

82
Zej.



Universidad Nacional Autónoma
de México

Facultad de Ingeniería

SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICION DE
DATOS PARA UN FOTOMETRO DOBLE RA-
PIDO EN APLICACIONES ASTRONOMICAS

T E S I S

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico Electricista

presenta

ALVARO MARTIN ARMENDARIZ



Aseores de Tesis: Ing. Fco. Rodríguez Ramírez
Fis. Fernando Angeles Uribe

México, D. F.

1989

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

I. Introducción.....	1
II. Principios de Fotometría.....	4
III. Fotómetro.....	5
1) Descripción General.....	5
2) Cabeza del Fotómetro.....	7
3) Fototubo.....	8
4) Fotoemisión Secundaria.....	9
5) Fotoemisión y Fotocátodos.....	11
6) Emisión Secundaria.....	12
IV. Acondicionamiento de Señales.....	14
1) Consideraciones sobre ruido.....	14
2) Líneas de Transmisión.....	15
1. Geometrías.....	18
2. Operación básica.....	23
3. Líneas abiertas.....	23
4. Líneas con terminación en serie.....	25
5. Líneas con terminación en paralelo.....	26
6. Comparación entre líneas de transmisión.....	27
3) Interconexiones y Aterrizaje.....	30
4) Blindaje.....	31
5) Inducción Cruzada.....	31
6) Conversión ECL-->TTL.....	32
V. Arquitectura General de la computadora IBM-PC.....	34
1) Unidad del Sistema.....	34
2) El microprocesador 8088.....	36
3) Dispositivos de Soporte.....	39
1. Lógica del generador de pulsos de reloj.....	39
2. Lógica de Interfase del canal.....	40
3. El controlador de canal 8288.....	41
4) Controladores de dispositivos y del sistema.....	41
1. Controlador programable de DMA 8237.....	42
2. Controlador de interrupciones 8259.....	44
3. C. programable paralelo de interfase 8255.....	44
4. Lógica de teclado.....	44
5. Interfase de disco flexible.....	45
6. Generación de Estados de Espera.....	45
7. Transferencia de datos a alta velocidad.....	46
5) Organización de la Memoria.....	47
1. Categorías de RAM.....	48
2. Segmentación de memoria.....	50
3. Mapa de memoria.....	51
4. Mapa de puertos.....	53
6) Canal de Expansión de la computadora.....	60
7) Consideraciones mecánicas y de potencia.....	61
VI. Especificaciones del Instrumento.....	63

VII. Diseño.....	64
1) Hardware.....	64
1. Electrónica de Adquisición.....	66
a. Interfase con la computadora.....	66
b. Generador de estados de espera.....	69
c. Generador del reloj maestro.....	70
d. Generador de ventana de integración.....	71
e. Circuito de conteo de eventos.....	73
f. Análisis de tiempos.....	77
g. Memoria y Generador de direcciones.....	77
2. Electrónica de control de motores.....	81
a. Filosofía.....	
b. Características.....	
3. Electrónica de Seguridad.....	83
a. Luminosidad excesiva.....	83
b. Telescopio en movimiento.....	84
2) Software.....	86
1. Filosofía de programación.....	86
2. Despliegue en pantalla.....	87
3. Atención al usuario.....	87
4. Corrimiento de señales.....	88
5. Control de adquisición.....	88
3) Circuito Impreso.....	96
VIII. Costos y Conclusiones.....	103
IX. Bibliografía.....	108
X. Apéndices.....	110

I. INTRODUCCION

El Fotómetro Doble Rápido fué comprado a la universidad de Texas en Austin por el Instituto de Astronomía de la U.N.A.M. en 1974. Con esto, se abrieron campos importantes en el estudio de fotometría estelar, glóbulos estelares, así como extinción y evolución de galaxias. De igual forma, pueden obtenerse los colores de estrellas de diversos tipos espectrales, midiendo sus intensidades en varias longitudes de onda.

Anteriormente su operación requería del manejo de una computadora NOVA, dos monitores y dos unidades de cinta. Además de ser un sistema de manejo complejo, ya llevaba más de 15 años de funcionamiento exhaustivo.

Debido a la antigüedad del instrumento, su mantenimiento en lo que a la parte electrónica se refiere se iba haciendo cada vez más difícil y costoso, y esto, sumado a la dificultad de conseguir las piezas requeridas para su buen funcionamiento, provocó que se optara por cambiar la electrónica existente por otra más moderna.

