

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



Instituto Costarricense de Electricidad

ICE

**“Sistema de Cronometraje Digital Automático para Eventos Deportivos
de Ciclismo de Velocidad”**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller
en Ingeniería Electrónica**

Rayner Calderón Jiménez

Cartago, Noviembre del 2001

ÍNDICE

<u>CAPITULO 1</u>	9
<u>INTRODUCCIÓN</u>	9
<u>1.1</u> <u>Descripción de la Empresa</u>	9
<u>1.2</u> <u>Definición del Problema y su Importancia</u>	11
<u>1.3</u> <u>Objetivos</u>	13
1.3.1 <u>Objetivo General</u>	13
1.3.2. <u>Objetivos específicos</u>	13
<u>CAPITULO 2</u>	15
<u>ANTECEDENTES</u>	15
<u>2.1</u> <u>Estudio del problema a resolver</u>	15
<u>2.2</u> <u>Requerimientos de la empresa</u>	20
<u>2.3</u> <u>Solución propuesta</u>	21
<u>CAPITULO 3</u>	25
<u>PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO</u>	25
<u>3.1</u> <u>Procedimiento metodológico</u>	25
<u>CAPITULO 4</u>	28
<u>DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO</u>	28
<u>4.1</u> <u>Descripción del hardware utilizado</u>	28
4.1.1 <u>Equipo e Instrumentación</u>	28
<u>CAPITULO 5</u>	36
<u>DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA</u>	36
<u>5.1</u> <u>Descripción del software del sistema</u>	36
<u>CAPITULO 6</u>	44
<u>RESULTADOS y ANÁLISIS</u>	44
<u>6.1</u> <u>Explicación del diseño</u>	44

<u>CAPITULO 7</u>	50
<u>CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES</u>	50
<u>7.1</u> <u>Conclusiones</u>	50
<u>7.2</u> <u>Recomendaciones</u>	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Velódromo de Bicicletas	11
Figura 2.1 Posibles formas de ubicar el dispositivo transductor en la bicicleta....	17
Figura 2.2 Disposición de las antenas de transmisión y recepción.....	17
Figura 2.3 Ejemplos de los sistemas disponibles en el mercado.....	18
Figura 2.4 Diagrama general para el sistema digital de medición de tiempos para ciclismo de velocidad.....	22
Figura 4.1 Especificaciones de la PC utilizada.	28
Figura 4.2 Precisión ofrecida por defecto por la PC, en la toma de muestras consecutivas.....	31
Figura 4.3 Conector de Puerto Paralelo DB-25.	32
Figura 4.4 Tarjeta de Adquisición de Datos.....	33
Figura 5.1 Entorno típico de C++ en la realización y ejecución de programas. ...	37
Figura 5.2 Diagrama de flujo general del cronómetro digital.....	38
Figura 5.3 Muestreo realizado entre Tics de reloj consecutivos para un valor de 4 muestras posibles.....	41
Figura 5.4 Diagrama de flujo general del cronómetro digital al introducir la nueva Interrupción que gobierne el Temporizador de la PC.	42
Figura A.1 Circuito Interface (PC – Sensores).....	55
Figura A.2 Circuito Transductor (Sensor) de Emisión Láser.....	56
Figura A.4.1 Diagrama de tiempos del control de flujo de datos del puerto paralelo.....	63
Figura A.4.2 Asignación de Terminales Compatible con Conector Centronics....	65

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla 5.1</u> Relación entre el valor cargado en los “Timers” de la PC y la cantidad de veces que se tiene que dividir, para ver un avance normal del cronómetro.....	40
--	----

Resumen

El desarrollo del siguiente trabajo, representa una solución a la búsqueda por parte de los personeros encargados del Velódromo Nacional de Bicicletas, para modernizar y automatizar la toma de los tiempos cronometrados en las distintas competencias. En este propósito, se involucra al Instituto Costarricense de Electricidad para que por medio del Laboratorio de Metrología, se encuentre una propuesta alternativa que ayude a la realización del objetivo planteado anteriormente.

Como parte de la solución preliminar, se involucró la utilización de los sistemas digitales como punto de partida. Valiéndose de los recursos que proporciona una PC y su capacidad de interacción con dispositivos periféricos.

Dentro de las facilidades que ofrece la computadora, está la de poder manipular los dispositivos que se encargan de los procesos de temporización interna de la PC, situación que hará de esta el instrumento encargado de cronometrar los tiempos de competencia; además de aprovechar el manejo de los procesos de comunicación con el medio exterior, mediante la utilización del puerto paralelo.

También se hace uso de circuitos de sensado encargados de determinar los cruces de las bicicletas por los distintos puntos de marcaje, por lo que se realizó una tarjeta de interconexión utilizada para comunicar y controlar las distintas señales de los circuitos de sensado con la PC. Tarjeta que involucró circuitos de protección para el puerto paralelo de la PC, debido a la susceptibilidad que este presenta a daños por cortocircuito o sobrevoltajes.

En la necesidad de implementar un sistema de alta precisión, se utilizaron los procedimientos de calibración de cronómetros del Laboratorio de Metrología para corregir el error o desviación introducido por la computadora en las mediciones.

Todas las propuestas involucradas en el desarrollo del proyecto, fueron encausadas en pro de obtener un sistema de alta calidad y precisión que se adapte a las necesidades de las distintas competencias realizadas en el velódromo, todo esto bajo la ayuda de las ventajas que ofrecen las tecnologías modernas.

Palabras claves: Laboratorio de Metrología; Temporización; Puerto paralelo; Circuitos de protección; Desviación; Automatización; Trazabilidad.

Summary

This work presents a solution for the automation of measurements of time for cycling competitions in the National Bicycles Velodrome and their traceability to the National Time and Frequency Standards of Instituto Costarricense de Electricidad.

It was decided to use PC based systems due to the resources available in these. These resources include manipulation of timing devices and communications with external circuitry via parallel port.

An external circuit was designed to control the sensors that detect the crossing of bicycles in several parts of the Velodrome track. This circuit also provides protection for the parallel port against short circuits and over voltages.

The correction in precision of the PC based clock implemented was checked against time standards of the Metrology Laboratory. The programming allows this correction to be included in the calculations in order to have a minimal error in the reported results.

The final prototype can handle improved timing precision compared with a normal PC and the different combinations of measurements according to different competitions.

Key words: Metrology; Timing; Parallel port; Protection circuits; Deviation; Automation; Traceability.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la Empresa

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) fue creado el 8 de Abril de 1949, bajo el Decreto de Ley No 449, denominado “Ley de Creación del Instituto Costarricense de Electricidad”, de la Junta Fundadora de la Segunda República. Su propósito inicial era resolver los problemas de suministro de energía eléctrica que afectaban al país, pues este servicio lo ofrecían empresas privadas sin ningún interés en desarrollarlo. Posteriormente en, 1963, se le asignaron los servicios de telecomunicaciones de acuerdo con la Ley No 3226.

En el sector de las Telecomunicaciones (ICETEL), se cuenta con el Centro Funcional 6693, ubicado en San Pedro. Dentro de éste edificio se ubica, mediante convenio celebrado entre el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas, que será el departamento encargado de guiar y asesorar el Proyecto de Graduación.

El Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas participa en el Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y mantiene una relación preferente de referencia con el National Institute Of Standards And Technologies (NIST) de los Estados Unidos de América.

Además, ofrece servicios al Grupo ICE (ICE, RACSA, CNFL) así como a otras empresas e instituciones, públicas y privadas, en el ámbito de su competencia y bajo estrictos parámetros de aseguramiento de la calidad.

Actualmente el departamento se encuentra dirigido por el Dr. Harold Sánchez, jefe y encargado de encausar la actividad, a la cual está destinada dicha dependencia.

A este Laboratorio, se le ha encomendado la custodia de los patrones metrológicos y la realización de las calibraciones y ensayos pertinentes para asegurar una difusión fiel y veraz de la Metrología en el país, en el ámbito que le compete.

Entre las actividades de esta dependencia, se pueden mencionar:

- Calibración de instrumentos y equipos de medición con trazabilidad NIST.
- Caracterización de instrumentos y equipos de medición.
- Asesoramiento en la caracterización metrológica de mediciones y en la selección de equipos de medición.

Para realizar estas labores el departamento cuenta con el equipo suficiente y adecuado: patrones metrológicos, computadoras, acceso a Internet, multímetros, osciloscopios y otros, los cuales sirven de ayuda para tal propósito.

1.2 Definición del Problema y su Importancia

A los personeros encargados del Velódromo Nacional de Bicicletas, ubicado en el Parque de la Paz, les surge la iniciativa de realizar de una forma más precisa y sencilla la toma de los tiempos cronometrados por los ciclistas en los distintos eventos deportivos que se llevan a cabo en estas instalaciones.

Durante los eventos los tiempos se toman a partir de la línea de salida hasta que se retorne al mismo punto, la toma del tiempo final dependerá de la modalidad de la competencia o eventos. Existe una competencia en donde el tiempo cronometrado que interesa es el que se mide a partir de un punto del velódromo llamado contrameta hasta la meta (figura 1.1), lo que involucra dos puntos distintos de sensado del paso de las bicicletas. Para eventos donde están involucrados más de un ciclista se considera únicamente el paso de la primer bicicleta en cruzar la meta.

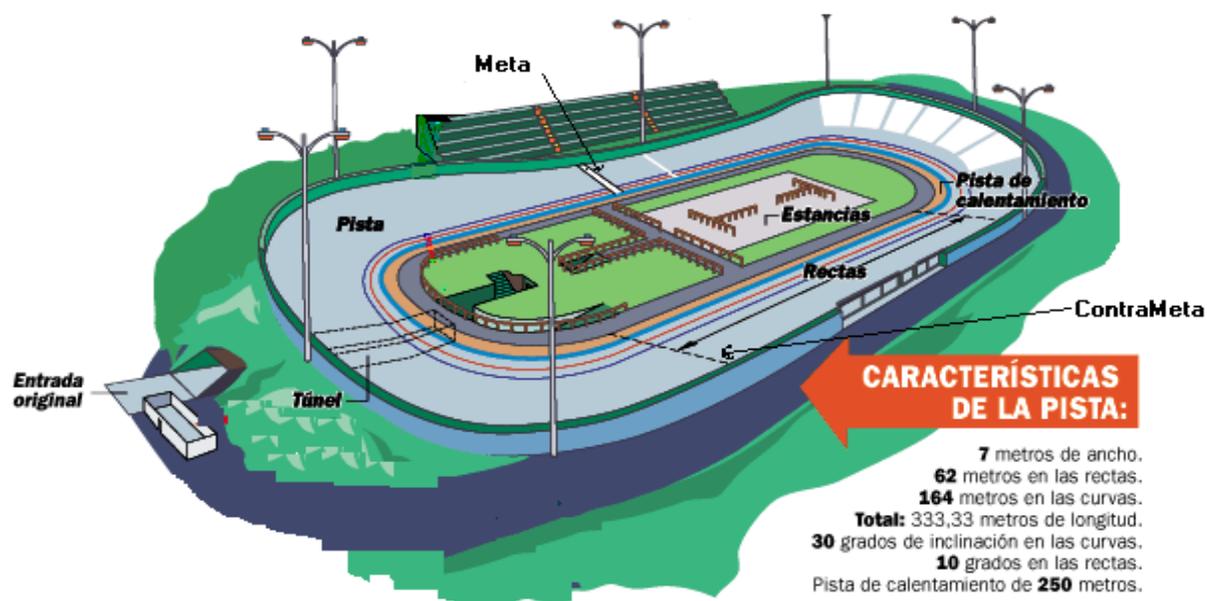


Figura 1.1 Velódromo de Bicicletas (Gráfico obtenido de Sección de Deportes, "La Nación").

Basados en estos requerimientos, se consideró por lo tanto, el uso de las tecnologías de los sistemas digitales para tal fin; esto, en pro de la reducción de los errores humanos involucrados en la toma de tiempos de dichas actividades, además de las facilidades de manejo y ampliación que ofrecen estos sistemas. Por tal motivo, se le propone al laboratorio de metrología del ICE (San Pedro) el desarrollo del proyecto.

Para la implementación de un sistema digital que se encargue de la toma de los tiempos obtenidos en los eventos, el ICE propone la utilización de sensores de emisor láser que detecten el paso de las ruedas delanteras de las bicicletas por los diferentes puntos de medición, dichos transductores serán monitoreados por medio de una computadora que se encargará de interpretar las señales y procesarlas de acuerdo a las expectativas de los distintos eventos.

A partir del desarrollo de este proyecto, se desencadena la idea de poder establecer de una forma coyuntural, la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales de las mediciones deportivas de tiempo obtenidas por medio de sistemas digitales que operen de forma automática en el país.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar e implementar, a nivel de prototipo, un sistema de cronometraje digital automático para eventos deportivos de ciclismo de velocidad.

1.3.2. Objetivos específicos

Para lograr el objetivo general de este proyecto es necesario llevar a cabo los siguientes objetivos específicos:

1. Describir las consideraciones necesarias para poder hacer uso del puerto paralelo de la PC que garanticen una aplicación segura y efectiva en procesos de comunicación.
2. Lograr la interconexión entre los sensores de emisor láser con la PC, mediante la realización de una tarjeta de adquisición de datos que los comunique.
3. Verificar la respuesta efectiva de los sensores de emisor láser, ante el cruce de algún objeto que simule la rueda de una bicicleta.
4. Implementar un software para que el sistema pueda efectuar el monitoreo de los sensores vía puerto paralelo desde una computadora.
5. Implementar un programa en bajo nivel, que permita desplegar todas las acciones necesarias en cuanto a manejo de las rutinas de reloj de la PC, consideraciones de frecuencia para mejora de la precisión del sistema y procedimientos para

cumplir con las especificaciones de cada evento deportivo realizado.

6. Sugerir los circuitos o dispositivos necesarios para la protección del sistema a los problemas introducidos por sobrevoltajes.
7. Realizar experimentos en el laboratorio (pruebas de fallos) para verificar el correcto comportamiento eléctrico del sistema ante eventuales pérdidas en las líneas de comunicación.
8. Realizar experimentos de laboratorio (pruebas de fallos) para verificar el correcto funcionamiento del software que controla el circuito de interconexión entre la PC con los sensores.
9. Corregir el error introducido por el reloj de la computadora utilizada en el sistema de cronometraje, basándose en los relojes atómicos de los estadounidenses accedidos desde el laboratorio de metrología del ICE, vía GPS.
10. Realizar pruebas simuladas del funcionamiento general del sistema.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES

2.1 *Estudio del problema a resolver*

La idea de lograr una forma de toma de mediciones de tiempos más eficiente en el velódromo, es una idea que data de este año como una inquietud del señor Felix Murillo, (encargado de las operaciones en el velódromo nacional), para actualizar y modernizar los sistemas de control de toma de medidas deportivas en el campo del ciclismo de velocidad en el país, mediante la aplicación de la electrónica en la búsqueda de este propósito.

Hoy en día, las mediciones en el Velódromo Nacional se toman de una forma manual, lo que se puede considerar artesanal. Esta aseveración se hace, debido a la cantidad de factores que influyen en la toma de una medición, y que a su vez la hacen poco fiable. Las mediciones son sometidas a múltiples fuentes de error, entre las que se encuentran, por ejemplo: la reacción del operario (estimada en 0,12 segundos), la arbitrariedad en la determinación del cruce por los distintos puntos de marcaje de competencia, el error de paralaje (toma de la medición observando un punto desplazado en un plano distinto, lo que implica distintos marcos de referencia) que genera la distancia de los 30 m en donde se inicia la cuenta (punto de referencia) para algunas competencias y el punto donde se toma el tiempo final (punto medido) cronometrado en las pruebas. Todos estos factores, más otros aportados también por los instrumentos de medición utilizados, como los errores debidos al ambiente originados por variaciones de temperatura que afectan los instrumentos, colaboran para la obtención de medidas imprecisas y poco fiables en la toma de tiempos de las distintas competencias realizadas en el velódromo.

En la actualidad la casa fabricante ChampionChip son líderes en el control de mediciones de tiempo para eventos deportivos a nivel mundial; esta empresa comenzó el desarrollo de éste tipo de tecnología desde el año 1993, iniciando bajo el cargo de la Organización Seven Hill Run en Nijmegen, que pertenece a los países bajos. Mas no fue sino hasta septiembre del año 1994, en la Maratón de Berlín cuando se introdujeron oficialmente. En el presente, se aplica a competencias deportivas como el maratón, Ironman Thriatlons, ciclismo y otro sin número de eventos deportivos, donde se ha comprobado el buen desempeño de este tipo de dispositivos.

