es preciso realizar una pausa antes de volver a obtener otro dato. La rutina pausa_asm de la Figura 3.12 ilustra el procedimiento. El único inconveniente del método es la alta frecuencia con que cambia el bit.

Figura 3.12: Segmento de código para ajustar la frecuencia de lectura en LPT

```
void OSC::pausa_asm (unsigned long cuenta) /* método en ensamblador */
{
    asm push ax
    asm push cx
    asm push dx
    asm mov cx,word ptr cuenta /* DX:CX = cuenta */
    asm mov dx,word ptr [cuenta+2]
    asm jcxz fin_l /* posible cuenta baja nula */
    esp_ref asm in al,61h
    asm and al,10h /* aisla bit 4 */
    asm cmp al,ah
    asm je esp_ref /* espera cambio de nivel */
    asm mov ah,al
    asm loop esp_ref /* completa cuenta baja */
    fin_l asm and dx,dx
    asm jz fin_ret /* posible cuenta alta nula */
    asm dec dx
    asm jmp esp_ref /* completa cuenta alta */
    fin_ret asm pop dx
    asm pop cx
    asm pop ax
}
```

Fuente: Elaboración propia

e) Lectura de datos

En la Figura 3.13 se representa el segmento de código para la lectura de datos.

Figura 3.13: Segmento de código para lectura de datos

```
int LPT_BASE=0x378,           //dirección base del primer puerto paralelo
int DATOS=LPT_BASE
Byte = inportb(DATOS),       // Byte es el dato obtenido en LPT1
```

Fuente: Elaboración propia

f) Ajuste de datos en amplitud

Los datos leídos en el puerto paralelo deben ser ajustados según el control en amplitud de voltaje volt/div.

g) Representación de la señal de entrada

Para la representación de la señal en la pantalla del monitor se realiza el ajuste mediante la escala establecida en volt/div antes de realizar el inicio del funcionamiento del osciloscopio, luego la escalación y traslación del dato respecto a las coordenadas del cuadro que representa la pantalla del osciloscopio.

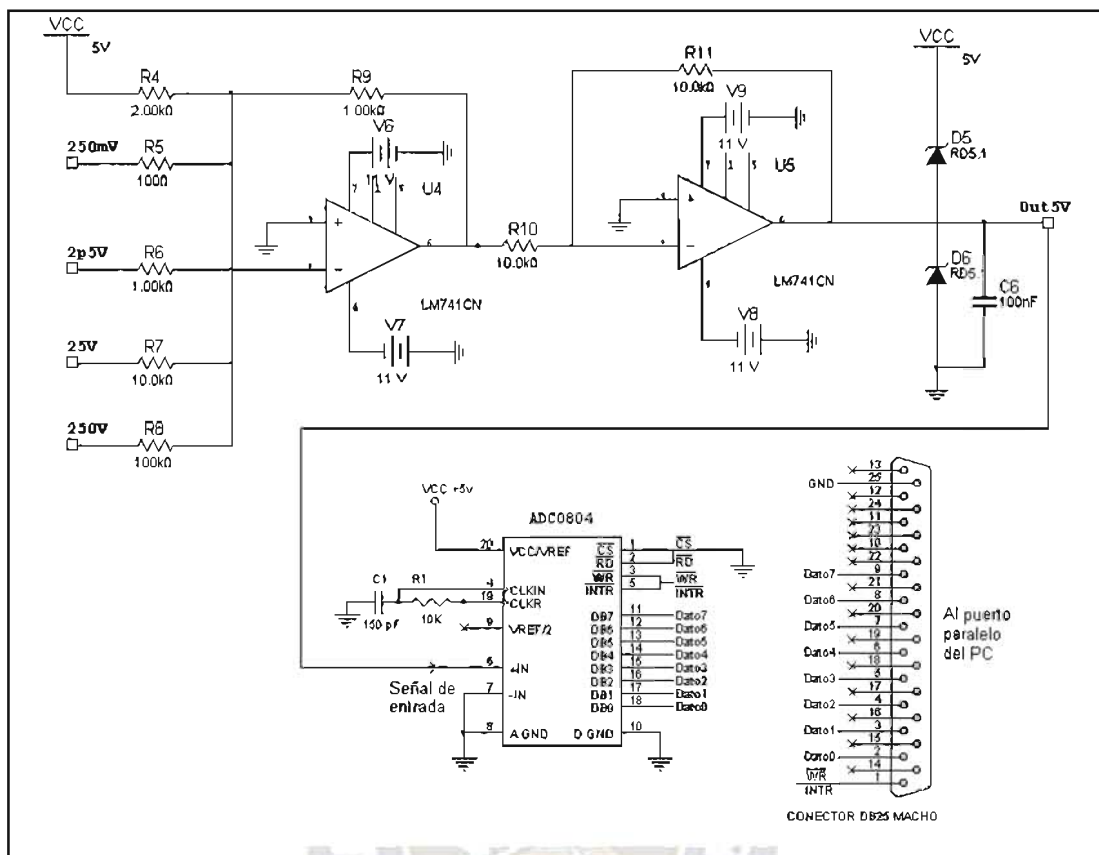
h) Restaurar los valores del puerto paralelo.