Las alternativas de solución fluctuaban entre comprar una electrónica equivalente al fabricante original, seguir sosteniendo el mantenimiento actual ó la creación de un sistema sustituto por parte de los elementos del Instituto de Astronomía.

La primera alternativa, comprar el sistema, se desechó debido al costo excesivo del equipo. El seguir sosteniendo el mantenimiento actual era inoperante debido al escaseamiento de refacciones, al desconocimiento gradual de la máquina y a la imposibilidad de tener una electrónica completa de repuesto en caso de que la que estuviera en operación fallara a mitad de algún experimento.

Por estos inconvenientes, y gracias al bajo costo y avance de la electrónica actual, se decidió diseñar y contruir el sistema en el mismo instituto.

Surgieron distintas posibilidades de solución. La primera era la de crear una computadora de utilización específica que pudiera gobernar el fotómetro y guardar los datos generados en una unidad de disco. Este tipo de diseño, aunque barato, guardaba ciertos problemas. Por ejemplo, una virtud importante de un instrumento

Introducción.

astronómico es la facilidad de interacción con el usuario. Para esto, se requiere de un tablero de control claro y un despliegue en pantalla que pueda permitir al astrónomo ver con facilidad la evolución de su experimento. También tendría que tener un sistema de comunicación con otra computadora vía RS-232C, y el procesamiento de datos tendría que ser en ésta.

Otra posible solución era conectar el instrumento directamente a una computadora Charles River ya existente en el telescopio de 2m de diámetro colocado en el Observatorio Astronómico Nacional en la sierra de San Pedro Martir en Baja California Norte. Dicha computadora tiene integrada una interfase de uso general diseñada por el equipo del Instituto en la sede de Ensenada, B.C.N. que facilita en gran medida el diseño y puesta en marcha de la nueva electrónica. El problema principal es que al instrumento se le quita toda portabilidad al ser restringido su uso al telescopio antes mencionado.

Por último, otra solución, la definitivamente adoptada, fue la de diseñar una tarjeta de expansión para una computadora PC IBM compatible. Esto aumenta la portabilidad y compactibilidad del sistema, además de que se pueden utilizar las virtudes de procesamiento y despliegue en pantalla de una computadora personal compatible con IBM ya existente en el Instituto.

En un país donde la escasez de recursos económicos es tan grave, y en un siglo donde la creación y utilización de tecnología para el desarrollo tanto científico como comercial es vital, es necesario tener la capacidad de substituir los tecnologías importadas con otras de invención mexicana.

No es relevante el utilizar componentes manufacturados por otros países, lo que es importante es crear en la Universidad Nacional equipos humanos altamente capacitados, que puedan en un momento determinado, no solamente resolver pequeños problemas de aplicación en un área específica del conocimiento humano, sino que, dicha experiencia permita ser aplicada a necesidades reales de la industria.

Esta es la única forma en la que se puede entender el desarrollo tecnológico dentro de una universidad del tercer mundo, de otra manera, dicho conocimiento desarrollado sólo podrá ser

Introducción.

Útil para un muy pequeño sector de la sociedad, y por tanto será un desperdicio en muchos otros aspectos.

Es importante establecer que el desarrollo de la ciencia básica o investigación pura es esencial y parte integral de una universidad. De igual forma debe notarse que cualquier adelanto en esta ciencia va a redundar, forzosamente, en adelantos tecnológicos importantes, de hecho debidos a la necesidad real de la ciencia básica de procedimientos y medios de control novedosos y que sólo pueden obtenerse de una investigación tecnológica adecuada.

Por ello debe pensarse en el desarrollo de ambos tipos de investigación de forma paralela e interrelacionada. La evolución de una investigación básica provoca invariablemente el desarrollo de la investigación tecnológica y por ende una fuente de conocimientos al alcance del sector industrial del país. Ello redundaría en venta y transferencia de tecnología a este sector y de allí se obtendrían medios económicos para proseguir con la investigación básica, cerrándose el círculo y provocando un auge tanto de la universidad como del país.

II. PRINCIPIOS DE FOTOMETRIA

El observador fotométrico está principalmente interesado en la brillantez de los objetos celestiales en función de ciertos parámetros. tales como la longitud de onda, tiempo o intensidad de una imagen sobre el detector. Como regla, la dependencia de la brillantez con cierta longitud de onda es un factor esencial, aunque puede ser ignorada en algunos instantes, como en el caso de la simple determinación de la variación en tiempo en la brillantez de un objeto.