Este tipo de tecnología está basado en sistemas de identificación por radio frecuencia (RFIS, de sus siglas en inglés), y es desarrollado por Texas Instruments, el cual además es utilizado en tarjetas para cerraduras de seguridad y en control de admisión de los edificios. El éxito de este tipo de tecnología se debe a la combinación de múltiples antenas sincronizadas, alta tecnología electrónica analógica y digital, y a un software dedicado para el manejo de toma de datos.

Para los eventos deportivos de ciclismo se cuenta con un dispositivo transductor pasivo (ver figura 2.1) que no reacciona hasta que el dispositivo se mueva dentro del campo magnético generado por una antena transmisora ubicada en una delgada alfombra de tartán; el dispositivo transmite un único código de identificación para cada competidor, que es recibido por otra antena dispuesta de la misma manera que la anterior (ver figura 2.2), el procedimiento completo toma aproximadamente 60 ms, y es repetido continuamente.



Figura 2.1 Posibles formas de ubicar el dispositivo transductor en la bicicleta.

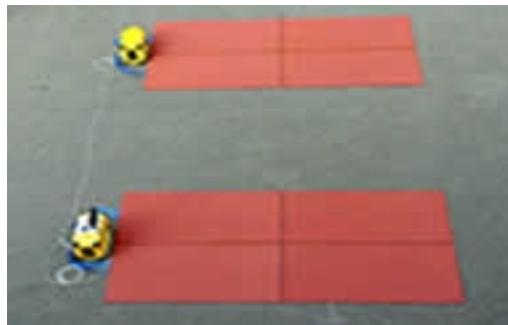


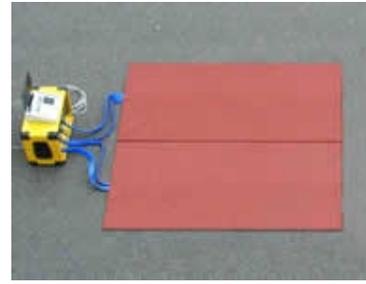
Figura 2.2 Disposición de las antenas de transmisión y recepción.

Se dispone en el mercado de dispositivos capaces de manejar cantidades de hasta 175000 atletas, y posee sistemas que manejan hasta 5000 atletas por segundo, con la utilización de un sistema conformado de 36 medidores.

La variedad en sus sistemas es bastante(ver figura 2.3) y poseen sistemas estandarizados de alto y bajo costo.



A



B

Figura 2.3 Ejemplos de los sistemas disponibles en el mercado.

A) Sistema estandar

B) Mini Sistema.

Los sistemas desarrollados presentan diferentes ventajas tales como:

- Los resultados se obtienen exactos y rápidamente.
- Trabaja con alta tecnología, y utiliza sistemas sencillos de marcaje de tiempo.
- El sistema puede aplicarse a múltiples propósitos en distintos eventos deportivos.
- Posee dispositivos de adquisición de datos portátiles.

Al reconocer la funcionalidad y versatilidad que ofrece la utilización de tecnologías modernas en el desarrollo de dispositivos de “timing” para eventos deportivos, se hace aún más interesante el lograr una propuesta alternativa que se adapte a la realidad nacional y que sea en la medida de lo posible implementada con los recursos que se poseen en el país; para llegar de ésta manera a una emulación que satisfaga consideraciones básicas como lo son: la alta calidad y precisión, además, de las facilidades de manejo que debe ofrecer todo sistema para llegar a ser competitivo en el mercado.

Con el desarrollo de un proyecto como éste, se busca además, la posible apertura de un mercado inexplorado a nivel centroamericano y parte de

Latinoamérica; en donde, con la obtención de un sistema que certifique confiabilidad, e involucre el uso de nuevas tecnologías, se ayudará a la cotización de los profesionales involucrados en el campo; provocando de esta manera beneficios de proyección para el país.

2.2 *Requerimientos de la empresa*

El ICE pretende generar una propuesta alternativa que se adapte a la realidad nacional y que sea en la medida de lo posible implementada con los recursos que se poseen en el país, para llegar de ésta manera a generar un prototipo que satisfaga las características de calidad, fiabilidad, precisión y facilidades de manejo, capaz de competir en un posible mercado futuro.

Partiendo de éstas premisas, el ICE sugiere desarrollar un sistema capaz de sensor el paso de las bicicletas con la ayuda de algún sensor óptico (se propone inicialmente un emisor láser) que esté interconectado con el puerto paralelo de la PC (esto por características de velocidad que ofrece el puerto) que detecte los distintos eventos que se producen, y que por medio de un programa desarrollado en bajo nivel (sugerido C++) se lleven mediciones de las diferentes modalidades de competencias desarrolladas en la actualidad en el velódromo; además, de tener la posibilidad de manejo estadístico de los distintos eventos realizados.

Dentro de las consideraciones propuestas se encuentra la necesidad de formular posibles circuitos de protección del sistema a desarrollar, para así evitar daños en los dispositivos involucrados en los procesos de detección y procesamiento de datos, de acuerdo a características desarrolladas en el apartado anterior.

2.3 Solución propuesta

Al llegar a la empresa, ésta tenía claramente definido el problema que motivó el proyecto, de igual forma ya se tenía planteada la idea básica de la solución, la cual consiste en un sistema digital de control que se encargue de interpretar las señales de detección del cruce de rueda delantera que generarán las bicicletas sobre los emisores láser dispuestos en los distintos puntos de control de cruce al sensar el suceso. Para esto se utilizará una PC que, por medio del puerto paralelo (debido a su característica de velocidad), se conectará con los distintos sensores e interpretará la información recibida para generar las notificaciones, por medio de la aplicación de un “software” de bajo nivel que se encargue del manejo del puerto, así como del procesamiento de la información mediante un lenguaje de alto nivel.

Para el manejo de los temporizadores que se encargarán de simular el cronómetro, se utilizarán rutinas realizadas en el lenguaje C++, y de esta forma controlar la interrupción que gobierna los temporizadores internos de la PC. De esta manera, el cronómetro realizado será ajustado, para poder obtener una precisión mayor a la ofrecida por la computadora.

A continuación se hace una descripción detallada preliminar de los requerimientos del sistema:

- Programa con facilidades de manejo (amigable para el de usuario), con el fin de tener un manejo estadístico de los distintos eventos deportivos efectuados en el velódromo.
- Sensores de emisor láser.
- Comunicación con los sensores de emisor láser vía puerto paralelo de la PC (garantiza más velocidad).

- Capacidad de alimentar todos los dispositivos involucrados con una única fuente de alimentación (de ser posible).
- Poseer circuitos de protección de fuente y puerto paralelo ante eventual daño ocasionado por sobrevoltajes en la red o producto de inducciones generadas por las torres de iluminación del velódromo, u otros factores.
- Utilización de las técnicas de reducción de pérdidas en la línea para garantizar una comunicación efectiva entre el transductor más lejano y la PC.

A continuación se muestra un diagrama general que pretende indicar la forma de la solución proyectada.

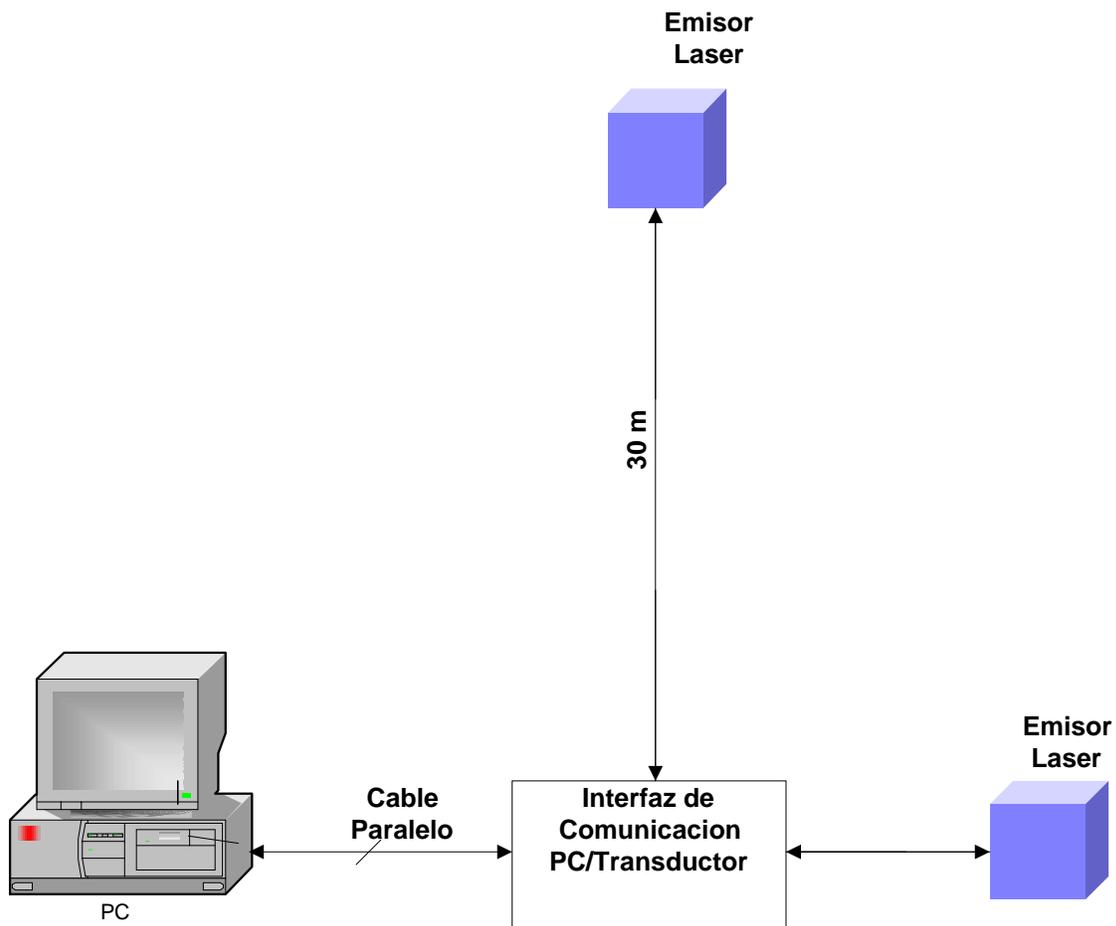


Figura 2.4 Diagrama general para el sistema digital de medición de tiempos para ciclismo de velocidad.

Algunos de los conceptos involucrados en el desarrollo del proyecto, están totalmente relacionados entre sí, por lo que será necesario definirlos previamente para comprender algunos de los objetivos que motivaron parte del mismo. A continuación se definen algunos de ellos:

Trazabilidad de una medida:

Propiedad del resultado de una medición o el valor de un patrón, por el cual puede ser relacionado con los patrones de referencia, usualmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, teniendo establecidas las incertidumbres.

Calibración:

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por el instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores reportados en los patrones.

Error de medida:

Se conoce como error de medida, a la desviación entre la indicación dada por los instrumentos de medición y la verdadera magnitud de lo que se mide.

Una vez conocidos estos conceptos, y relacionándolos con el proyecto, resulta imperativo el resolver de una forma metódica los inconvenientes que de forma anticipada se destacan, a la luz de las consideraciones existentes en la determinación de medidas fiables. Para esto, se deberá considerar el error introducido por el reloj de la computadora utilizada para medir los tiempos en el sistema de cronometraje, error que será corregido por el programa, mediante un factor de ajuste de la desviación del “reloj de tiempo real” de la PC, medido con los procedimientos de calibración de cronómetros del Laboratorio Metrológico.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende, además, establecer la trazabilidad de las mediciones deportivas de tiempo automatizadas en el país.

CAPITULO 3

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Procedimiento metodológico

Para llevar a cabo los objetivos específicos propuestos es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Describir el funcionamiento del emisor láser, será necesario entrevistarse con personeros de la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica relacionadas con este tipo de dispositivo, entidad que prestará el equipo al ICE para la elaboración del proyecto; además de estudiar los manuales respectivos de operación, para poder interpretar el comportamiento de estos emisores, y también poder manejar las señales de control respectivas.
2. Describir las consideraciones necesarias para poder hacer uso del puerto paralelo de la PC que garanticen una aplicación segura y efectiva en procesos de comunicación. Se necesito investigar en manuales de hardware y software que se encuentran en el laboratorio de metrología del ICE, así como la ayuda que facilita el acceso a Internet, lo relacionado a puertos de entrada/salida en específico del puerto paralelo.
3. Interconectar la PC con los sensores dispuestos. Será necesario utilizar una tarjeta (protoboard) que conecte todas las señales de control necesarias para el chequeo de estos, así como desarrollar técnicas de protección para el puerto paralelo que garanticen un manejo seguro de los recursos utilizados. Se pretrende utilizar acopladores ópticos.
4. Montar el circuito anterior, para someterlo a pruebas de funcionamiento y rendimiento.

5. Verificar los tiempos de respuesta de los sensores. Ante posibles velocidades alcanzadas de hasta aproximadamente 60 K/h (según se han alcanzado), será necesario realizar pruebas de reacción de estos en el velódromo, esto por la eventual necesidad de hardware o software extra para poder captar el paso de la llanta de la bicicleta en algunos trayectos de los eventos deportivos.
6. Desarrollar un software capaz de manipular el puerto paralelo y que responda a las necesidades de monitoreo del proyecto. Esto debido, a que el comportamiento o respuesta del puerto paralelo ante diferentes valores lógicos, es distinto de una computadora a otra. Lo anterior se trabajó en el lenguaje de programación C++, y se lograron obtener los procedimientos necesarios para la obtención de este objetivo; además, se desarrolló un programa capaz de estar actualizando la hora efectiva de avance corregida mediante la introducción de una interrupción generada para reducir el intervalo de cuenta de los Timers de la PC y así aumentar la precisión de la PC, tanto como de poder sensar la ocurrencia de un evento vía puerto paralelo.
7. Implementar un software en bajo nivel que realice todo el manejo pertinente de cada uno de los procesos; manejo de las interrupciones del reloj interno de la PC, manejo de puerto paralelo, procesamiento de la información. Todo esto dentro de un contexto visual para trabajar en el ambiente Windows que sea vinculado a los eventos deportivos que corresponden, será necesario estudiar el lenguaje de programación recomendado C++ para concatenarlo con algún lenguaje con mejor presentación visual.
8. Sugerir circuitos de protección de sobre voltajes. Será necesario estudiar las posibles causas de ocurrencia e indicar las soluciones más factibles ante eventualidades de ese tipo.

9. Realizar experimentos en el velódromo (pruebas de fallos) para verificar el correcto comportamiento eléctrico del sistema ante eventuales pérdidas en las líneas de comunicación. Será necesario contar con equipo de medición con respuesta a altas frecuencias (Osciloscopio) para aplicarlos a las líneas de transmisión utilizadas.
10. Realizar experimentos en el laboratorio (pruebas de fallos) para verificar el programa de software que se encarga del control de la tarjeta que interconecta la PC con los sensores. Será necesario realizar pruebas en el laboratorio que simulen el desarrollo de una de las competencias, para así comprobar el correcto funcionamiento eléctrico de la circuitería, tanto como, de una secuencia lógica en la ejecución del programa en relación con la competencia simulada.
11. Medir el error introducido a las mediciones por el reloj de la computadora. Será necesario hacer una simulación para que el personal del laboratorio realice la determinación de dicho error según procedimientos de calibración de cronómetros.
12. Corregir el error introducido por el reloj de la computadora, para simular el funcionamiento del sistema en forma completa, minimizando los errores de medición.

CAPITULO 4

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

4.1 Descripción del hardware utilizado

4.1.1 Equipo e Instrumentación

- PC:

Para el desarrollo del proyecto fue utilizada una computadora con las siguientes características:

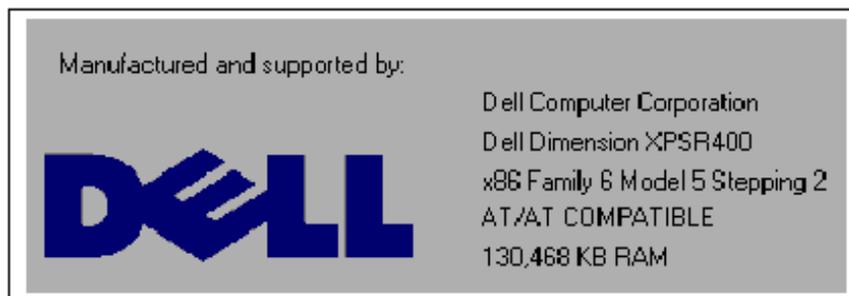


Figura 4.1 Especificaciones de la PC utilizada.