Al finalizar la aplicación se debe restaurar los valores de los registros de control del puerto paralelo que fueron modificados para establecerlo en modo bidireccional de entrada.

3.3 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Para la construcción del prototipo se deben implementar en protoboard (placa de uso genérico, usado para construir prototipos de circuitos electrónicos sin soldadura) los esquemáticos de la Figura 3.5 y Figura 3.7 para lo cual se utiliza los componentes de la Tabla 5 y Tabla 6. La salida del esquemático de la Figura 3.5 denominada out 5V es la señal de entrada del esquemático de la Figura 3.7, con lo que se unen ambos circuitos, el de acondicionamiento y el de digitalización de señal eléctrica como se muestra en la Figura 3.14

Figura 3.14: Circuito implementado del Prototipo



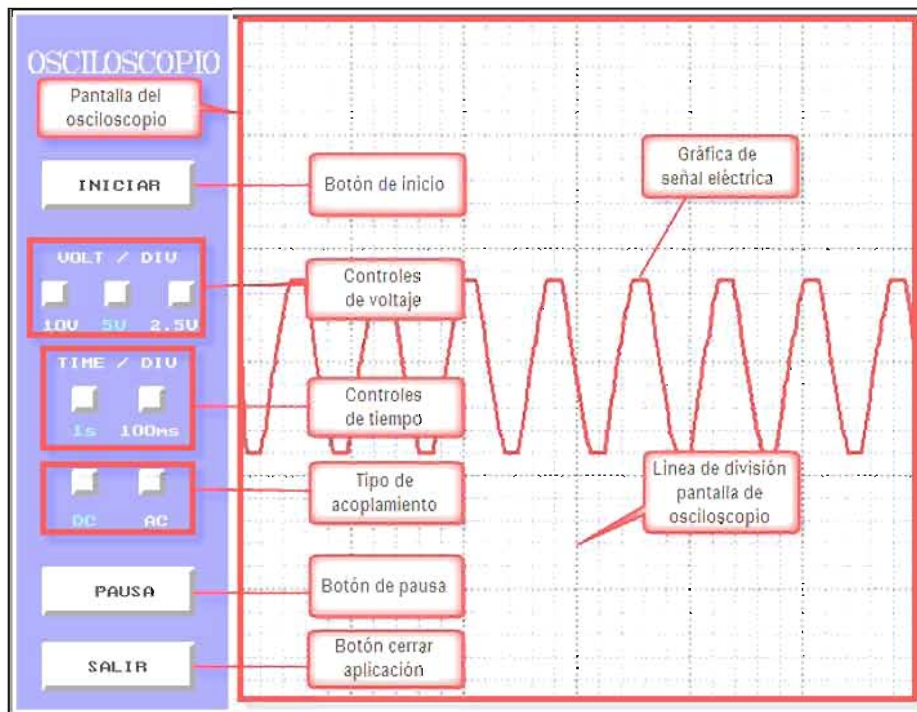
Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