Las medidas directas de la brillantez que son obtenidas por cualquier estudio fotométrico son funciones no solo de los parámetros antes mencionados, sino también de otros varios más relacionados con el equipo que recibe la luz y a la atmósfera a través de la cual atraviesa ésta. Aún el espacio interestelar por el que viaja puede afectar apreciablemente las mediciones de brillantez. Por lo tanto el observador tratará generalmente de manejar los datos observados de manera que permita eliminar la mayor parte de los efectos que no están directamente relacionados con el objeto bajo estudio. Para hacer esto, el está obligado a considerar con cuidado todo lo anterior y a medir, controlar o minimizar su influencia directa en la información de brillantez recopilada. Más aún, la precisión del ajuste de los datos y la confianza en los resultados dependerá en gran medida de tomar las precauciones necesarias.

En muchos casos es posible obtener estudios fotométricos útiles sin la necesidad de tomar en cuenta cada uno de los factores que gobiernan las mediciones observadas de brillantez. Este es el caso de cuando solo se realizan mediciones relativas entre estrellas, como en el caso de la fotometría de banda media. En contraste con esto existe la fotometría de banda angosta o espectro-fotometría y, en el otro extremo, el trabajo en la banda ancha o radiometría. En este último caso diversos factores como son la transmisión instrumental y las características de reflexión, juegan un papel importante y deben ser considerados; en cambio, en el trabajo de banda media, estos factores requieren de poca o ninguna consideración en la reducción de los datos.

III. EL FOTOMETRO.

Para realizar los estudios fotométricos descritos en la introducción, se utiliza un instrumento llamado fotómetro, capaz de recibir, procesar señales luminosas provenientes de una fuente emisora y generar un tren de pulsos cuya frecuencia es proporcional a la brillantez de dicha fuente. A continuación se dá una explicación de su funcionamiento.

iii.1) Descripción General:

El fotómetro rápido es un instrumento controlado por computadora diseñado para la medición de la intensidad de dos estrellas simultáneamente, cuyos resultados pueden guardarse en una unidad de disco y/o ser vista de forma continua en un monitor. Esta forma de operación es llamada fotometría integral ó por su habilidad de utilizar escalas de tiempo cortas, fotometría de alta velocidad.

El instrumento detector está formado esencialmente por un par de fototubos montados en un solo guiador excéntrico que trabajan con el principio de conteo de fotones; el canal principal, usualmente llamado canal 1, es utilizado normalmente para medir ó monitorear la estrella en estudio, mientras que el segundo fototubo, montado sobre el ocular del guiador excéntrico, puede ser utilizado para medir la intensidad de la estrella guía. Si éste guiado excéntrico no es necesario, el segundo fototubo puede utilizarse para medir la intensidad del cielo.

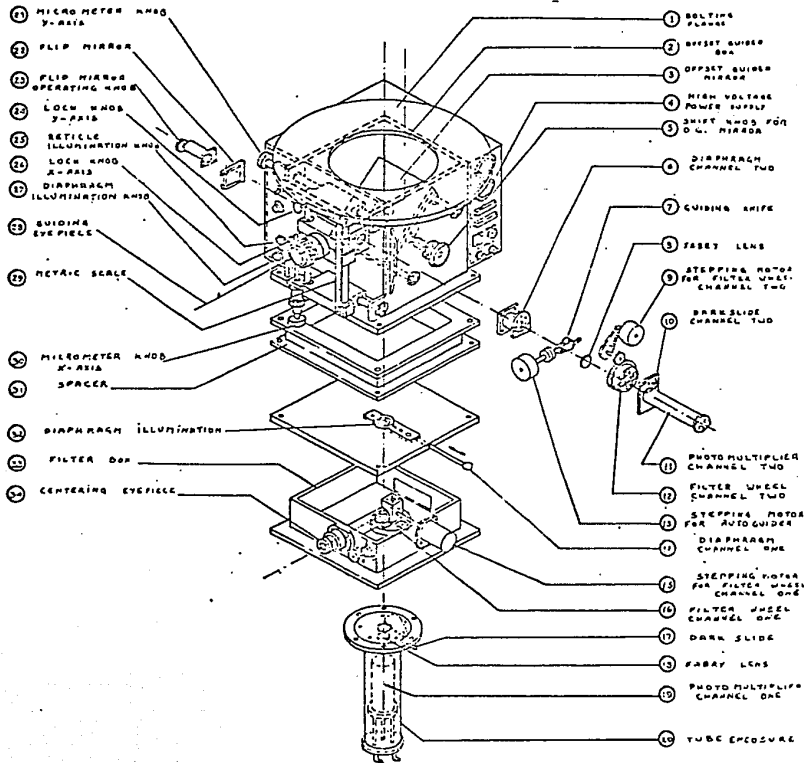
En la electrónica anterior, la computadora de control almacena los datos de entrada provenientes de los dos fototubos y los despliega en un monitor CRT tanto en forma analógica como digital. De igual forma puede escribir los resultados en cinta magnética o, vía un teletipo, en cinta de papel perforado.