Las consideraciones mínimas requeridas consisten en el que la PC tenga capacidad de manejo de puerto paralelo DB-25, soportado bajo el lenguaje de programación C++.

- **Timer de la PC: ("CHIP" interno relacionado, 8253)**

Otro de los aspectos importantes a considerar en los dispositivos de hardware con que se trabajó es el relacionado con las rutinas que se encargan de manipular los "timers" internos de la PC, mediante la introducción de una interrupción por software que sustituya la interrupción original utilizada por la CPU en sus procesos de "timing" internos. Se incluye dentro de los dispositivos debido a que uno de los aspectos fundamentales del proyecto es el de lograr mayor

resolución a la ofrecida por la PC. Por ejemplo, para un sistema basado en los microprocesadores de Intel, la interrupción que se modifica se conoce en la tabla de interrupciones como la *INT8*, que es la interrupción del Timer del sistema, interrupción con la que se le dará mayor resolución al cronómetro de la PC. Para esto se deben tener en cuenta varias consideraciones previas.

Una PC al igual que otros tipos de computadoras, poseen un *circuito controlador de interrupciones*, denominado **PIC**, que se encarga de estar chequeando continuamente las líneas de solicitud de interrupción (**IRQ**) que puedan ocurrir mientras se dedica a la realización de distintas tareas. La PC puede atender comúnmente una totalidad de 15 interrupciones donde se encuentra la siguiente asignación de acuerdo al IRQ solicitante:

- 00 Cronómetro de Sistema.
- 01 Teclado 101/102 teclas estándar o Microsoft Natural Keyboard.
- 02 Controlador Programable de Interrupciones.
- 03 Puerto de Comunicaciones (COM2).
- 04 Puerto de Comunicaciones (COM1).
- 05 SB16 Audio Device.
- 06 Controlador estándar de disquetes.
- 07 Puerto de Impresora (LPT1).
- 08 Sistema CMOS/reloj en tiempo real.
- 09 External Midi (Mpu401) Device.
- 10 Windows Sound System (WSS) Device.
- 11 Intel 82371AB PCI to USB Universal Host Controllers.
- 11 Marcador IRQ para manejo de PCI.
- 13 Procesador de datos numéricos.
- 14 Intel 82371AB Bus Master IDE Controller.
- 14 Controlador Primario IDE (FIFO única).
- 15 Intel 82371AB PCI Bus Master IDE Controller.
- 15 Controlador Secundario IDE (FIFO única).

Las funciones de “timing” externo son realizados en la computadora por medio del dispositivo conocido como Programmable Interval Timers (PIT(8253)), que se encarga de dichas funciones mediante programación. Este se encuentra conformado por tres contadores conocidos como “counter 0”, “counter 1” y “counter 2”; encargados de llevar, el “Reloj de Tiempo Real”, el control de los tiempos del refrescamiento de la memoria RAM (en conjunto con el “chip” 8237 (Controlador Programable de Acceso Directo a Memoria DMA)), y la generación de tonos en el “speaker” de la PC, junto con el “chip” 8255 (Programmable Peripheral Interface) como contador en los procesos de manejo de unidades de disco flexible, respectivamente.

La PC cuenta con una resolución, por defecto, de $55ms$; es decir un refrescamiento de tiempo de 18.2 veces por segundo, de acuerdo a las posibilidades del generador de reloj que alimenta los “timers”. A cada cuenta del timer se le conoce como TIC de reloj, por lo tanto, si se tomaran muestras entre cada TIC de reloj consecutivos estas se diferenciarían entre sí en $55ms$ (ver gráfica 4.2).

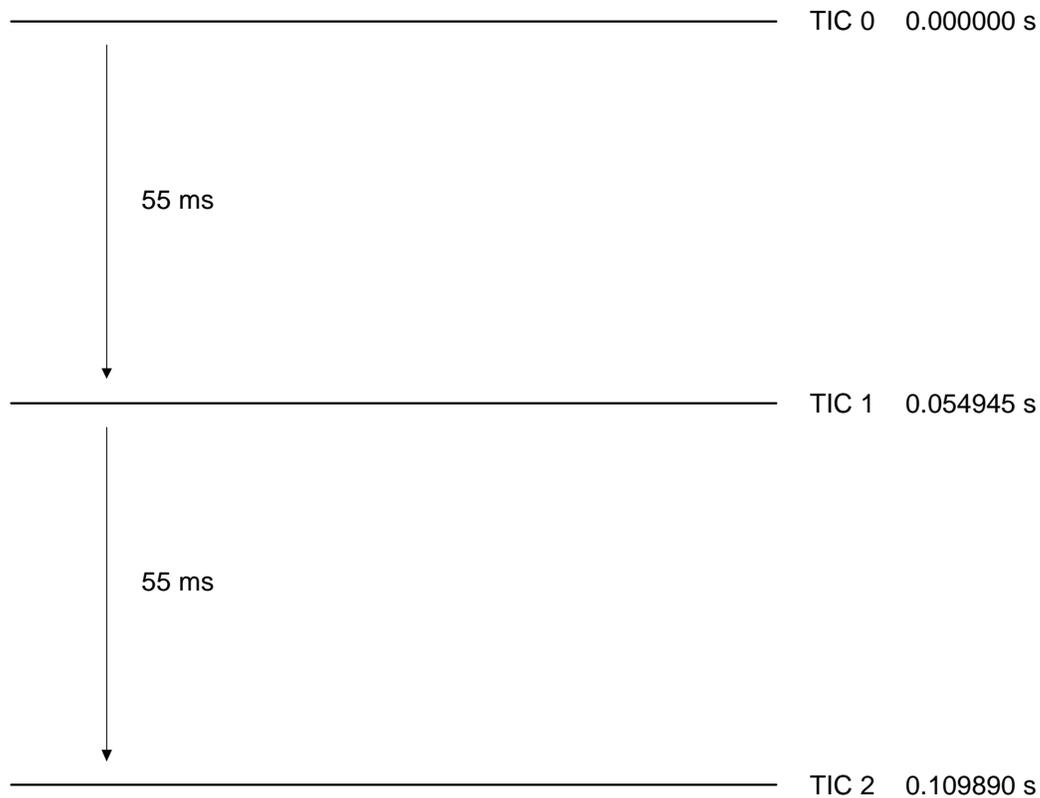


Figura 4.2 Precisión ofrecida por defecto por la PC, en la toma de muestras consecutivas.

- **Cable paralelo:**

Los interfaces paralelos de la mayoría de las computadoras PC compatibles son casi idénticos, se tomará como ejemplo el que se encuentra las tarjetas de puerto paralelo; los conectores pueden variar aunque todas las líneas de señal son las mismas.

La mayoría de los puertos paralelos de las computadoras IBM-compatibles poseen un conector DB-25. El conector es normalmente hembra (tiene orificios en lugar de terminales) para distinguirlo de los conectores serie que son habitualmente machos y que puede tener también la computadora.

La función de cada terminal del conector DB-25 se muestra en la figura 4.3. Las señales que ocupan esas terminales se pueden dividir en cuatro grupos básicos: tierras, salidas de datos, y entradas de diálogo. En la figura, las tierras se indican con círculos, las entradas de diálogo se indican con flechas que apuntan al conector y las salidas tienen flechas que apuntan hacia afuera del conector. Para más información sobre el puerto ver Apéndices.

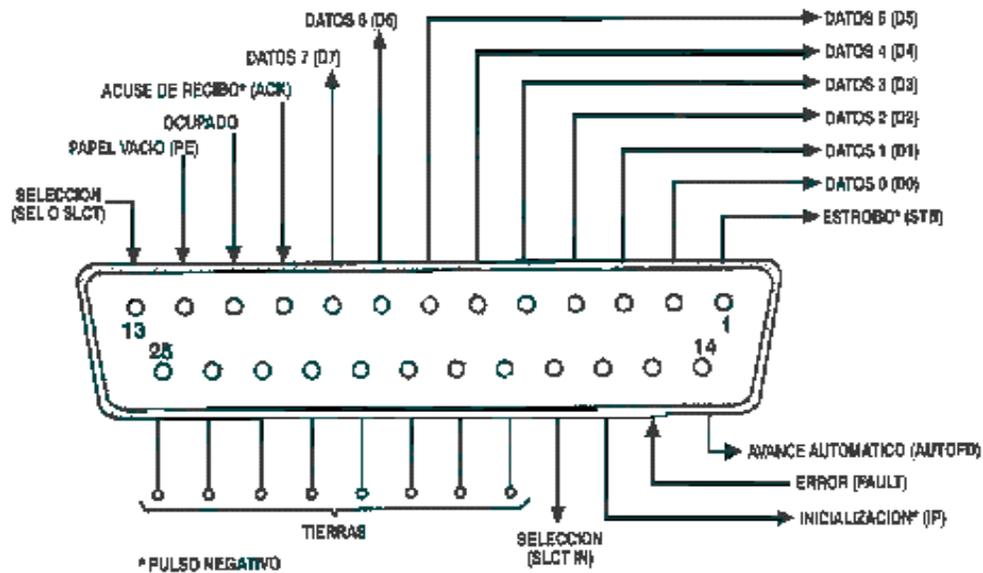


Figura 4.3 Conector de Puerto Paralelo DB-25.

Es importante considerar que si bien es cierto este tipo de interfaces mantienen sus características, de una computadora a otra; no sucede así con las diferentes tecnologías encargadas del manejo del puerto, por lo que no se puede garantizar que la repuesta del sistema implementado, será igual si se utilizan diferentes computadoras.

- **Interface PC – Sensores (Tarjeta de Adquisición de Datos):**

Esta tarjeta consiste en un módulo (ver figura 4.4) que interconecta el puerto paralelo de la computadora con los distintos sensores de emisor láser dispuestos para detectar el cruce de las bicicletas.

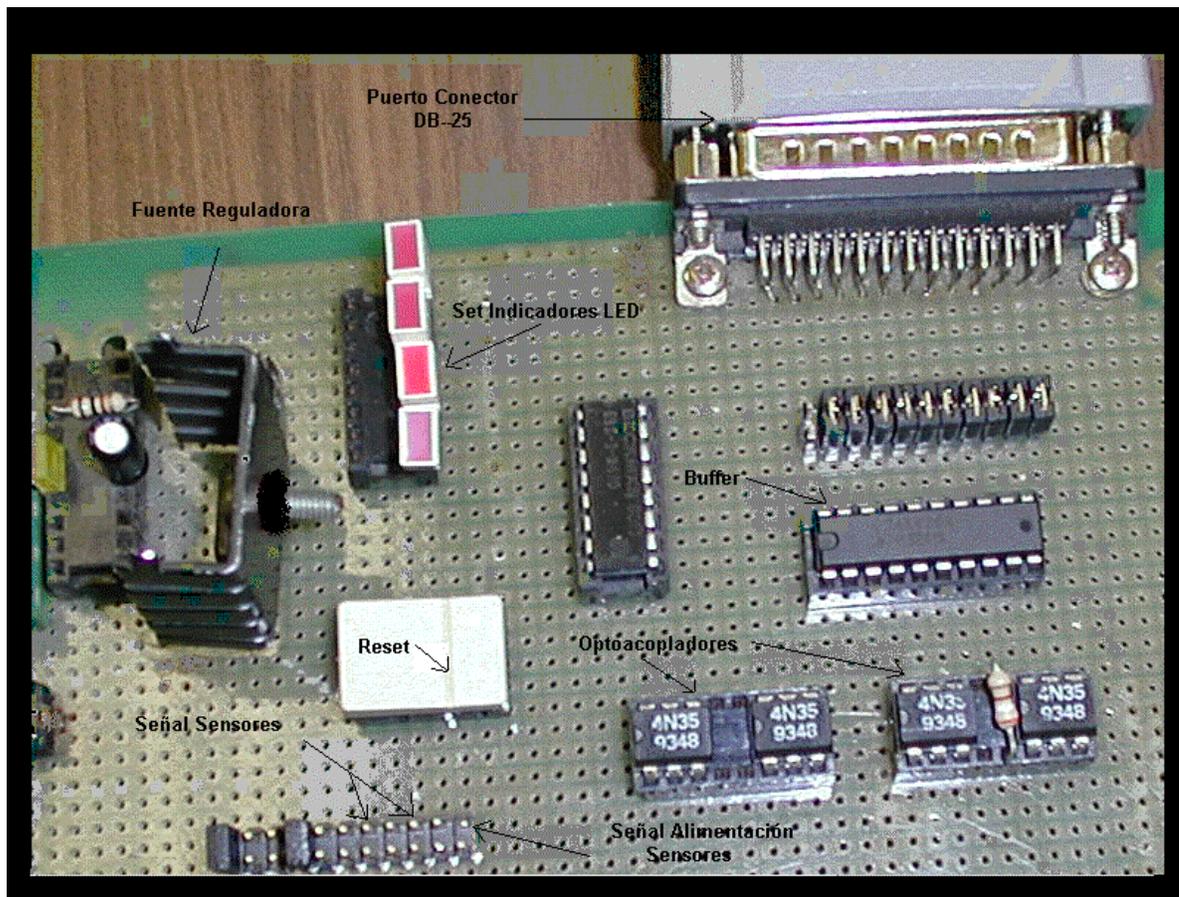


Figura 4.4 Tarjeta de Adquisición de Datos.

La tarjeta de interconexión representa el medio mediante el cual la PC logra la adquisición de datos. Esta se encuentra conformada por un circuito limitador de voltaje (ver apéndice A.1), que como su nombre lo indica, limita la fuente de alimentación que se conecte a la tarjeta, a un voltaje de 5v, ya que los circuitos que la conforman son de tecnología TTL, esto para que sea compatible con el

buffer del puerto paralelo de la computadora. Dentro de los circuitos que conforman la tarjeta de adquisición de datos, es el buffer (ver anexo B.1) que se utiliza como seccionador o como elemento de selección de sensor; además, se aprovechan sus características de respuesta al ruido y de reestablecimiento de señal.

El circuito opera de la siguiente manera:

- La señal que emite el circuito de sensado (ver Apendice A.2) del emisor láser se encontrará enclavada en un valor de “1” lógico, debido a que se supone que el emisor láser se encontrará activo e incidiendo sobre el sensor (fotodiodo), haciendo que este se encuentre en estado de conducción.
Nota : En el momento en que se produce el cruce de una bicicleta por el rayo emitido, se producirá un cambio en el valor lógico. Esto sucede para ambos sensores.
- El Buffer seleccionador de sensor (sensor1 ó sensor2), recibe las señales provenientes de los distintos sensores de emisor láser, y las deja pasar a los circuitos optoacopladores. Estas señales de control del buffer provienen del puerto, y son controladas por el programa de acuerdo a las distintas competencias.
- Los circuitos optoacopladores reciben la señal proveniente del buffer. Estos se encargan de dar protección al puerto, ya que representan el enlace eléctrico entre la PC y los demás circuitos.
- Una vez puesto el dato en el buffer del registro de entrada del puerto, se decodifica y se interpreta para efectuar el despliegue en pantalla de acuerdo a las características de la competencia que se esté realizando.

CAPITULO 5

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

5.1 Descripción del software del sistema

La implementación del software del sistema se ha efectuado bajo el lenguaje de programación C++ , desarrollado por Stroustrup (St86) en los Laboratorios Bell. Este lenguaje alude a una programación orientada a objetos; es decir, que echa mano a componentes de software reutilizables que modelan elementos del mundo real. El lenguaje trabaja bajo un entorno típico de desarrollo, ejecutado a través de seis fases claramente marcadas (ver figura 5.1).