El prototipo realizado en lenguaje Turbo C++ se muestra en la Figura 3.15, el mismo tiene dos botones para seleccionar si la tensión a medir es de corriente alterna o continua, es decir en el primer caso si cambia en el dominio del tiempo entre positiva y negativa o que en el dominio del tiempo es positiva. Tres escalas de 10V, 5V y 2.5V para medir la tensión que se mide en voltios (V). Dos escalas de 1s 100ms para medir la frecuencia que se mide en hertz (Hz). Los cuadros de división en la pantalla del osciloscopio son útiles para medir la amplitud y frecuencia de la señal eléctrica acondicionada y digitalizada por el circuito electrónico, obtenida mediante el puerto paralelo y graficada en el monitor de la computadora. Cada cuadro pequeño representa 0.2 de la magnitud que se mida ya sea amplitud en el sentido vertical o

frecuencia en el sentido horizontal. La curva sinusoidal que se observa en el centro de la pantalla es la gráfica de la tensión de red pública atenuada con un transformador que oscila a una frecuencia de 50 Hz.

Figura 3.15: Vista del Prototipo en funcionamiento.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

PRUEBA DEL PROTOTIPO

Todo instrumento de medida al final de su construcción requiere de una calibración para que las medidas realizadas con el instrumento sean fiables dentro de un margen de porcentaje mínimo de error. Para las pruebas del prototipo es preciso contar con un voltímetro, un frecuencímetro y un circuito electrónico que oscile con una cierta frecuencia y una tensión de salida dentro de los rangos del prototipo. El voltímetro nos permitirá comparar las mediciones de voltaje realizadas con el prototipo y el frecuencímetro para comparar las mediciones de frecuencia realizadas con el prototipo. El circuito que se utiliza oscila con una frecuencia específica generando una forma de onda cuadrada con una salida entre 0 voltios y 5 voltios, dicha salida es la entrada al circuito acondicionador del prototipo. Se realizaran tres circuitos los cuales se detallan en el apéndice B.

Para medir la frecuencia se cuenta el número de cuadros que ocupa la señal en sentido horizontal esta cuenta se multiplica por la escala de tiempo time/div. La amplitud se mide multiplicando el número de cuadros en sentido vertical que ocupa la señal por el indicador de escala de tensión volt/div.

4.1 PRUEBA DE FRECUENCIA Y AMPLITUD

Para medir la frecuencia y la amplitud del circuito de 1 Hz, en la Figura 4.1 se observa el prototipo en funcionamiento, se sigue el procedimiento ya descrito.

$$f = \left(0.2 \times 5 \text{div} \times \frac{1 \text{s}}{\text{div}} \right)^{-1}$$

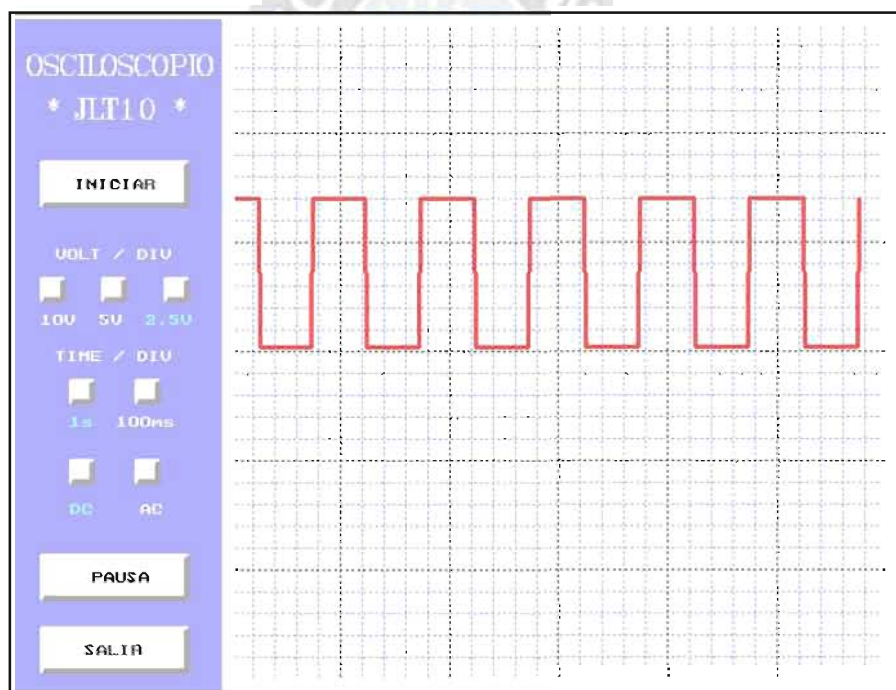
$$f = 1 \text{Hz}$$

$$\text{Amplitud} = 0.2 \cdot 7 \text{div} \cdot \frac{2.5 \text{V}}{\text{div}}$$

$$\text{Amplitud} = 3.5 \text{V}$$

La señal eléctrica tiene una amplitud de 3.5 voltios y una frecuencia de 1 Hz.