En la electrónica actual, el instrumento es controlado por una computadora personal compatible con IBM, y los datos son almacenados en un disco duro al tiempo que pueden ser desplegados en un monitor las señales provenientes de cada uno de los fototubos y la razón entre ellos.

El Fotómetro

La manera en la que opera el fotómetro es más una función del programa de la computadora que del hardware, lo que hace al sistema muy flexible con respecto a la detección y reducción de los datos.

A continuación se muestra un dibujo esquemático del instrumento, con una breve descripción de sus partes:



iii.2) Cabeza del Fotómetro:

El sistema fotométrico completo se divide en dos partes: La primera contiene la parte óptica, las aperturas, filtros detectores manejados por motores de pasos, sus respectivos manejadores y la electrónica necesaria para manejar cables largos, mientras que la segunda parte consiste en la computadora y su interfase, el teclado, la unidad de disco y el monitor.

La primera parte, la cabeza del fotómetro, debe estar sujeta al telescopio y ser operada ahí, mientras que la segunda puede ser localizada en cualquier parte que se considere conveniente, generalmente en el cuarto de control.

La cabeza del fotómetro se mostró en la figura anterior. El guiador excéntrico tiene dos espejos móviles. El primero es uno largo plano con dos posibles posiciones y un orificio central. La primera posición, de 45 grados, permite a la luz emitida por la estrella llegar directamente al detector, sólo pasando a través de los lentes Fabry, por lo que ésta será la posición de medición. En la segunda posición, el espejo refleja la imagen al ocular superior, que contiene una retícula iluminada que ayuda al centrado de la estrella en estudio y, en una etapa posterior de medición, al seguimiento de la estrella guía.

Cuando el fotómetro ha sido apropiadamente ajustado, el colocar la estrella exactamente en el centro de la retícula garantiza que también va a ser centrada en la apertura del canal 1.

La estrella puede ser vista a través del periscopio del ocular inferior. Las aperturas son iluminadas por diodos emisores de luz (LED's) rojos cuya brillantez es controlada por perillas cercanas a los oculares.

Los filtros y diafragmas utilizados están colocados en dos revólveres independientes, cada uno colocado frente a cada fototubo. Dependiendo la medición deseada por el astrónomo, los filtros son seleccionados de manera directa o por control remoto desde la computadora. Esto es gracias a que, junto con la nueva electrónica, se habilitaron controles para los motores de pasos ya existentes en el instrumento.

iii.3) Fototubos:

El fototubo es un RCA 8850 de naturaleza bi-alcalina. Normalmente se opera sin refrigerar, ya que la cuenta de la corriente oscura generada por temperatura es menor de 100 c/seg. Considerando que en un segundo puede haber alrededor de 20 millones de cuentas, vemos que la razón 100/20 millones es suficientemente pequeña y podemos despreciarla. Trabaja a un potencial de 1600 V.

Corriente Oscura: En un fotomultiplicador, la corriente fluye en el ánodo aún cuando el tubo es operado en una oscuridad completa. La componente de CD de esta corriente es llamada corriente oscura de ánodo. Ella y su ruido resultante delimitan el nivel mínimo de detección de luz del fotomultiplicador. Es generada por tres fuentes principales: pérdidas óhmicas, emisión de electrones desde el cátodo a otros elementos del tubo y efectos regenerativos. La primera es debida a fallas en la manufactura del tubo, contaminación. La emisión de electrones ocurre cuando el potencial en los dínodos se incrementa y los efectos regenerativos ocurren a mayores voltajes y la corriente oscura aumenta y se hace errática.