Suponiéndose que se ha editado un programa se procede a dar el comando *compilar* el programa; el compilador traduce el programa C++ a código de lenguaje de máquina (también conocido como código objeto), luego un programa *preprocesador* se ejecuta de forma automática antes de la fase de traducción, éste preprocesador obedece a comandos especiales llamados directrices o directivas de preprocesador, que indican que antes de su compilación se deben ejecutar ciertas manipulaciones sobre el programa. Estas manipulaciones por lo general consisten en la inclusión de otros archivos en el archivo a compilar y en el remplazo de símbolos especiales con texto de programa. El preprocesador es invocado de manera automática por el compilador, antes que el programa sea convertido a lenguaje de máquina. La cuarta fase se conoce como enlace; los programas en C++ por lo general contienen referencias a funciones definidas en algún otro lugar como en bibliotecas estándar o en bibliotecas creadas para un proyecto en particular. Entonces, el código objeto producido por el compilador, contendrá zonas vacías debido a estas partes faltantes. Un *Enlazador* vinculará el código objeto con el código de las funciones faltantes para producir una imagen ejecutable. La quinta fase se llama cargar; antes de que un programa pueda ser ejecutado, el mismo debe ser colocado en memoria, esto se lleva a cabo por el

cargador, que toma la imagen ejecutable del disco y la transfiere a memoria. Por último, la computadora bajo el control de su CPU ejecuta el programa.

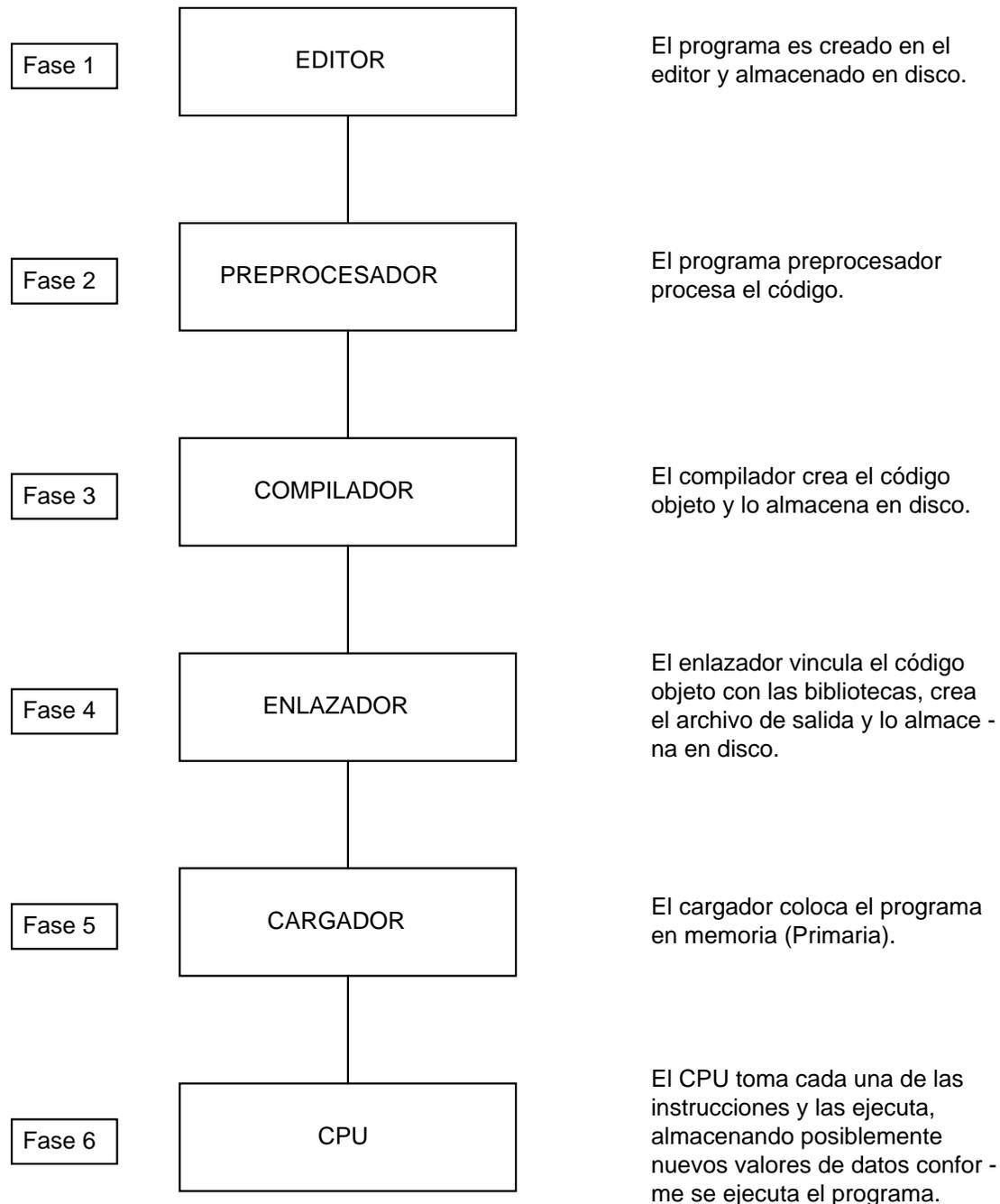


Figura 5.1 Entorno típico de C++ en la realización y ejecución de programas.

En proyectos anteriores del Departamento de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones del ICE se usó C++, dando muy buenos resultados en aplicaciones de controles en tiempo real, por la alta velocidad de ejecución del código final.

Para la obtención de los objetivos propuestos se desarrollaron varios programas. Se desarrolló un programa en donde se implementa un cronómetro basado en los timers internos de la PC (8253), en donde se presenta en pantalla el avance de dichos contadores. En primera instancia el cronómetro fue operado mediante entradas de teclado que simulaban los posibles eventos propios de un cronómetro digital, sin realizar alteraciones en los timers de la PC, es decir, utilizando la resolución de 55ms ofrecida por defecto. A continuación se presenta un diagrama de flujo general (ver figura 5.2) de cómo se atacó esta tarea.

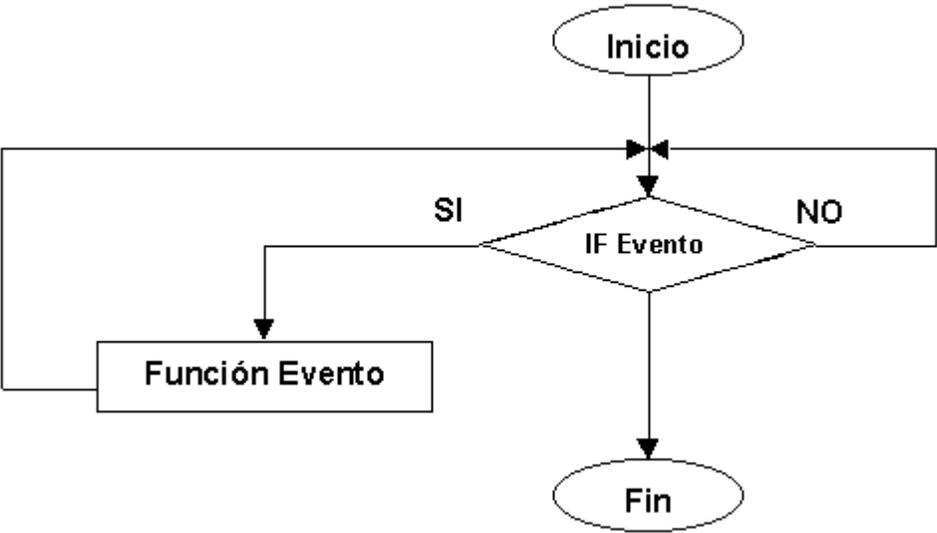


Figura 5.2 Diagrama de flujo general del cronómetro digital.

Una vez efectuados los procedimientos que hacen operar de forma eficiente las posibles acciones que conciernen a un cronómetro, se introduce la interrupción que sustituirá a la interrupción original que controla los procesos de “timing” de la PC, esto con el efecto de buscar una mayor resolución en la toma de tiempos entre cada evento suscitado (ver figura 5.3).

Las consideraciones de software en cuanto a la programación del PIT, son las siguientes:

1. Cargar el Registro de Control de Modo.
2. Escribir el valor de cuenta.
3. Si el contador 0 es modificado, se debe guardar el valor original de la INT 8 para que este sea llamado (actualización o refrescamiento) cada 18.2 veces por segundo. Cuando el manejador de la INT 8 no es llamado, no se debe enviar el fin de interrupción (EOI) al PIC (8259), hasta que se refresque el manejador original de la INT 8.

Este procedimiento se realiza en el programa cuando se carga la nueva interrupción (ver apéndice A.2, procedimientos más relevantes).

Dentro de las consideraciones es necesario tener en cuenta la relación que se establece entre el valor con que se carga el Timer (indica el valor hasta donde llegará de la nueva cuenta; por ejemplo desde 00H hasta FFH, cuenta que equivale a la cuenta normal) y la cantidad de veces que se tiene que dividir este valor, para obtener un avance de tiempo normal del cronómetro (ver tabla 1), en el programa este valor es cargado en la variable denominada ***alternatics***.

Tabla 5.1 Relación entre el valor cargado en los “Timers” de la PC y la cantidad de veces que se tiene que dividir, para ver un avance normal del cronómetro.

<p>Valor Cuenta (máximo)</p>	<p>Valor entre el que se “divide” (alternatics)</p> <p>Indica la cantidad de veces que se ha aumentado la velocidad del Timer</p>
<p>FF H</p>	<p>0</p>
<p>80 H</p>	<p>2</p>
<p>40 H</p>	<p>4</p>
<p>20 H</p>	<p>8</p>
<p>10 H</p>	<p>16</p>
<p>08 H</p>	<p>32</p>
<p>04 H</p>	<p>64</p>
<p>02 H</p>	<p>128</p>
<p>01 H</p>	<p>256</p>

Dentro del control de flujo de programa, la variable alternatics se decrementa cada vez que se chequea la interrupción cargada, por lo tanto el valor de la cuenta se está actualizando cada vez que alternatics es igual a 0. Esto sirve para aclarar una posible inconsistencia al analizar la tabla anterior, ya que el resultado de división por cero sería impropio, pues interrumpiría el flujo de programa.

Al introducir la variable de muestreo dentro de la interrupción se logra tener un acceso más preciso al valor efectivo del tiempo transcurrido entre dos TICS consecutivos del Timer (aumento de la precisión de la PC). Para comprender mejor esto, se supondrá que el Timer ha sido cargado con un valor de 40H, es

decir se ha cuadruplicado la velocidad o dividido la cuenta normal que realiza la PC entre 4. La cantidad de veces en que se ha aumentado la velocidad o dividido la cuenta, equivale a la cantidad de muestras posibles que se pueden tomar entre cada Tic del reloj. Con la posibilidad de tener este acceso, la hora efectiva de la cuenta será ahora el valor del TIC original de la PC más el valor que tenga la muestra en el momento en que se produzca el evento de cruce de rueda de la bicicleta, esto se denota gráficamente en la figura 8.



Figura 5.3 Muestreo realizado entre Tics de reloj consecutivos para un valor de 4 muestras posibles.

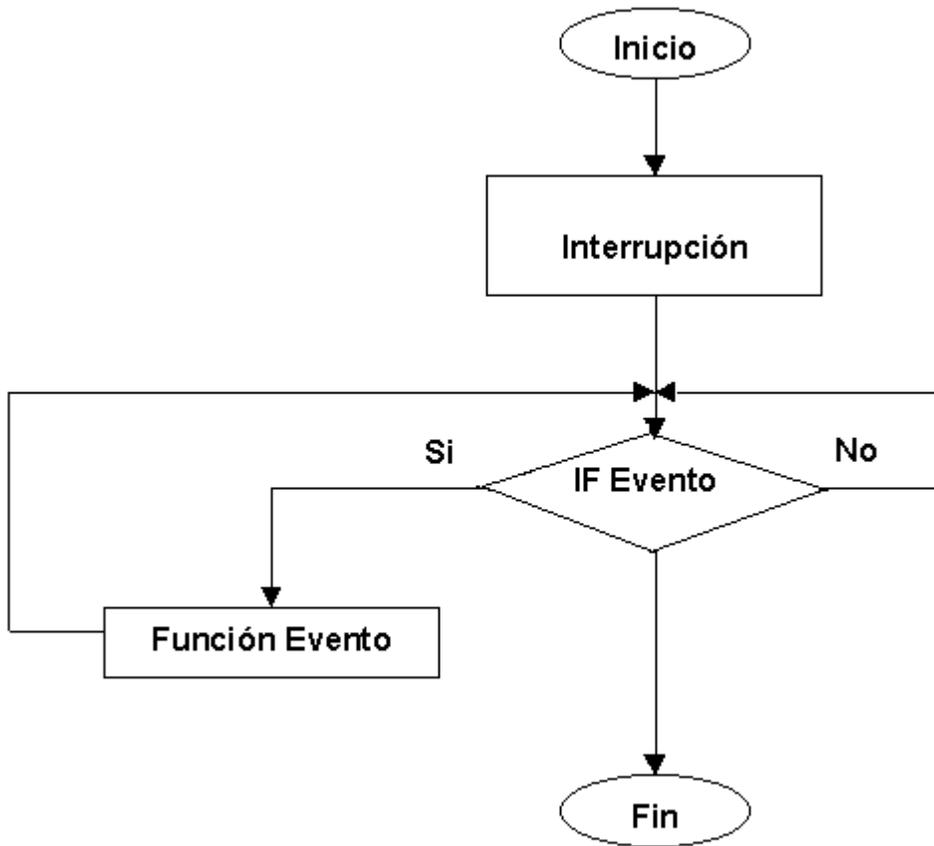


Figura 5.4 Diagrama de flujo general del cronómetro digital al introducir la nueva Interrupción que gobierne el Temporizador de la PC.

El diagrama anterior demuestra a grosso modo la introducción de la interrupción al programa, interrupción en la cual se estará actualizando el valor corregido de la hora efectiva de avance del cronómetro continuamente, según se vayan produciendo los diferentes eventos, estos son chequeados por medio de la definición de banderas de control de flujo de programa.

Para garantizar el efectivo funcionamiento del sistema, se realizó un procedimiento en el cual se efectúa un “auto-test”, donde se verifica la respuesta de la tarjeta que interconecta la PC con los sensores de emisor láser: fuente de alimentación de la tarjeta de interconexión PC – Sensores, alimentación de los

sensores dispuestos en los distintos puntos de marcaje y su respectiva respuesta esperada.

En cuanto a el manejo estadístico de las distintas competencias, se realizó un programa en Visual Basic (Administrador.exe) que se encarga de actualizar la base de datos (ver apéndice A.4, forma de instalación y reconocimiento de la base de datos). El programa toma el archivo que se generó (Record.txt) en "Score.exe" (nombre del archivo ejecutable que hace posible el cronometraje de los eventos), y se encarga de decodificarlo.

La decodificación sucede de la forma siguiente, con los códigos leídos por orden de aparición en la forma convencional:

1. Código del evento realizado.
2. Tiempo cronometrado en el evento.
3. Velocidad desarrollada en el evento.
4. Código del competidor ganador del evento.

Una vez que el programa capturó la información del archivo, vincula esta información con los campos respectivos de la base de datos, según la decodificación establecida previamente.

Dentro de las posibilidades de manejo de la base de datos se encuentran:

- Introducir resultados recientes.
- Consulta de resultados de competencias anteriores.
- Asignación de código a cada competidor.
- Corrección y borrado de datos.

La actualización de la base de datos se debe realizar inmediatamente después de que se realizó el evento.

CAPITULO 6

RESULTADOS y ANÁLISIS

6.1 Explicación del diseño

Para desarrollar el cronómetro se determinó la mejor forma de tomar el valor de los temporizadores internos de la PC, para introducirlos dentro de algún tipo de variable que fuera posible visualizar en pantalla y determinar gráficamente la resolución del dispositivo. El lenguaje de programación C++ brinda una función de acceso a estos “timers” mediante la utilización de una estructura de tiempo, en donde se pueden definir variables que son ligadas a la estructura y permiten la captura del avance de estos.

Una vez que se pudo visualizar la cuenta común de un cronómetro, capturando el momento en que se genera el inicio de avance (variable *Inicio*) y la captura continua del tiempo actual del temporizador (variable *Cronos*) según se definió en la estructura, se permite mediante la diferencia (Cronos-Inicio) visualizar lo buscado, se procedió a realizar todos los procedimientos que componen las funciones de un cronómetro digital, mediante un despliegue de análisis de tiempos.

El cronómetro preliminar fue gobernado por medio del teclado, pero de acuerdo a los objetivos que se buscaban, éste se gobierna vía puerto paralelo. Para lograr esto se realizó todo un análisis previo de las características del puerto.