Figura 4.1: Medición con el circuito de 1 Hz



Fuente: Elaboración propia

Para medir la frecuencia y la amplitud del circuito de 10 Hz, en la Figura 4.2 se observa el prototipo en funcionamiento, se sigue el procedimiento ya descrito.

$$f = \left(0.2 \times 5.01 \text{div} \times \frac{100^{-3} \text{s}}{\text{div}} \right)^{-1}$$

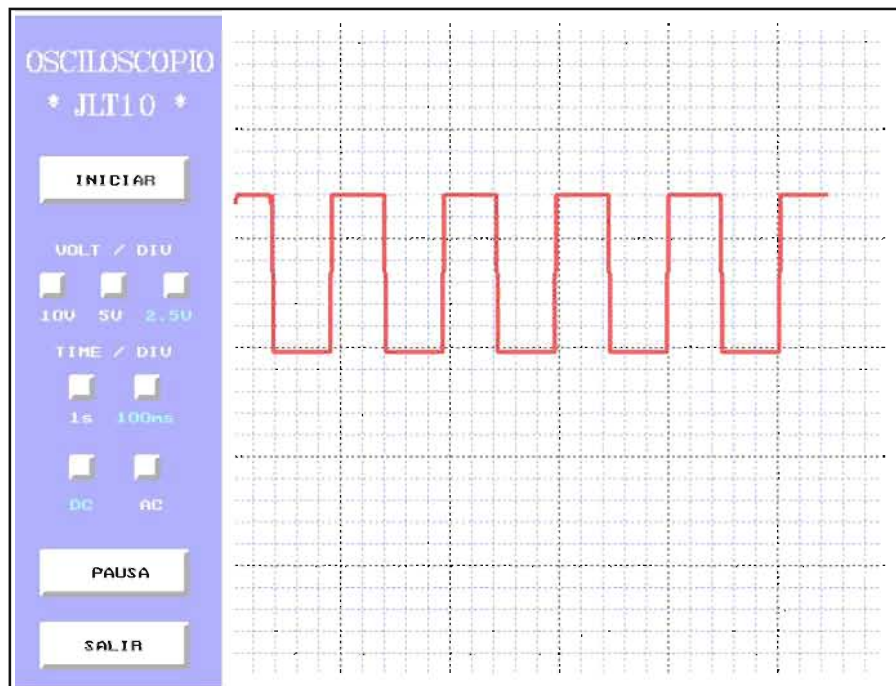
$$f = 9.98 \text{Hz}$$

$$\text{Amplitud} = 0.2 \cdot 7 \text{div} \cdot \frac{2.5 \text{V}}{\text{div}}$$

$$\text{Amplitud} = 3.5 \text{V}$$

En consecuencia la señal eléctrica observada tiene una amplitud de 3.5 voltios y una frecuencia de 9.98 Hz.

Figura 4.2: Medición con el circuito de 10 Hz



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 7 representa una comparación de valores medidos con el voltímetro y el prototipo del osciloscopio. La Tabla 8 representa una comparación de valores medidos con el frecuencímetro y el prototipo del osciloscopio.

Tabla 7: Comparación de medidas del voltímetro y prototipo

Voltímetro	Prototipo	Error %
4.95	4.9	1.01 %
4.62	4.6	0.56 %
3.54	3.5	1.12 %
2.93	2.9	1.02 %
2.52	2.5	0.79 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Comparación de medidas del frecuencímetro y prototipo

Frecuencímetro	Prototipo	Error %
1 Hz	1 Hz	0 %
2 Hz	2.01 Hz	0.5 %
4 Hz	4.04	1 %
5 Hz	4.90 Hz	2%
10 Hz	9.80 Hz	2%

Fuente: Elaboración propia

4.2 ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

En el seguimiento de cada una de las etapas planteadas en 1.4.1 se dan algunas pautas como resultado del desarrollo del prototipo que proporciona acápites para las conclusiones del trabajo de investigación.

a) Variable (x): Acondicionamiento.