La eficiencia cuántica del cátodo puede definirse como el promedio de fotoelectrones emitidos por fotón incidente; puede calcularse para cualquier longitud de onda con la siguiente ecuación:

$$\% QE = \frac{S \cdot 1239.5}{\lambda} (100)$$

Donde S es la sensibilidad radiante a la longitud de onda λ en amper por watt y λ es la longitud de onda en nanómetros.

Los pulsos de carga generados en los detectores son amplificados y regulados por amplificadores discriminadores en cada canal y enviados vía cable coaxial a los contadores de alta velocidad localizados en la interfase en la computadora de control.

Los fotomultiplicadores son dispositivos fotosensitivos extremadamente versátiles utilizados ampliamente en la detección y medición de energía radiante en el ultravioleta, visible y las

El Fotómetro

regiones cercanas al infrarrojo del espectro electromagnético. En este rango, los fotomultiplicadores son los detectores de energía radiante más sensitivos de los que pueden disponerse, descartando los sistemas CCD. La razón primordial es la utilización de amplificación de emisión secundaria, lo que hace posible para los fotomultiplicadores aproximarse a las características de un dispositivo ideal limitado solo por la fotoemisión estadística.

Otras características relevantes incluyen la elección de áreas fotosensibles que varían desde unas cuantas décimas de centímetro cuadrado hasta cientos de centímetros cuadrados, las amplificaciones internas cuyo rango varía desde 10 hasta 10^6 , su respuesta con tiempos de levantamiento tan cortos como un nanosegundo y el nivel de la salida compatible con una electrónica auxiliar sin la necesidad de una amplificación previa.

Son utilizados mayormente en la detección y medición de los rayos X, gamma y partículas energéticas, y encuentran utilización en investigación nuclear, control industrial y exploración espacial. La existencia de diversos tipos de lasers ha abierto muchos campos más de aplicación para los fotomultiplicadores en la espectroscopía de Raman, ranging laser, mediciones de precisión y comunicaciones. Son utilizados en equipo de video para casa y en el campo educacional audiovisual; equipo de reconcimiento de caracteres óptico utiliza los fotomultiplicadores para procesamiento por computadora.

La utilización de emisión secundaria como medio para lograr una amplificación de cierta señal fué una idea propuesta en 1919. A partir de ese año este conocimiento fué ampliándose, derivando en un desarrollo más fuerte en los últimos 45 años. El rápido crecimiento de la electro óptica en los 60's aceleró en gran medida el desarrollo de los fotomultiplicadores. La llegada de los fotocátodos bialcalinos y, más recientemente, el fotocátodo multialcalino extendido al rojo (ERMA: Extended Red Multi-Alkali photocathode) prometen nuevos desarrollos en el campo.

iii.4) Fotoemisión y Emisión Secundaria:

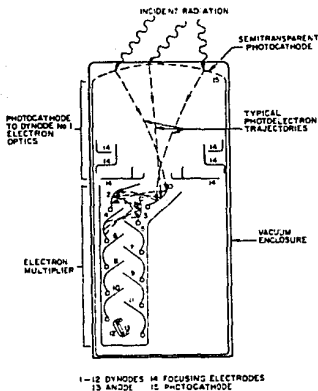
En esta sección se tratará la manera en la que la energía

El Fotometro

radiante es convertida a energía eléctrica en un tubo fotomultiplicador.

Estos tubos convierten la radiación incidente en las regiones del visible, infrarrojo y ultravioleta en señales eléctricas por medio del fenómeno de fotoemisión y luego son amplificadas por medio de emisión secundaria.

Un arreglo típico de un fotomultiplicador moderno se muestra en la figura iii.1 .



El Fotómetro

La energía radiante entra a la envoltura en vacío a través de la ventana que contiene un fotocátodo semi transparente depositado en su superficie interna. Este emite fotoelectrones debido al proceso de fotoemisión, a través de la interacción de la energía radiante incidente con los electrones del fotocátodo. Estos fotoelectrones de todas partes del fotocátodo son acelerados por un campo eléctrico externo de tal manera que golpean un área pequeña correspondiente al primer dínodo. Los electrones secundarios resultantes del proceso de emisión secundaria, derivados por el impacto de los fotoelectrones con el primer dínodo, son acelerados hacia el segundo por el mismo campo eléctrico, ahora entre los dínodos 1 y 2 y hacen impacto con este último. De nuevo los electrones secundarios son acelerados hacia el tercero. Este proceso es repetido hasta que los electrones dejan el último dínodo y chocan contra el ánodo, dejando el fotomultiplicador en la forma de un pulso de corriente.