Se realizó un procedimiento en un programa aparte (Puerto.cpp), mediante el cual se puede indicar el estado del puerto, para así poder determinar cuál estado representará, por ejemplo, un avance o un pare, enfocándolo hacia la suposición de cómo actuarán los emisores láser que se utilicen (codificación del estado del puerto).

El chequeo constante del puerto se logra introduciendo la instrucción que verifica el estado del puerto, disponible por el lenguaje utilizado, dentro de la interrupción que gobernará la actualización del tiempo de competencia transcurrido, esto garantiza la forma más fiel de determinar la ocurrencia de algún evento en el instante en que se produzca.

La corrección de la cuenta se produce dentro de la interrupción, y ésta se maneja dentro de la variable **error**, dicha corrección equivale a:

$$\mathbf{error = (\#muestras - alternatics) / \#muestras} \quad \mathbf{(1)}$$

por lo tanto, el valor de la cuenta efectiva será:

$$\mathbf{T_{efectivo} = (Cronos - Inicio) + error} \quad \mathbf{(2)}$$

El sistema de cronometraje desarrollado, logra obtener un número de 256 muestras entre la cuenta de dos TICs de reloj consecutivos, lo que implica que se alcanzó una precisión de aproximadamente:

$$\mathbf{precisión\ de\ la\ PC = 1 / (18.2 \times 256) = 0.000214\ s} \quad \mathbf{(3)}$$

es decir, de 0.2 ms, lo que implica un aumento bastante significativo en comparación con la precisión ofrecida por la PC de 55 ms = 1/(18.2 veces por segundo). El despliegue del tiempo efectivo de competencia en pantalla corresponde a la división de $T_{efectivo} / CLK_TCK$, en donde el valor CLK_TCK corresponde a el valor de una constante definida en un macro del lenguaje de programación C++ perteneciente a la librería Time.h, equivalente a 18.2 o la cantidad de TICs por segundo, esto para ver el avance en formato de medida de tiempo normal.

Para determinar el error introducido por la computadora utilizada en el sistema de cronometraje, se utilizaron los procedimientos de calibración de cronómetros desarrollados en el Laboratorio Metrológico, los que consisten en realizar comparaciones del sistema en calibración con un patrón primario (relojes atómicos de los estadounidenses), la desviación existente entre este patrón y la PC, representa el error introducido por la computadora a cada medición (en la PC utilizada fue de 0.000228 segundos de más). Este valor se debe restar a cada medición final, para corregir la desviación del “instrumento”. Entre mayor sea el periodo de comparación, más exacto será el valor de la desviación obtenida.

Una vez obtenido el aumento en la precisión y la visualización en pantalla, se procedió a corregir el problema que se presenta por las características del puerto paralelo en cuanto a protección de sobrevoltajes y cortocircuitos. El diseño de la tarjeta de adquisición de datos fue orientado a brindar este tipo de protección, se usaron dispositivos optoacopladores de alta velocidad de respuesta, que se encargan de aislar la conexión directa al puerto paralelo de la computadora, se utilizaron circuitos optoacopladores de la casa fabricante Texas Instruments (ver anexo B.1).

Se diseñó un circuito limitador de voltaje que se encarga de mantener el voltaje de alimentación de la tarjeta a un valor de 5 vcd, propio para el suministro de tecnología TTL, para tener una alimentación estable y que proteja la integridad de los “chips” utilizados.

El introducir estos dispositivos de control y protección, entiéndase Buffer y Optoacopladores, respectivamente, generan un error de retardo en los tiempos cronometrados para cada competencia que se estiman en:

$$T_B \text{ (retardo generado por el Buffer) = } 17 \text{ ns} \quad (4)$$

$$T_{Op} \text{ (retardo generado por un Optoacoplador) = } 7 \text{ } \mu\text{s} \quad (5)$$

Estos errores sin embargo, son despreciables en comparación con los que introduciría el tiempo de reacción de una persona ($t_r=120\text{ms}$).

Nota: Es importante considerar la utilización de fibra óptica, para efecto de disminuir el error de retardo ($t_{\text{(estimado)}} = 0.0000001\text{s}$) que introducirá la señal del sensor más lejano a la PC. La fibra óptica disminuirá el error considerablemente, debido a sus características de velocidad de transmisión ($300\ 000\ 000\ \text{m/s}$), además de que se evita la susceptibilidad al ruido eléctrico. También la fibra óptica complementará la característica intrínseca de emisión coherente que poseen los diodos láser (LD).

Dentro de los aspectos del manejo estadístico del programa desarrollado en C++, se crea un archivo temporal. Este archivo es tomado por el programa efectuado en Visual Basic, para encargarse del mantenimiento y actualización de la base de datos. Los códigos de información se encuentran en dicho archivo.

El programa llamado "Administrador.exe", toma la cadena de información del archivo, y la decodifica para realizar la concatenación con los campos respectivos de la base de datos.

Las posibilidades de manejo de datos fueron especificadas en el capítulo anterior. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la actualización de la base de datos, tiene que realizarse inmediatamente después de efectuada la competencia, ya que la escritura en el archivo se está actualizando, cada vez que se efectúe un evento.

6.2 Alcances y limitaciones

Se cumplió con la estructura que fundamentó la realización del proyecto: un sistema capaz de cronometrar las competencias deportivas de ciclismo de velocidad de una manera automática.

El prototipo preliminar permite la realización de cambios que harán de éste un sistema más versátil en un futuro cercano.

Se logró la implementación de un prototipo que brindará alta confiabilidad, mantenibilidad y accesibilidad. Esto se denota en la obtención de un sistema que realiza un despliegue de “auto-test” de las posibles fuentes de error que harían fracasar la toma de los tiempos en una determinada competencia.

Con la utilización de los procedimientos que se encargan de verificar el estado del sistema, se permitirá determinar de una forma más rápida y sencilla la posible causa del problema; se evitarán posibles desgastes físicos de los competidores en esfuerzos realizados en vano, por culpa de un estado indeseable de los dispositivos que conforman el sistema.

Se logró obtener una resolución mayor a la ofrecida por la PC; se obtuvo un sistema 275 veces más preciso al que se tenía en la situación inicial, aspecto que constituye uno de los puntos de mayor peso en cuanto a objetivos se refiere.

Se logró eliminar el error de paralaje, esto por poseer una mejor comprobación o revisión en el lugar exacto de la toma de tiempos cronometrados.

El programa que se encarga del manejo estadístico de los datos de competencia se realizó en el ambiente Windows; sin embargo, no se pudo controlar de una forma satisfactoria el programa que se encarga del cronometraje de los tiempos de competencia desde Windows, ya que este es soportado únicamente en ambiente DOS.

La situación se presenta debido a que Windows trabaja en un modo conocido como "*modo protegido*". Por esta razón no se puede tener acceso a la tabla de interrupciones, para así cargar la nueva interrupción que controlará la cuenta original de los temporizadores de la computadora. Se podría mejorar en una segunda fase del proyecto, ya que el ambiente visual que ofrece Windows genera un ambiente más amigable.

Se logró obtener un programa que realiza el manejo estadístico de las distintas competencias, desde el ambiente Windows. Programa que facilita el procesamiento de datos y lo concerniente a manejo de memoria de la computadora (aprovechamiento óptimo de memoria disponible).

La implementación de este tipo de sistema crea un precedente dentro del desarrollo de dispositivos de cronometraje para eventos deportivos en el país, y su utilización podrá ser diversificada de acuerdo a los distintos deportes en donde pueda aplicarse.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- La introducción de una variable que indique el estado del puerto dentro de una interrupción, hará más exacta la detección de la señal de cruce de rueda, generada por el circuito de sensado .
- Las características de velocidad del puerto paralelo sumadas a las de ejecución interna de la PC, hacen del sistema desarrollado un medio más fiable y preciso en la toma de tiempos para competencias deportivas, en comparación con las realizadas por un cronómetro manual.
- Para procesos en donde se requiera de alta precisión, la utilización de procedimientos que involucren los temporizadores de la PC para la toma de mediciones, serán una solución viable y efectiva.
- La forma en que se manipulan las interrupciones en el lenguaje C++ bajo el ambiente DOS, no funcionan de forma satisfactoria bajo el ambiente Windows.
- Al introducir un factor de corrección en la toma de tiempos de competencia, dentro de la ejecución de una interrupción, se hace posible mejorar la precisión ofrecida por la computadora, en una relación de n veces más por segundo; donde n representa la cantidad de muestras posibles entre cada TIC de reloj.

- La ejecución de secuencias de verificación del sistema (pruebas de error), en sistemas de medición, facilitan la determinación previa a posibles errores que generarán inconsistencias en la toma de mediciones.
- La utilización de circuitos optoacopladores, permiten el aislamiento eléctrico del puerto paralelo de los circuitos de detección y selección del sensor.
- El uso de una base de datos para el control de registros de información, constituye una poderosa herramienta que ayuda a mejorar los procesos de consulta y de manejo de memoria en una PC.
- La comparación de los instrumentos utilizados en mediciones, con un patrón primario, permite determinar el error introducido por estos en las mediciones.

7.2 **Recomendaciones**

- Debido a las características del puerto paralelo, es preponderante siempre mantener circuitos de protección del puerto que eviten cualquier posible daño; tales como los circuitos de acople óptico que se utilizaron para el prototipo implementado.
- Para la protección y seguridad del sistema, será necesario contar con equipo de protección de sobrevoltajes, tales como fuentes supresoras de picos de corriente, así como sistemas de alimentación preventiva (UPS). Se debe contar con un sistema eléctrico totalmente acoplado (utilización de tierras másicas, además de las eléctricas). Esto con el fin de proteger los dispositivos, de los problemas de inducción electromagnética provocados por las torres de iluminación, y la susceptibilidad (por ejemplo, a la caída de rayos en la zona) al estar en un ambiente abierto.
- Si el sistema desarrollado se llega a comercializar; será conveniente realizar un programa que decodifique automáticamente los estados de operación que hacen que el sistema tenga un manejo correcto del puerto, debido a que la respuesta de estos varía de una computadora a otra. En caso contrario, si se pretende instalar el programa de manejo de la tarjeta de adquisición de datos en otras computadoras, se deberá modificar el código fuente de una forma directa con la ayuda del programa "Puerto.cpp" realizado para este fin .
- Se debe lograr la integración única de los dos programas de control de eventos deportivos actuales. Programas necesarios para tener control del cronometraje de tiempos de competencia y del manejo estadístico de los resultados, respectivamente. Esto beneficiará las facilidades de manejo del sistema.

- Se debe generar un procedimiento que de un formato oficial (hh:mm:ss:ms) a la presentación en pantalla, ya que la presentación actual, muestra únicamente el transcurso del tiempo en segundos y con seis decimales de precisión (con solo tres será suficiente para este tipo de competencia).

- Se sugiere la utilización de fibra óptica como medio de transmisión de las señales indicadoras de cruce de bicicleta, debido a sus características de: velocidad de transmisión, pérdidas de ganancia de señal en dB/m no representativas (en el mercado se encuentran fibras ópticas con pérdidas de hasta 3dB cada 40 Km), imperturbabilidad al ruido eléctrico (se deben contrarrestar perturbaciones por ruido óptico). Todo esto en virtud de aprovechar las características de coherencia de emisión de un diodo láser.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jurgens David, "Hardware Data and Specifications "; Programa de Software, Aplicación (Help PC), 1991.
2. Lucchesi Domenico, "Metrotecnica. Tolerancias e Instrumentación"; Editorial Labor, Barcelona,1973; p.p 19-21,70-77.
3. Hoffman G. Edward , "Instrumentos Básicos de Medición"; Grupo Impresa, México, D.F,1992; p.p 19-23,37-43.
4. Jardón A. Hildeberto, Linares M. Roberto, "Sistemas de Comunicaciones por Fibras Ópticas"; Editorial Alfaomega, México, D.F; p.p 5-64, 202-222.
5. M. Günther, G. Peter; "Lichtwellenleiterkabel (Conductores de fibras ópticas)"; Editorial Marcombo S.A, Barcelona; p-p 14-26, p-p 188-203.
6. " Todo acerca de los puertos paralelos ",
[http:// www.monografias.net/ trabajos/paralelos/](http://www.monografias.net/trabajos/paralelos/).
7. "Digital Interface Cable ",
[http:// www.mars-cam.com/cable/mogami/mtc/mtc56.html](http://www.mars-cam.com/cable/mogami/mtc/mtc56.html)
8. [http:// www.nacion.com/ln_ee/2000/marzo/02/velo.jpg](http://www.nacion.com/ln_ee/2000/marzo/02/velo.jpg)

APÉNDICE A.2

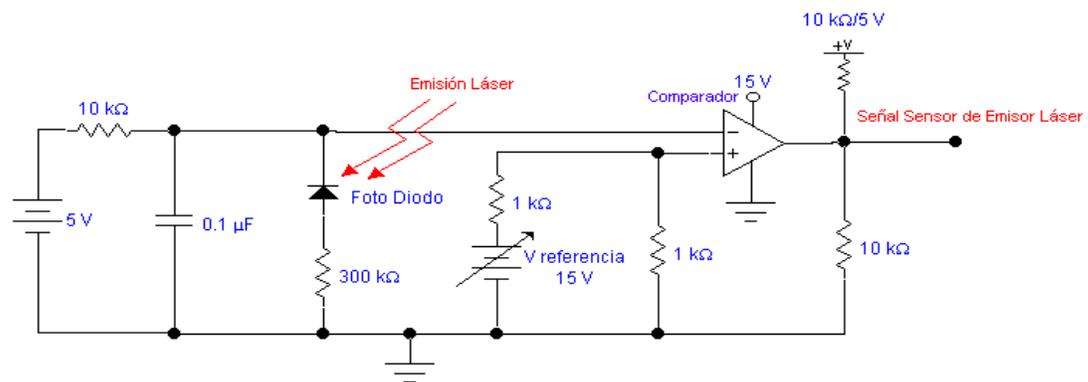


Figura A.2 Circuito Transductor (Sensor) de Emisión Láser.