El diseño, la construcción y prueba de la etapa de acondicionamiento de señal eléctrica, con el uso de amplificadores operacionales, en la variable acondicionada de la señal eléctrica de salida respecto de la entrada, no tuvo variación alguna en la frecuencia, conservan la misma forma de onda de la señal de entrada. La variable acondicionada pasa a la etapa de digitalización según lo previsto en el diseño.

b) Variable (y): Digitalización.

La etapa de digitalización depende del ADC (componente electrónico) que realiza la operación de digitalizar la señal analógica en digital, de la resolución y la frecuencia de la conversión que pueda tener, en el caso del prototipo el ADC0804 que se utilizó tiene una resolución de ocho bits y el tiempo de conversión de 100 us, si se deseara un tiempo menor de conversión se podría utilizar el ADC0820 que tiene un tiempo de conversión de 2.5 us, Este proceso es sincronizado con la computadora personal, la resolución de los ocho bits es apta para la lectura de datos mediante el puerto paralelo en el modo bidireccional de entrada que lee ocho bits en cada lectura. La

variable digitalizada está disponible en las ocho salidas del ADC0804 para la siguiente etapa mediante un bus de 8 hilos según lo previsto, siendo cada salida un cero lógico (0 a 0.8V) o un uno lógico (2.4V a 5.1V).

c) Variable(z). Representación

Previa a la representación es preciso leer la variable digitalizada, para leerla mediante el puerto paralelo éste debe estar configurado como EPP o ECP ya que en el modo normal o SPP no soporta la bidireccionalidad de entrada de datos. Para realizar la configuración mencionada se debe ingresar al BIOS de la computadora y realizar la configuración que se observa en la Figura 4.3.

Figura 4.3 Configuración en modo EPP o ECP del puerto paralelo

Onboard Parallel Mode		Onboard Parallel Mode	
Normal []	Normal []
EPP []	EPP []
ECP []	ECP []
ECP/EPP []	ECP/EPP []

Fuente: Elaboración propia

Una vez leído el dato para la representación del mismo en el monitor de la computadora se le aplica el proceso de escalación y traslación acorde a los límites del área que corresponde a la pantalla del osciloscopio. La variable leída en el proceso de escalación cambia por el efecto del redondeo en la variable influyendo en el resultado final en un pixel que es imperceptible a la vista.

En la prueba del prototipo con la tensión de red pública la forma de onda sinusoidal (Figura 3.14), con circuitos que generan ondas cuadradas (Figura 3.15 y Figura 3.16), la forma de onda se representa correctamente. En las pruebas de voltaje y frecuencia realizadas en 3.3 los resultados obtenidos dan la pauta de que el prototipo realiza las medidas de amplitud y frecuencia con un error porcentual aceptable.

CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN

El desarrollo e implementación de un prototipo que utiliza la computadora personal como osciloscopio podría ser una alternativa para estudiantes y profesionales de la electrónica. En la mayoría de los casos, estudiantes que no pueden acceder a la adquisición de un osciloscopio y que sólo tienen acceso al mismo en laboratorios de enseñanza quedando impedidos de realizar prácticas con más tiempo y en la comodidad de su hogar. También hacer notar que el material necesario para la construcción del prototipo es accesible en el mercado local, por tal razón es factible realizarlo.

5.1 CONCLUSIONES

La aplicación del protocolo de comunicación bidireccional de transmisión y recepción de un byte en tiempo real mediante el puerto paralelo de la computadora es una alternativa para la implementación de interfases de software y hardware. El control que se tiene mediante el software sobre el puerto paralelo permite la operación del mismo en los distintos modos en los que puede operar, también la sincronización de la lectura de datos.

Utilizando el prototipo del osciloscopio en conjunto, el hardware y el software de aplicación, y según los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento, la computadora personal a través de una interfase electrónica es un medio que se puede utilizar como un osciloscopio genérico que permite observar la forma de onda

de circuitos eléctricos para medir la amplitud y frecuencia de las mismas mediante la implementación de interfases de hardware y software.

5.2 RECOMENDACIÓN

Tener precaución en el manejo del puerto paralelo. Iniciar primero el software de aplicación del prototipo antes de energizar la interfase del hardware del prototipo. Al finalizar el trabajo desenergizar primero el hardware y luego cerrar la aplicación. No introducir directamente tensiones que estén fuera del límite permitido con el propósito de preservar la circuitería del puerto paralelo.