Si, en promedio, 4 electrones secundarios son liberados en cada dínodo por cada electrón incidente en él, la amplificación de un fotomultiplicador con 12 etapas es de 4^{12} , o aproximadamente 17 millones. Es decir, la liberación de un solo fotoelectrón en el fotocátodo resulta en 17 millones de electrones colectados en el ánodo. Debido a que este pulso tiene una duración de alrededor de 5 nanosegundos, la corriente en el ánodo es de aproximadamente 1 miliampere en el pico del pulso de la señal de salida.

iii.5) Fotoemisión y fotocátodos:

La fotoemisión es un proceso en el cual los electrones son liberados de la superficie de cierto material por la interacción de fotones de energía radiante con dicho material. La energía de un fotón está dada por la siguiente ecuación:

$$E_{\nu} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

donde ν es la frecuencia de la radiación incidente, λ es la longitud de onda de la radiación incidente, h es la constante de Planck y c es la velocidad de la luz. Resolviendo esta ecuación

El Fotómetro

podemos determinar:

$$E_{\nu} = \frac{1239.5}{\lambda} \quad (2)$$

donde E_{ν} está en electrón volts y λ está en nanómetros. Entonces, los fotones de la luz visible que se encuentran en un intervalo de longitud de onda entre 400 y 700 nanómetros tienen energía que varía entre 3.1 y 1.8 electrón volts.

iii.6) Emisión Secundaria:

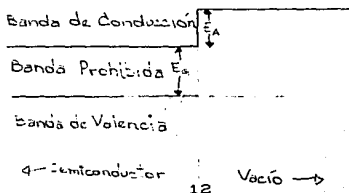
Cuando los electrones golpean la superficie de un material con la suficiente energía cinética, los electrones secundarios son emitidos. La razón de la emisión secundaria, δ se define como:

$$\delta = \frac{N_s}{N_e} \quad (3)$$

donde N_s es el número promedio de electrones secundarios emitidos por N_e electrones primarios incidentes en la superficie.

Los pasos involucrados en la emisión secundaria se pueden resumir como sigue:

- 1.- Los electrones incidentes interactúan con los electrones del material y los excitan a un estado más elevado de energía.
- 2.- Algunos de estos electrones excitados se mueven a la interfase del vacío-sólido. En seguida se muestra un diagrama de Energía.



3.- Esos electrones, que llegan a la superficie con mayor energía que la generada como barrera en la superficie son emitidos al vacío.

Cuando el rayo primario de electrones se impacta con el material del dínodo, su energía es disipada dentro del material y un número de electrones excitados se producen. Otra vez, el campo eléctrico externo los acelera ya en el vacío hacia el ánodo antes descrito.

Al hacer contacto con el ánodo, se produce una pulso de corriente que es convertido a niveles de voltaje reconocibles por la electrónica de adquisición, siendo sensado entonces dicho evento por la computadora de control.

IV. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.

Con la finalidad de manejar las señales eléctricas de la manera más eficiente posible, se deben estudiar los parámetros que afectan la transmisión y recepción de señales a través de los distintos medios por los que atraviezan.

Deben contemplarse, entonces, las líneas de transmisión, las técnicas de tierra y blindaje, tipos de conexiones, la familia lógica de la electrónica utilizada, la terminación de líneas y el ruido que todas estas implican.

iv.1) Consideraciones sobre ruido:

Aún cuando el significado de ruido es muy variado, dependiendo de las diversas interpretaciones que se pueden hacer acerca de él, éste término significará para nosotros los voltajes y corrientes extraños en sistemas lógicos digitales.

En los sistemas lógicos se deben considerar varios tipos de ruido, y se utiliza la siguiente clasificación:

-Ruido externo: ruido ambiental radiado al sistema. Este tipo de ruido resulta de contactores, escobillas de motores, arcos en contactos de relevadores o en campos magnéticos generados.

-Ruidos de líneas de potencia: Ruidos acoplados a través de sistemas de distribución de potencia tanto de corriente alterna como de directa.

-Inducciones cruzadas(cross talk): Ruido inducido a líneas de señales por otras cercanas.