APÉNDICE A.3 Listado de Programa (Procedimientos más relevantes)

```
/******  
void ActivaRevisarContadores(void)  
/*  
RESULTADO:  
    Instala la función RevisarContadores en la IRQ10  
    Habilita los controladores de IRQs  
*/  
{  
    disable(); // deshabilita interrupciones  
    OldTick = getvect(0x08); /* guarda la rutina original del tick */  
                          /* se instala la nueva interrupción. */  
    setvect(0x08, RevisarContadores);  
    outportb(0x43,0x36); /* registro de modo del PIT 8254 (ver HELPPC) */  
    outportb(0x40,0x00); /* parte baja del divisor del PIT */  
    outportb(0x40,0x01); /* parte alta del divisor del PIT */  
    //se aumentó la velocidad del tic del reloj 256 veces  
    enable(); //habilita interrupciones  
} /* ActivaRevisarContadores */  
/******  
void interrupt RevisarContadores(...)  
{  
    estado_puerto = inportb(0x379); //Verifica estado del Puerto paralelo.  
    error = ((K-alternatics)/K); //Valor de la muestra entre dos TICS de reloj.  
    disable();//desabilita otras interrupciones de menor prioridad  
    if (bandera_inicio == 1)  
    {  
        start= clock(); //Captura inicio de Evento  
        Inicio = start + error; //Se corrige cronómetro  
        bandera_inicio =0;  
    }  
    if (bandera_comienzo_cuenta==1)  
    {  
        end=clock();  
        Cronos = end+error;  
    }  
}
```

```

if((bandera_alto==1)&(cont==0))
{
    AltoT = (Cronos-Inicio);
    bandera_comienza_cuenta =0; // Evita visualizar avance clk
    bandera_alto=0; //Reinicializa para próximo evento
    cont=cont+1;
}
if((bandera_comienza_cuenta==1)&(cont==1))
{
    end=clock();
    Cronos = (end + error);
    Fin_Alto = (Cronos - Inicio);
    bandera_sigue_cuenta=1; //Indica necesidad de mostrar cuenta corregida.
    bandera_alto2 =0;
    cont=cont+1;
}
if((bandera_alto==1)&(cont==2))
{
    bandera_sigue_cuenta=0;
    bandera_comienza_cuenta =0; // Evita visualizar avance clk
    AltoT = ((Cronos-Inicio))-((Fin_Alto-AltoT));
    bandera_alto = 0;
    bandera_alto2 =1;
    cont= cont-1;
    salida=salida+1;
}

alternatics--; // decrementar el tick de reloj en uno

if(alternatics == 0)
{
    alternatics = K; // K es igual a 256(equivalente a # de muestras)
    OldTick(); /* ejecuta la rutina original de reloj cada K
                revisiones de contadores, ya que la velocidad
                del tick se aumentó en K veces */
} /* if(!alternatics */
else

```

```

{ /* por no ejecutarse lo incluido en la del tick */
  outportb(0xA0,0x20);
  /*
  Como no se ejecuta el tick de reloj se debe actualizar esta direccion
  esto es en el controlador de interrupciones
  EOI, reiniciliza
  */
  outportb(0x20,0x20); /* EOI, reiniciliza */
} /* else de if(alternatic */
enable();
} //End RevisarContadores
/*****/
void Cuenta()
/*
Resultado: Se encarga de iniciar la cuenta en un principio y espera
señales de operación. El resultado (Cronos - Inicio) corresponder
claramente visto al tiempo transcurrido desde que se genera la orden
de inicio. Aquí se visualiza el avance del cronómetro en pantalla con el
tiempo de competencia corregido, y se van indicando los tiempos intermedios
junto a su respectiva velocidad.
*/

{
bandera_comienza_cuenta=1; //Indica que se capturar contador actual
//((variable end),dentro de la interrupción

Marca_Pasadas = Marca_Pasadas +1; //Primera Pasada
Toggle();
while(!kbhit())
{ //Se muestra cuenta inicial
  cleardevice();
  sprintf(Temp,"%f", (Cronos-Inicio)/CLK_TCK );
  Posicion_Texto(100,180,Temp);
  if(estado_puerto==Condicion_Puerto)
  {
    Toggle();
    Marca_Pasadas = Marca_Pasadas +1;
    switch(evento)
    {

```

```

case 1: { if(Marca_Pasadas == 2)
        {
            sprintf(Tiempo,"%f", (Cronos-Inicio)/CLK_TCK );
            sprintf(Velocidad,"%fKm/h", (0.2/((Cronos-Inicio)/CLK_TCK)*3600));
            Carga_Tiempos(Marca_Pasadas);
            cleardevice();
            Arma_Sensado(0x1F); //Deshabilita Sensores.
            Presenta_TiempoVelocidad_Transcurrido();
            Enlace();
            return;
        }
        }break;
    } //END SWITCH(evento,Marca_Pasadas)
} //End While(!kbhit())

tecla = getche();
if ((tecla== 's')||(tecla== 'r')) {Enlace();return;}

Cuenta();return;
} //Fin Cuenta
/*****/

```

APÉNDICE A.4 Consideraciones del Puerto Paralelo.

- *Líneas de tierras y de datos.*

Las tierras cumplen dos funciones: la primera es que vinculan las tierras de señal de los dos dispositivos que se interconectan de modo que puedan compartir una tierra común como referencia para la señal. La otra es que, como la conexión entre los dos dispositivos se realiza a menudo mediante un cable tipo cinta, las tierras (llamadas muchas veces retornos de tierra) actúan como blindajes de las líneas más importantes. Por ejemplo, el conductor conectado al terminal 19 de un cable de cinta, apantalla a la 6 de la 7, y viceversa. Esto impide que las señales D4 (cuya función se definirá en seguida) afecten capacitivamente la línea D5, y viceversa. En los cables de calidad que no se hacen de tipo cinta, cada retorno de tierra se retuerce alrededor de una línea de señal formando un par trenzado, para proporcionar un poco de blindaje.

Como su nombre lo indica, la salida de datos transfiere información desde la computadora a un periférico en paralelo. Esto se hace con ocho bits (un byte) por vez utilizando los terminales 2-9; D0 se considera el bit menos significativo (LSB) y D7 el más significativo (MSB). (Nota: algunas computadoras emplean las designaciones D1 -D8 en lugar de D0-D7). Algunos puertos de computadora no usan el MSB, en tales circunstancias, el MSB a veces se emplea como bit de paridad.

Los bits, como también las demás señales, se representan mediante niveles de tensión TTL convencionales: una señal entre 2,4 y 5 voltios es un nivel alto o 1 binario. Cualquier valor entre 0,8 y 2,4 voltios se considera dato no válido.

- *Diálogo de datos.*

Puesto que la computadora es mucho más rápida que cualquier periférico con el que se comunique, se puede fácilmente transmitir más datos que los que el periférico puede manejar. Para ello, los periféricos utilizan señales especiales para decirle a la computadora que detenga momentáneamente el envío de datos cuando tienen suficientes para trabajar. Esto le permite al periférico temporizarse con la computadora, y así realizar otras tareas. Una vez que el periférico queda libre, le pide a la computadora que transmita mas datos, y el proceso continua.

Este proceso se logra enviando señales por cables dedicados a ese propósito. El proceso de utilizar señales para controlar el flujo de datos se denomina diálogo (handshaking), de modo que las señales empleadas para ello se llaman "señales de diálogo".

Las señales de strobe, ocupado y acuse de recibo son las señales de diálogo más importantes. En la figura A.4.1 se muestra la relación entre el control y el flujo de datos, los datos que salen por las líneas D0-D7 se forman en el tiempo t_1 y se establecen para estar disponibles para utilizarse en el instante t_2 . Un momento después (t_3) la computadora manda un pulso momentáneo negativo (llamado señal de "strobe") al periférico, para indicar que los datos están listos y en espera en las líneas de datos. Luego de t_3 , el periférico puede responder en una de dos maneras: puede activar la línea ocupada hasta que esté listo para más datos o puede esperar hasta que haya utilizado los nuevos datos y enviar entonces un pulso negativo de acuse de recibo a la computadora cuando desea más. Cualquiera de las respuestas retiene a la computadora hasta que el periférico informe que está preparado (hay unos pocos periféricos que detienen a la computadora de ambas maneras, aunque hacerlo así es algo redundante). Luego que la línea ocupada se pone baja o se recibe un pulso de acuse de recibo, la computadora configura las líneas de datos para el siguiente byte, y se repite el procedimiento. La línea ocupada se utiliza algunas veces para detener la

computadora por otras razones. Por ejemplo, si se acaba el papel o está fuera de línea.

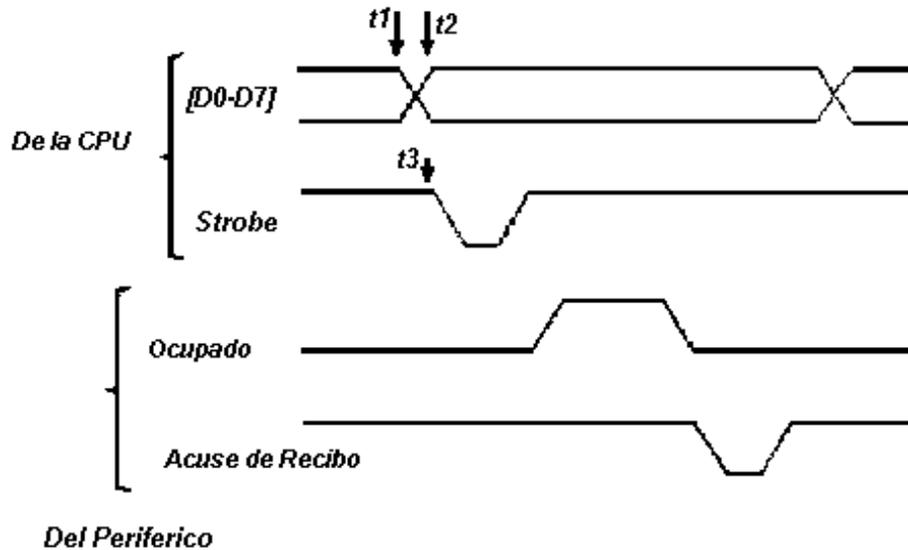


Figura A.4.1 Diagrama de tiempos del control de flujo de datos del puerto paralelo.

- *Diálogo de estado*

A lo largo de algunas líneas, algunas veces los periféricos paralelos (especialmente las impresoras) utilizan cables dedicados para indicar su estado. Puesto que el estado de un periférico puede afectar el flujo de datos, esto se puede considerar también una forma de diálogo. Por ejemplo, si una impresora necesita informar a la computadora que se queda sin papel, puede hacerlo manteniendo alta la línea de papel vacío hasta que se aprovisione nuevamente. Esto impide que la computadora envíe datos al periférico cuando el dispositivo es incapaz de hacer algo con ellos. La mayoría de los puertos paralelos de tipo IBM admiten esta característica, no siendo así en muchas otras computadoras domésticas. De igual manera, un periférico puede informar a la computadora que está alimentado y en línea manteniendo alta la línea de "selección" del terminal 13, observe que hay dos líneas de selección (remitirse a la figura 4.4), ésta es a veces

una línea de señal necesaria porque algunos periféricos se pueden mantener alimentados pero fuera de línea, enviándoles un caracter especial de "deselección" (denominado DC1 o XON, que tiene el valor ASCII 17).

Un periférico puede hasta pedir ayuda sosteniendo baja la línea de error. Al igual que la línea ocupada, los periféricos utilizan a veces la línea de error para indicar que simplemente están fuera de línea o que se acabo el papel. La computadora puede hacer también requerimientos especiales o proporcionar datos de configuración enviando señales desde las restantes salidas de diálogo, a pesar de ésta característica, un periférico puede contener interruptores DIP que pueden configurarlo para que ignore los requerimientos de la computadora.

Por ejemplo, en algunos periféricos la característica de selección/deselección se puede habilitar e inhibir el puerto de la computadora. Para esos dispositivos, si la computadora mantiene alta la línea de salida de selección del terminal 17 (no confundirla con la línea de entrada de selección del terminal 13), la característica DC1 /DC3 se habilita. Al mantenerse esa línea baja, la característica se inhibe. Asimismo, al mantener baja la línea de avance automático, la computadora solicita al periférico que acompañe cada retorno de carro con un avance de línea es decir, la computadora informa al periférico que probablemente no enviará caracteres de avance de línea, de modo que el periférico deberá agregarlos.

Por otra parte, si la computadora envía un pulso negativo por la línea de inicialización (denominada técnicamente línea de input prime o IP), el periférico que responde a esa línea se pondrá en cero (pasara a reset). Esto significa que el periférico adoptara cierta configuración por omisión y actúa normalmente como si recién se hubiera encendido. Tan poderosa como es, esta línea la soportan las computadoras IBM compatibles y muy pocas más, puesto que hay a menudo mandatos especiales que se pueden enviar por las líneas de datos para lograr lo mismo.

Un conector hembra de 36 conductores es la terminación más adecuada que se encuentra en los periféricos paralelos. Las funciones convencionales de cada terminal de ese conector se muestran en la figura siguiente.

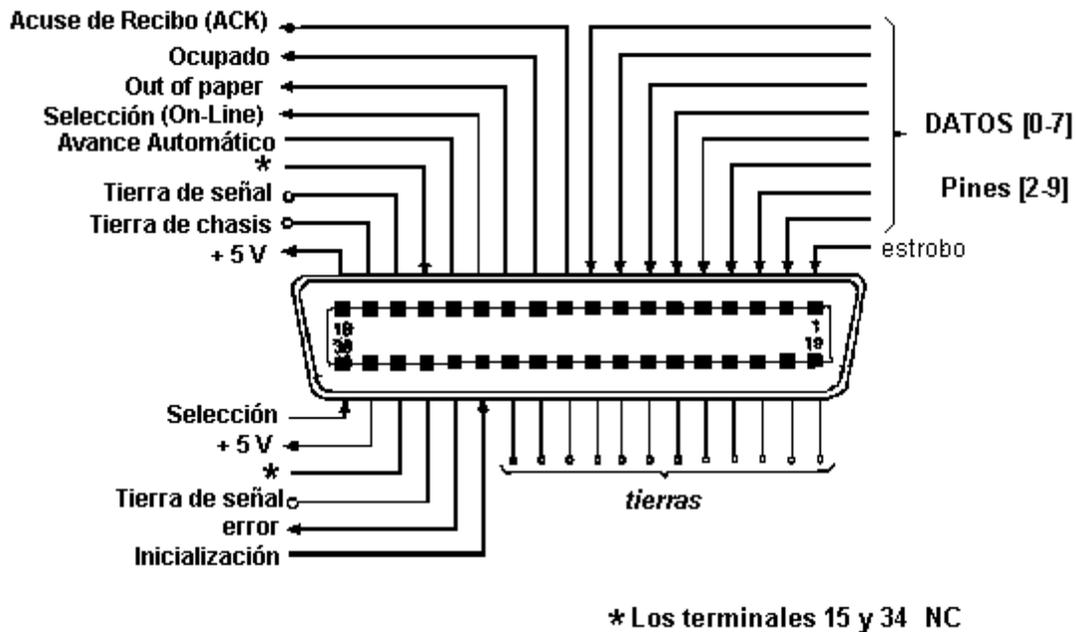


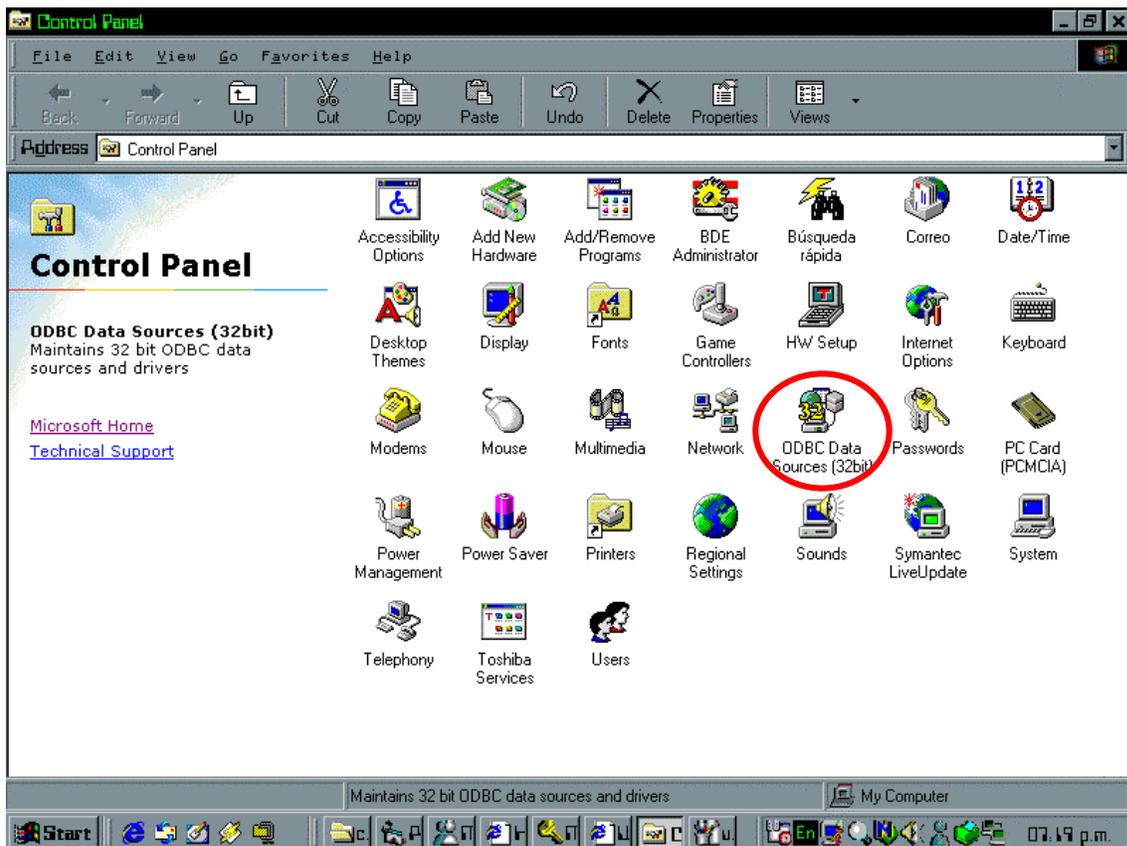
Figura A.4.2 Asignación de Terminales Compatible con Conector Centronics.