Para obtener resultados óptimos en la medición de frecuencia y amplitud se recomienda iniciar el programa de aplicación en modo DOS o cerrar otras aplicaciones que estén corriendo en modo Windows, para que el microprocesador este procesando exclusivamente los procesos del software de aplicación del osciloscopio.

Una sugerencia es, utilizar como base el presente trabajo para realizar un prototipo que transforme los pulsos que genera el corazón en electrocardiogramas desplegados en el monitor de la computadora. Dicho prototipo serviría como base para un trabajo de investigación como un sistema experto de diagnóstico de cardiopatías. Otra sugerencia en el mismo sentido que la anterior es utilizar como base el presente trabajo para realizar un sistema experto de diagnóstico de artefactos electrónicos como los televisores.



APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tocci, Ronald. Sistemas Digitales. Prentice - Hall Hispanoamericana S.A., 1993. 825 p.
- [2] Bertran, Eduard. Procesado digital de señales: Fundamentos para comunicaciones y control. España: Universidad Politécnica de Cataluña, 2006. 220 p
- [3] Schildt, Herbert. The Complete C++ Reference. McGraw-Hill, 1998. ISBN: 0-07-882476-1.
- [4] Abel, Peter .Lenguaje ensamblador y programación para IBM PC y compatibles. Pearson Educación, 1996. 594 p.
- [5] San Vicente, A. Soluciones a Interfaz por medio del Puerto Paralelo de la PC. Prentice - Hall Hispanoamericana S.A., 2003. 119 p.
- [6] Driscoll, Frederick. Amplificadores operacionales y circuitos Integrados, 3ª Ed. México: Mc Graw-Will, 2003. 530 p.
- [7] Urbina, Edmundo. Procesamiento digital de señales. s/ Ed, 1999. 340 p.
- [8] Pérez F.,Clara, Iranzo P.,Manuel .Electrónica básica: Cuaderno de laboratorio. Ed. Universidad Politécnica Valencia, 2003. 309 p. ISBN:8497054407
- [9] Borrego, Agustin. El osciloscopio. Educación manejo osciloscopio [en línea]. Junio 1997 [Consulta: 4-febrero-2008]. Disponible en <<http://usuarios.iponet.es/agusbo/osc/osc.htm>>
- [10] McCord, Colin K. Colin's Page. Final Year Project [en línea]. Octubre 2005 [Consulta: 4-febrero-2008]. Disponible en <<http://www.cmccord.co.uk/>>
- [11] Kudelsko, F. Kudelsko's web site. Oscilloscope numérique pour PC [en línea]. 2007 [Consulta:8-febrero-2008]. Disponible en <<http://kudelsko.free.fr/oscilloscope/sommaire.htm>>
- [12] Hoffman, Pablo.Web Osc usb, Osciloscopio USB [en línea]. Septiembre 2006 [Consulta: 14-febrero-2008].Disponible en <<http://pablohoffman.com/cgi-bin/twiki/bin/view/Oscusb/>>

[13] Joyanes Luis, Vaquero Antonio. Informática: Glosario de términos y siglas. 2ª Ed. España:Informática Personal Profesional, 1993. 441p

REVISTAS

[14] Gomez G., Alberto y Caldas M. Electronica & Computadores:"Adquisición de datos por el puerto paralelo de un PC". Año I N°3. Pag. 50-54

[15] Naranjo C., Jhon Jairo. Electronica & Computadores."Control de puertos en lenguaje ensamblador". Año II N°2. Pag. 64-68