-Ruido de señales de corriente: Es generado en impedancias de desvío a lo largo del circuito ocasionado por flujos de señales de corriente necesaria en el mismo.

-Reflexiones en líneas de transmisión: De líneas de transmisión sin terminar que causan sobrevoltajes y subamortiguamientos.

-Corrientes de pico: Ruido causado por cambios de estado en la etapa de salida de un amplificador clase B.

iv.2) Líneas de Transmisión:

Cualquier pista en un circuito impreso puede considerarse como una variación de una línea de transmisión. Si el tiempo de retardo de propagación de la línea es corto con respecto al tiempo de levantamiento de la señal, cualquier reflexión existente es encubierta durante dicho tiempo, y no va a verse como un sobre disparo u oscilación. Como resultado, debido a la alta razón de tiempo de levantamiento contra el tiempo de retardo de propagación, las líneas para señales pueden ser de varios metros de longitud sin que se provoque una distorsión de la señal. Sin embargo, al mismo tiempo que la rapidez de transición se incrementa con familias lógicas más veloces, la longitud de las líneas deben ser acortadas para poder retener la integridad de la señal.

Existen dos técnicas que pueden ser utilizadas para permitir que circuitos de alta velocidad operen sobre líneas de longitud relativamente grande. TTL utiliza una entrada 'gancho' para transiciones negativas rápidas. La energía del sobredisparo es enganchada a una caída de diodo a nivel de tierra, lo que reduce en gran medida el bajo disparo siguiente. La transición positiva, más lenta, está habilitada para el sobredisparo, pero éste es eliminado debido a la relativamente alta impedancia de salida (50-80 ohms) del circuito en el estado lógico 1. De igual forma, una mayor inmunidad a ruido en el estado 1 hace que cualquier bajo disparo sea menos crítico.

Las desventajas de la técnica TTL se hacen evidentes a razones de bit más altas y velocidades de transición más rápidas, cuando a lo largo de la línea se cuelgan diversos componentes. Como las reflexiones están presentes en las líneas, su tendencia será combinarse, ocasionando distorsiones y pérdida de inmunidad a ruido de la señal.

ECL utiliza otra técnica para el manejo de líneas y para evitar problemas de reflexión: iguala la impedancia de la línea.

Los factores básicos que deben de tomarse en cuenta para la selección del tipo de línea de transmisión son:

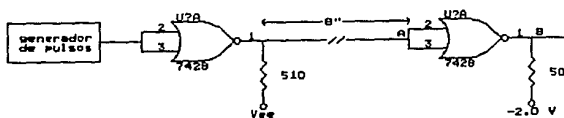
- Tiempo de levantamiento del sistema.

Acondicionamiento de S.

- Distancia de interconexión.
- Carga capacitiva a la salida (fan-out).
- Carga resistiva (terminación de línea).
- Porcentaje permitido de sobre y bajo disparo.

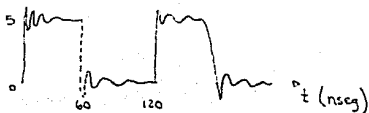
Como regla general, un bajo disparo no debe exceder de un 10% de la amplitud, mientras que un sobre disparo no debe exceder de un 35% del swing lógico máximo. Este último mantiene la entrada fuera de saturación y el 10% de bajo disparo es menor a 100 mV de pérdida en el margen de ruido.

En la figura se muestra un ECL manejando un alambre abierto de 8 pulgadas. Es claro el mal manejo de la señal.



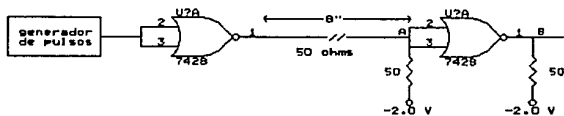
A continuación se muestra su forma de onda obtenida en un osciloscopio:

voltaje (V) \uparrow

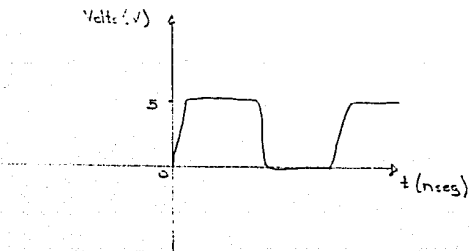


Acondicionamiento de S.

En la siguiente figura se muestra una línea de igual longitud pero adecuadamente terminada.