Las flechas que señalan hacia el conector indican que el terminal es una entrada al periférico. Las flechas hacia afuera significan salidas del periférico, y los círculos son tierras. Observe que este conector posee unas cuantas funciones más que el conector DB-25. Para nombrarlas, hay una tierra de chasis y dos líneas de 5 voltios. No todos los equipos paralelos las tienen. Tanto la tierra de chasis como las líneas de 5 V pueden causar inconvenientes si se conectan incorrectamente. Las líneas de 5V las proporcionan algunos periféricos para mantener alta una línea de diálogo, si es necesario. Por ejemplo, se supondrá que un puerto de computadora no genera un nivel alto para la línea de avance automático, pero el periférico necesita esa línea alta para funcionar correctamente. Se deben invertir las flechas de la figura 3 en lugar del conector DB-25 antes mencionado; no debe utilizarse el cable directo ya que se pueden dañar ambos equipos (periférico y computadora).

Antes de realizar un cableado o interconectar un periférico (en este caso un sensor) al puerto de la PC, es conveniente proceder cautelosamente sobre todo si se trata de un interfaz paralelo, ya que aunque las líneas de diálogo de los puertos paralelos son del tipo de colector abierto (es decir, se pueden cortocircuitar a tierra), las salidas de datos de una PC se pueden dañar con los cortocircuitos. También, las tensiones mayores de 5V pueden dañar todas las líneas. La clave para la conexión segura del interfaz entre equipos TTL es conocer las entradas y las salidas, de modo que pueda conectarse la salida de un dispositivo a la entrada del otro, y viceversa.

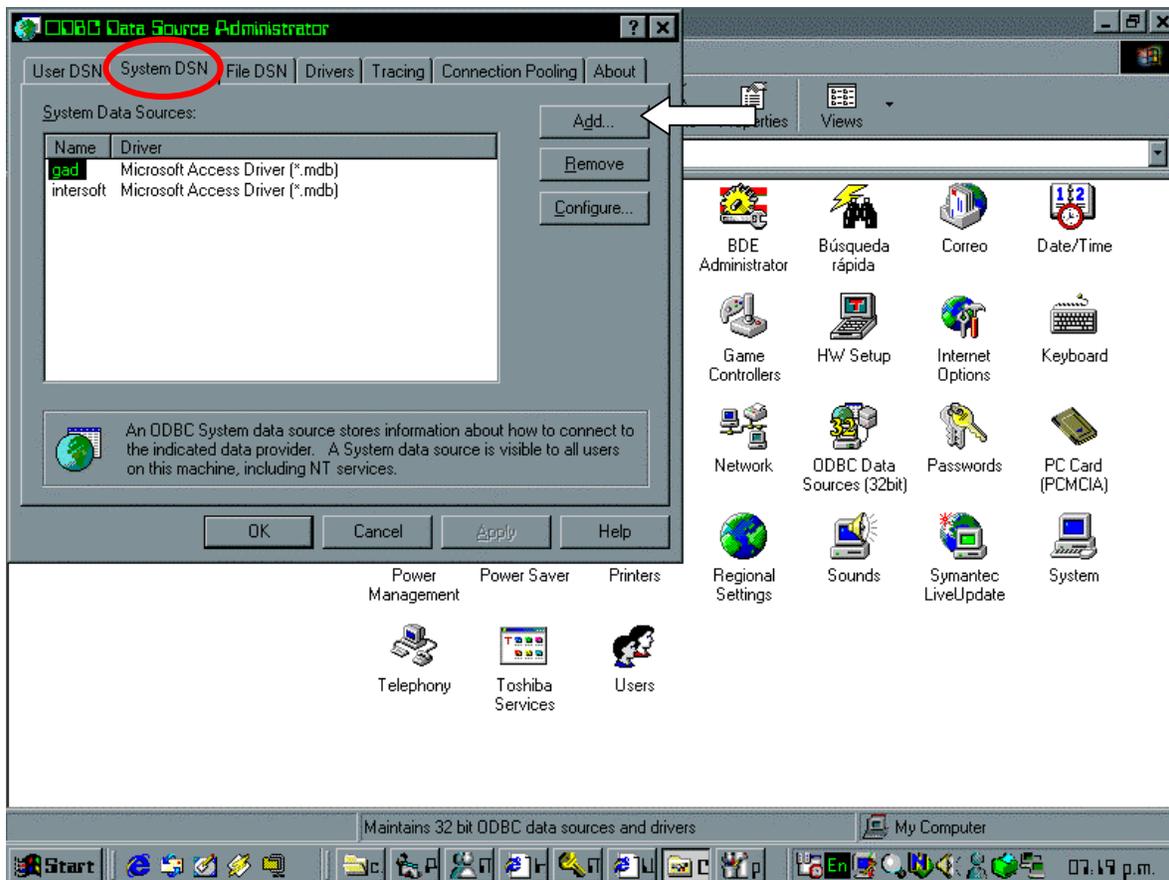
APÉNDICE A.5 *Secuencia de Instalación de la Base de Datos*

1. Desde el botón de **Inicio** de Windows, ingrese al Panel de Control.

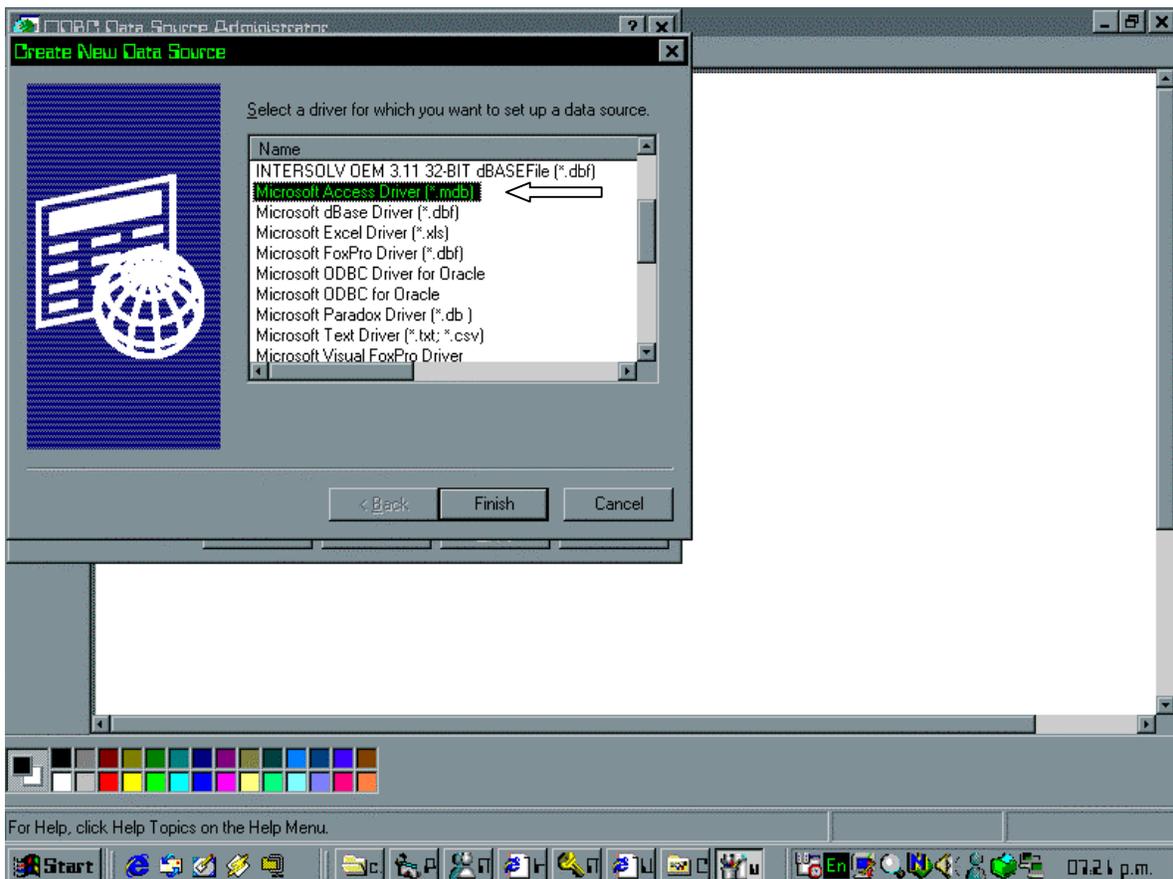


2. Haga doble “clik” sobre el Icono de sistema indicado dentro del círculo.

3. En la ventana que aparecerá, escoja la etiqueta correspondiente a System DNS.
4. Posicione sobre el campo Nombre, correspondiente a “Adminis” y escoja el botón “ADD”

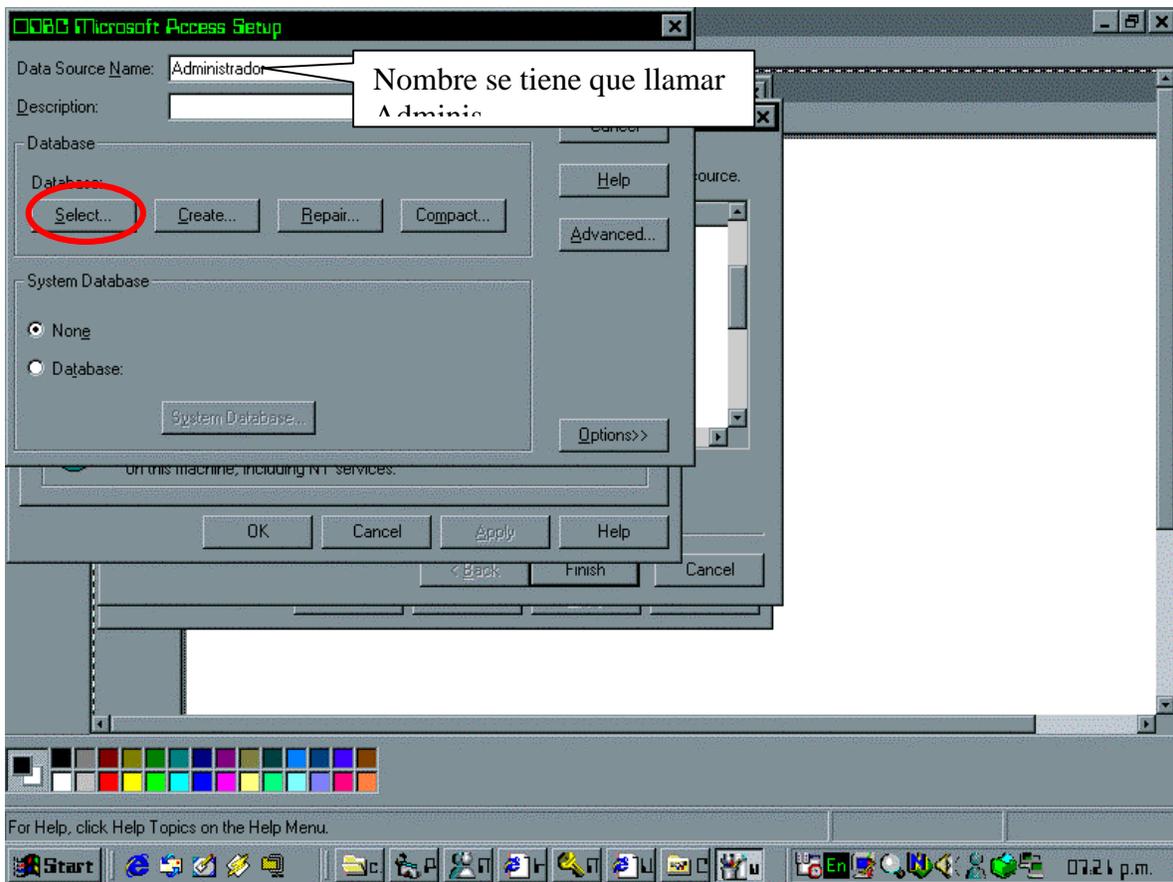


5. Se abrirá la siguiente ventana, en la que deberá escoger el “Driver” correspondiente a Microsoft Access.



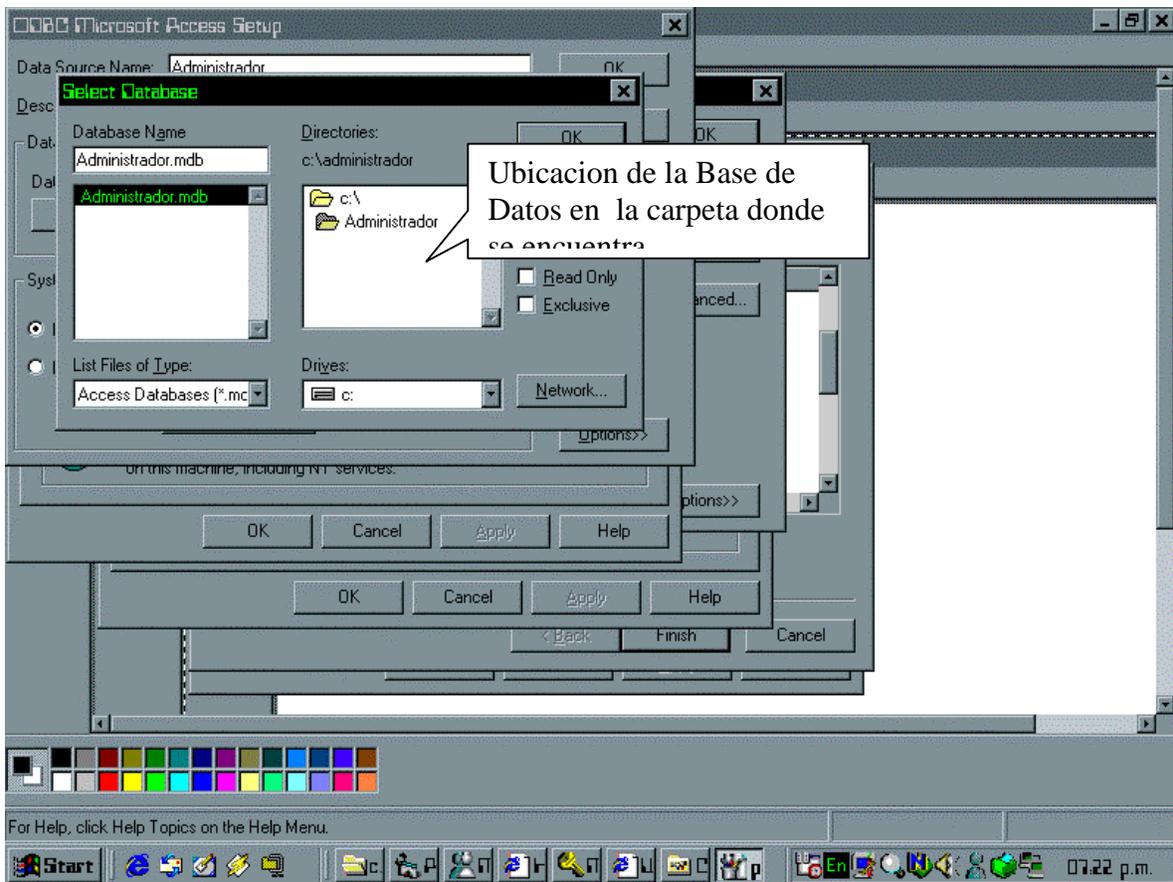
6. Después presione finalizar.

7. Inmediatamente aparecerá la ventana que se muestra a continuación, donde se debe dar el nombre de la fuente de datos. El nombre debe ser “Adminis”.



7. Una vez establecido el nombre, presione el botón “Select”

8. Aparecerá la siguiente ventana donde se debe escoger, la ubicación de la Base de Datos.
9. Esta ubicación debe ser la carpeta Administrador, carpeta en la que se encuentra el programa ejecutable Administrador, encargado de el manejo de la Base de Datos "Adminis".
10. Para finalizar la instalación de vínculos de la Base de Datos, presione "Ok".



APÉNDICE A.6 GLOSARIO

Calibración:

Verificación que se le realiza a un instrumento para determinar el grado de conformidad de sus características en comparación con un patrón o norma.

Coherencia de emisión:

Característica de la uniformidad o direccionalidad de un espectro de luz emitido (para un diodo láser, 5 nm en la salida del diodo).

Confiabilidad:

Es aquella condición en la cual los resultados reales son iguales a los resultados deseados o previstos.

Error de medida:

Desviación entre la indicación dada por los instrumentos de medición y la verdadera magnitud de lo que se mide.

Exactitud:

Es el grado de conformidad con una norma establecida. Se puede considerar como una comparación entre los resultados deseados y los reales.

Norma:

Es un valor establecido y conocido, que se utiliza para medir una cantidad desconocida.