APÉNDICE A

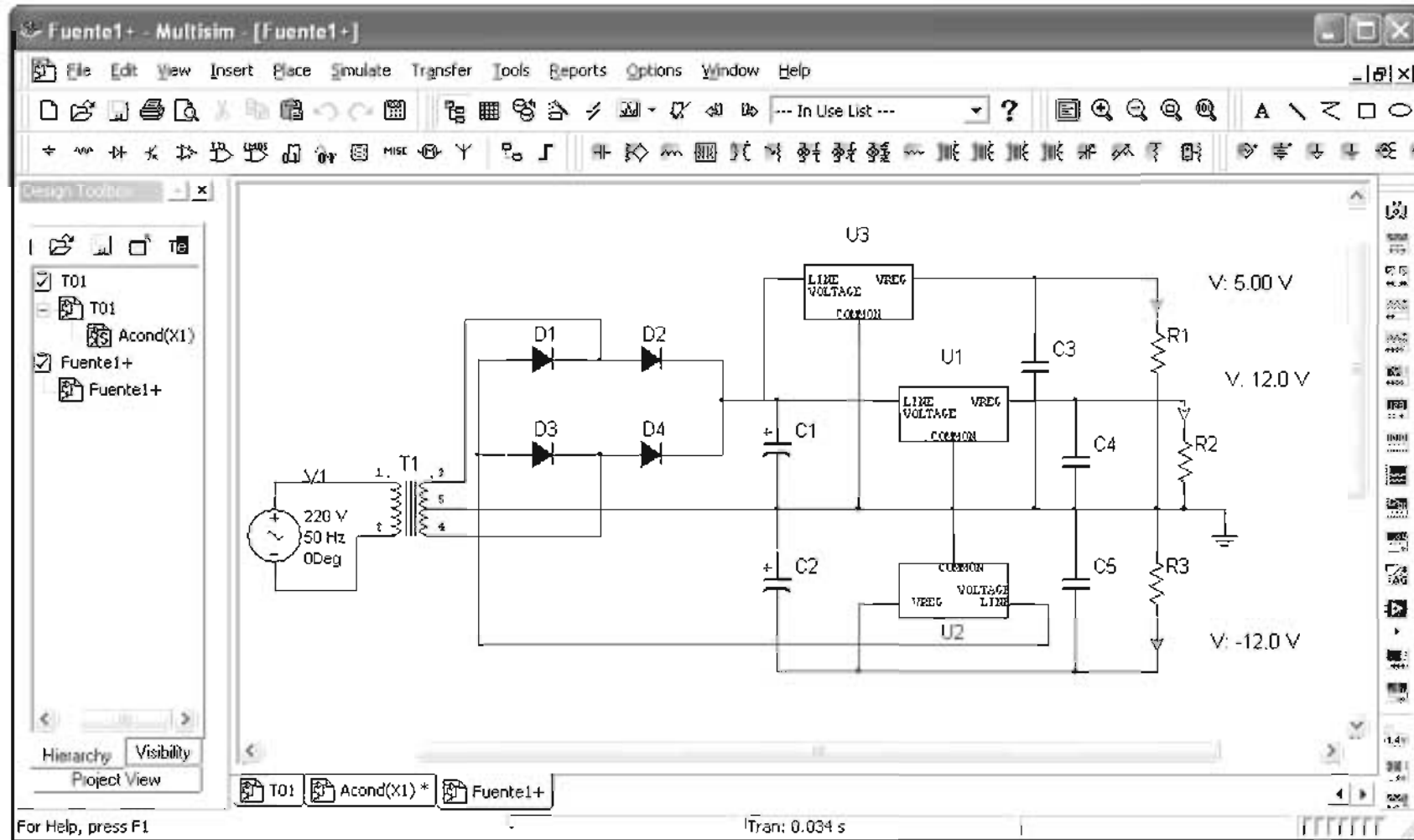
DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Todo circuito electrónico necesita una fuente de alimentación, el circuito integrado ADC0804 se alimenta con una fuente de +5V DC, el amplificador operacional 741 se alimenta con tensiones de +12V DC y -12V DC. Para disponer de las tensiones mencionadas se diseña la fuente con los reguladores de voltaje LM7805, LM7812 y LM7912. La tensión de línea de 220 V AC debe ser reducida a 24 V AC por un transformador reductor, luego rectificada por los diodos en configuración puente, después reducir el voltaje de rizado por los filtros electrolíticos a continuación regular el voltaje a 5, 12 y -12 de corriente continua que precisa el circuito. El Multisim permite realizar el esquema del circuito y a la vez probarlo en su simulador Fig 3.1. El material necesario para la fuente de alimentación es el siguiente:

Tabla A.1 Materiales Fuente de alimentación

Cod	Descripción
T1	Transformador reductor de 220 a 24 V 1A
D1, D2, D3, D4	Diodos 1N4007
U1	Circuito integrado LM7812
U2	Circuito integrado LM7912
U3	Circuito integrado LM7805
C1, C2	Capacitores electrolíticos de 2200 uF 35 V
C3, C4, C5	Capacitores cerámicos de 100 nF
R1, R2, R3	Resistencias de 1 k Ω \pm 5% ½ W

Esquemático de la fuente de alimentación

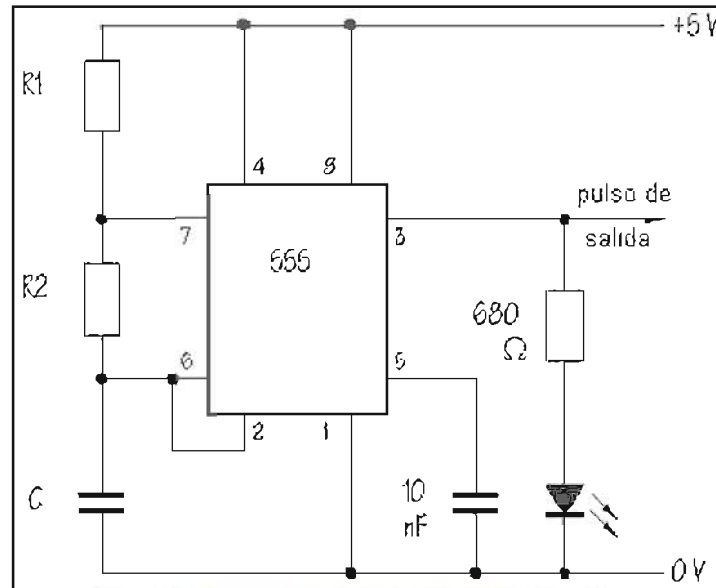


Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE B

CIRCUITOS OSCILADORES

El circuito genérico de un oscilador Astable es el siguiente:



Esta configuración es la que produce en su salida una secuencia de pulsos, un tren de pulsos, cuya frecuencia depende de los valores de las resistencias R1 y R2 y del condensador C.

Los valores para que el circuito oscile con una frecuencia de 1 Hz

$$R1 = 2.89 \text{ k}\Omega$$

$$R2 = 719.9 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

Los valores para que el circuito oscile con una frecuencia de 10 Hz

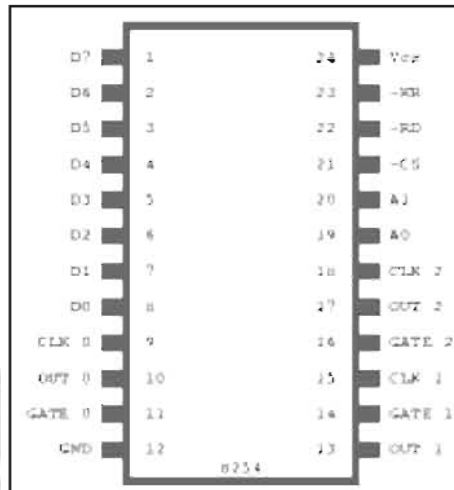
$$R1 = 290 \text{ }\Omega$$

$$R2 = 71.9 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1 \text{ }\mu\text{F}$$

APÉNDICE C

EL TEMPORIZADOR 8253/8254



El 8253/4 es un chip temporizador que puede ser empleado como reloj de tiempo real. La descripción de los pines del temporizador es la siguiente:

- D7..D0 : BUS de datos bidireccional de 3 estados.
- CLK 0 : CLOCK 0, entrada de reloj al contador 0.
- OUT 0 : Salida del contador 0.
- GATE 0 : Puerta de entrada al contador 0.
- CLK 1 : CLOCK 1, entrada de reloj al contador 1.
- OUT 1: Salida del contador 1.
- GATE 1: Puerta de entrada al contador 1.
- CLK 2: CLOCK 2, entrada de reloj al contador 2.
- OUT 2: Salida del contador 2.
- GATE 2: Puerta de entrada al contador 2.
- A0..A1: Líneas de dirección para seleccionar uno de los tres contadores o el registro de la palabra de control.
- CS: Habilita la comunicación con la CPU.
- WR: Permite al 8254 aceptar datos de la CPU.
- RD: Permite al 8254 enviar datos a la CPU.