Punto de referencia de una medición:

Base desde la cual se toma la medición, o punto donde empieza una medición.

Punto medido:

Es el punto terminal o final de una medición.

Precisión:

Es la fidelidad del proceso de medición con relación a su repetibilidad.

Tolerancia:

Es la cantidad total de variación permitida para una medida, con respecto a un valor nominal establecido. También conocida como incertidumbre, representativa de los límites máximo o mínimo dentro de los cuales puede fluctuar una medida para considerarse aceptable.

Trazabilidad de una medida:

Propiedad del resultado de una medición o el valor de un patrón, por el cual puede ser relacionado con los patrones de referencia, usualmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, teniendo establecidas las incertidumbres.

ANEXOS

ANEXO B.1 *Hojas de datos de circuitos integrados utilizados en la implementación de la Tarjeta de Adquisición de Datos.*

SN54ALS241C, SN54AS241A, SN74ALS241C, SN74AS241A
OCTAL BUFFERS/DRIVERS
WITH 3-STATE OUTPUTS

SDA8184E - DECEMBER 1983 - REVISED AUGUST 1985

- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- pnp Inputs Reduce dc Loading
- Package Options Include Plastic Small-Outline (DW) Packages, Ceramic Chip Carriers (FK), and Standard Plastic (N) and Ceramic (J) 300-mil DIPs

description

These octal buffers/drivers are designed specifically to improve the performance and density of 3-state memory address drivers, clock drivers, and bus-oriented receivers and transmitters. The designer has a choice of selected combinations of inverting and noninverting outputs, symmetrical active-low output-enable (\overline{OE}) inputs, and complementary \overline{OE} and \overline{OE} inputs. These devices feature high fan-out and improved fan-in.

The -1 version of SN74ALS241C is identical to the standard version, except that the recommended maximum I_{OL} of the -1 version is 48 mA. There is no -1 version of the SN54ALS241C.

The SN54ALS241C and SN54AS241A are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The SN74ALS241C and SN74AS241A are characterized for operation from 0°C to 70°C .

SN54ALS241C, SN54AS241A . . . J PACKAGE
SN74ALS241C, SN74AS241A . . . DW OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

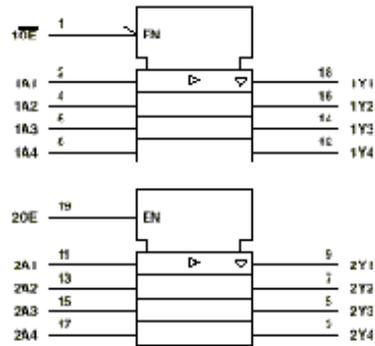
SN54ALS241C, SN54AS241A . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)

FUNCTION TABLES

INPUTS		OUTPUT
\overline{OE}	1A	1Y
L	H	H
L	L	L
H	X	Z

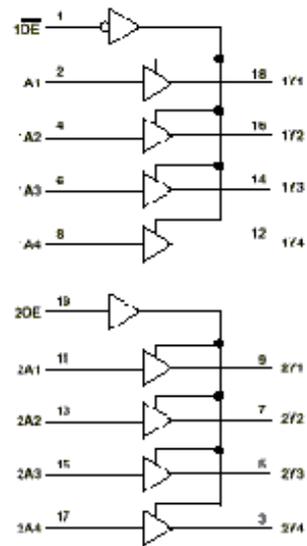
INPUTS		OUTPUT
$\overline{2OE}$	2A	2Y
H	H	H
H	L	L
L	X	Z

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)‡

Supply voltage, V_{CC}	7 V
Input voltage, V	7 V
Voltage applied to a disabled & static output	5.6 V
Operating free-air temperature range, T_A :	
SM64ALS241C	-65°C to 125°C
SM74ALS241C	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

switching characteristics (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V _{CC} = 4.5 V to 5.5 V, C _L = 50 pF, R1 = 500 Ω, R2 = 500 Ω, T _A = MIN to MAX [†]				UNIT
			SN64ALS241C		SN74ALS241C		
			MIN	MAX	MIN	MAX	
t _{PLH}	A	Y	3	31	2	11	ns
t _{PHL}			1	17	3	10	
t _{FZH}	1OE	Y	3	33	3	21	ns
t _{FZL}			3	27	4	21	
t _{PHZ}	1OE	Y	2	17	1	10	ns
t _{PLZ}			2	32	2	15	
t _{FZH}	2OE	Y	3	38	4	21	ns
t _{FZL}			3	30	5	21	
t _{PHZ}	2OE	Y	2	17	2	10	ns
t _{PLZ}			3	35	3	15	

[†] For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)[‡]

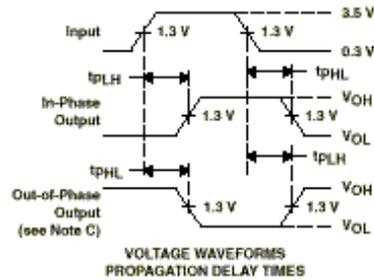
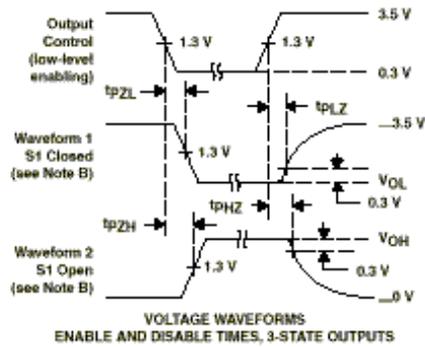
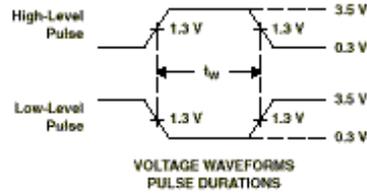
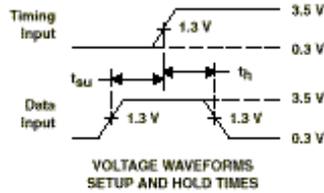
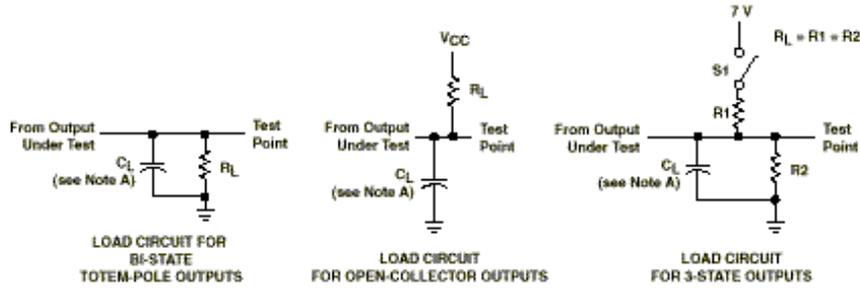
Supply voltage, V _{CC}	7 V
Input voltage, V _I	7 V
Voltage applied to a disabled 3-state output	5.5 V
Operating free-air temperature range, T _A : SN54AS241A	-55°C to 125°C
SN74AS241A	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

[‡] Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

recommended operating conditions

	SN64AS241A			SN74AS241A			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	V
V _{IH} High-level input voltage	2			2			V
V _{IL} Low-level input voltage			0.8			0.8	V
I _{OH} High-level output current			-12			-15	mA
I _{OL} Low-level output current			48			64	mA
T _A Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION
SERIES 54ALS/74ALS AND 54AS/74AS DEVICES**



4N35, 4N36, 4N37 OPTOCOUPLEDERS

SEE3934A—NOVEMBER 1991—REVISED DECEMBER 1995

COMPATIBLE WITH STANDARD TTL INTEGRATED CIRCUITS

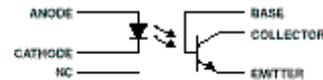
- Gallium-Arsenide-Diode Infrared Source
Optically Coupled to a Silicon npn
Phototransistor
- High Direct-Current Transfer Ratio
- High-Voltage Electrical Isolation
1.5-kV, 2.5-kV, or 3.55-kV Rating
- Plastic Dual-In-Line Package
- High-Speed Switching
 $t_r = 7 \mu\text{s}$, $t_f = 7 \mu\text{s}$ Typical
- Typical Applications Include Remote
Terminal Isolation, SCR and Triac Triggers,
Mechanical Relays and Pulse Transformers

DC1, 4N35, 4N36, OR 4N37 PACKAGE
(TOP VIEW)



NC—No internal connection

schematic



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)**

Input-to-output peak voltage (8-ms half sine wave):	4N35	3.55 kV
	4N36	2.5 kV
	4N37	1.5 kV
Input-to-output root-mean-square voltage (8-ms half sine wave):	4N35	2.5 kV
	4N36	1.75 kV
	4N37	1.05 kV
Collector-base voltage		70 V
Collector-emitter voltage (see Note 1)		30 V
Emitter-base voltage		7 V
Input-diode reverse voltage		6 V
Input-diode forward current:		60 mA
Peak (1 μs , 300 pps)		3 mA
Phototransistor continuous collector current		100 mA
Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature:		
Infrared-emitting diode (see Note 2)		100 mW
Phototransistor (see Note 3)		300 mW
Continuous power dissipation at (or below) 25°C lead temperature:		
Infrared-emitting diode (see Note 4)		100 mW
Phototransistor (see Note 5)		500 mW
Operating temperature range, T_A		-55°C to 100°C
Storage temperature range, T_{stg}		-55°C to 150°C
Lead temperature 1.8 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		260°C

* Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

** JEDEC registered data. This data sheet contains all applicable registered data in effect at the time of publication.

- NOTES:
1. This value applies when the base-emitter diode is open-circuited.
 2. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.33 mW/°C.
 3. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4 mW/°C.
 4. Derate linearly to 100°C lead temperature at the rate of 1.33 mW/°C. Lead temperature is measured on the collector lead 0.8 mm (1/32 inch) from the case.
 5. Derate linearly to 100°C lead temperature at the rate of 6.7 mW/°C.

4N35, 4N36, 4N37
OPTOCOUPERS

9265001A - NOVEMBER 1987 - REVISED DECEMBER 1996

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{BR}(CBO)$	Collector-base breakdown voltage	$I_C = 100 \mu A$, $I_E = 0$, $I_F = 0$	70†		V
$V_{BR}(CEO)$	Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = 10 mA$, $I_B = 0$, $I_F = 0$	30†		V
$V_{BR}(EBO)$	Emitter-base breakdown voltage	$I_E = 100 \mu A$, $I_C = 0$, $I_F = 0$	7†		V
I_R	Input diode static reverse current	$V_{BI} = 6 V$		10†	μA
I_{IO}	Input-to-output current	$V_{IO} = \text{rated peak value}$, $t = 8 \text{ ms}$		100	nA
$I_{C(ON)}$	On-state collector current	$V_{CE} = 10 V$, $I_E = 10 mA$, $I_B = 0$	10†		mA
		$V_{CE} = 10 V$, $I_E = 10 mA$, $I_B = 0$, $T_A = -55^\circ C$	4†		
		$V_{CE} = 10 V$, $I_E = 10 mA$, $I_B = 0$, $T_A = 100^\circ C$	4†		
$I_{C(OFF)}$	Off-state collector current	$V_{CE} = 10 V$, $I_E = 0$, $I_B = 0$	1	60	nA
		$V_{CE} = 30 V$, $I_E = 0$, $I_B = 0$, $T_A = 100^\circ C$		600†	μA
β_{FE}	Transistor static forward current transfer ratio	$V_{CE} = 5 V$, $I_C = 10 mA$, $I_F = 0$		500	
V_F	Input diode static forward voltage	$I_F = 10 mA$	0.8†	1.6†	V
		$I_F = 10 mA$, $T_A = -55^\circ C$	0.8†	1.7†	
		$I_F = 10 mA$, $T_A = 100^\circ C$	0.7†	1.4†	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_C = 0.5 mA$, $I_E = 10 mA$, $I_B = 0 mA$		0.3†	V
r_{IO}	Input-to-output internal resistance	$V_{IO} = 500 V$. See Note 6	10 ¹¹ †		Ω
C_{IO}	Input-to-output capacitance	$V_{IO} = 0$, $f = 1 \text{ MHz}$. See Note 6	1	2.5†	pF

† JEDEC registered data.

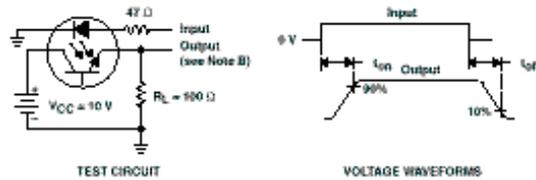
NOTE 6: These parameters are measured between both input diode leads shorted together and all the phototransistor leads shorted together.

switching characteristics at 25°C free-air temperature†

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{ON}	Time-on time	$V_{CE} = 10 V$, $I_{C(ON)} = 2 mA$,		10	μs
t_{OFF}	Turn-off time	$R_L = 100 \Omega$. See Figure 1		10	

† JEDEC registered data.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. The input waveform is supplied by a generator with the following characteristics: $Z_0 = 50 \Omega$, $\tau_r \leq 15$ ns, duty cycle = 1%, $t_{fd} = 100 \mu\text{s}$.
 B. The output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $\tau_f \leq 12$ ns, $R_{in} > 1 \text{ M}\Omega$, $C_{in} \leq 20$ pF

Figure 1. Switching Times

TYPICAL CHARACTERISTICS

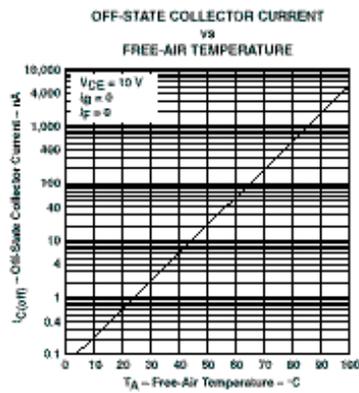


Figure 2

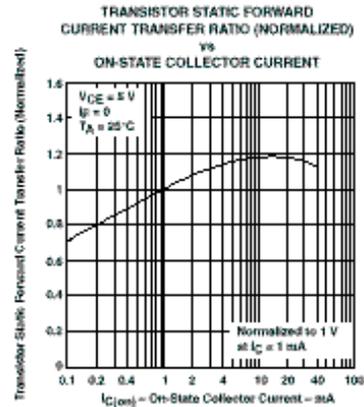
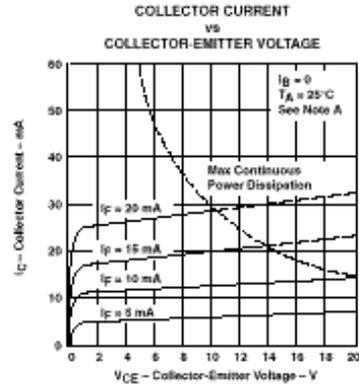
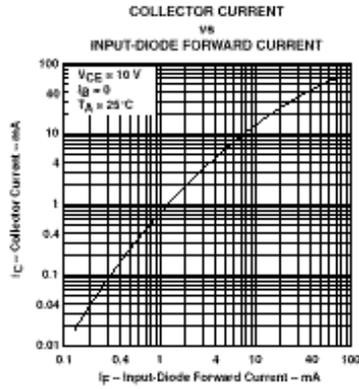
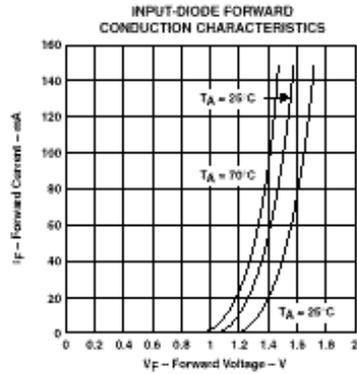
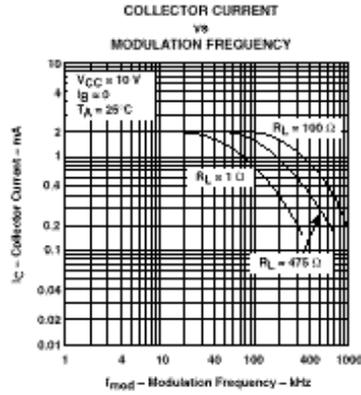


Figure 3

4N35, 4N36, 4N37
OPTOCOUPLEDERS

SOE5021A - NOVEMBER 1981 - REVISED DECEMBER 1996

TYPICAL CHARACTERISTICS



NOTE A. Pulse operation of input diode is required for operation beyond limits shown by dotted lines.