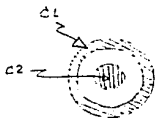


La forma de onda encontrada en el osciloscopio es:



iv.2D.1-Geometrias de Lineas de Transmision :

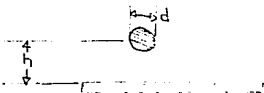
Cable coaxial y par trenzado:



Algunos tipos comunes de cable coaxial tienen impedancias características de 50, 75 o 125 Ω . Los pares trenzados se manufacturan de cable AWG de 18-28 y con alrededor de 30 vueltas por pie. Tiene una impedancia característica de alrededor de 110 Ω . Estos tipos de cables son altamente recomendables para líneas largas (back plane).

Cable sobre tierra:

En la siguiente figura se muestra la naturaleza de este tipo de cable.



La expresión para calcular su impedancia característica es

$$Z_0 = \frac{60 \ln \left(\frac{4\pi h}{d} \right)}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

donde: ϵ_r es la constante dieléctrica alrededor del cable. Generalmente, la impedancia característica es de 120 $\Omega \pm 40\%$, dependiendo de la distancia al plano y proximidad con otros cables.

Acondicionamiento de S.

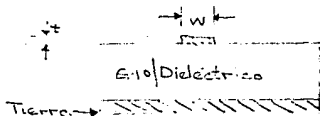
Lineas planas (microstrip) :

Este tipo de líneas está formado por un conductor plano separado de un plano de tierra mediante un dieléctrico. Si lo delgado y el ancho de la pista, así como la distancia al plano de tierra pueden ser controlados, puede obtenerse una impedancia característica conocida con anticipación, controlada dentro de un 5% .

Su impedancia característica es:

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \left(\frac{5.98 * h}{0.8 * w + t} \right) \quad (2)$$

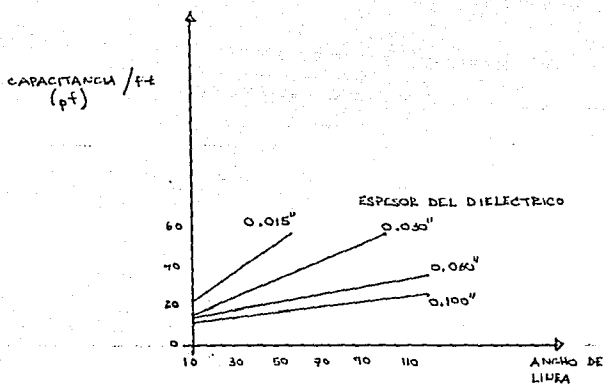
Su geometría física es la siguiente:



para todo caso, podemos considerar la constante dieléctrica de la tarjeta G-10 epóxica como de 5.

Las gráficas siguientes muestran la capacitancia característica para este tipo de línea, así como también la capacitancia por pie.

Accondicionamiento de S.



Acondicionamiento de S.

La inductancia por pie está dada por:

$$L_0 = Z_0^2 C_0 \quad (3)$$

donde C_0 está dado en capacitancia/pie.

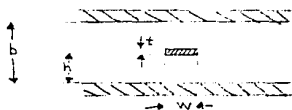
El tiempo de propagación de retardo será:

$$t_{pd} = 1.07 \sqrt{0.475 \epsilon_r + 0.67} \quad \text{nseg/pie} \quad (4)$$

Para la tarjeta G-10: $t_{pd} = 1.77$ nseg/pie.

Líneas entre dos tierras:

Su geometría es la siguiente:



Su impedancia característica está dada por:

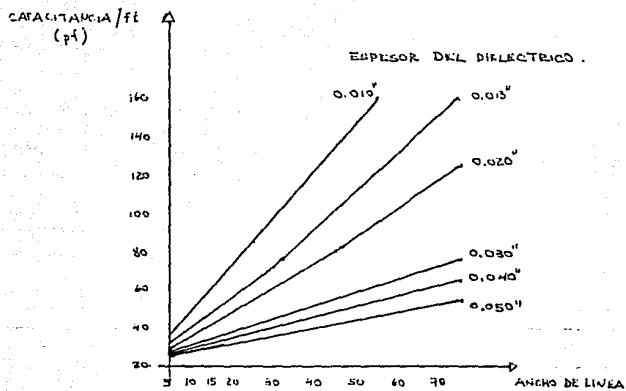
$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left[\frac{4\pi b}{0.67\pi w(0.8 + t/w)} \right] \quad (5)$$

y sus parámetros inductancia y tiempo de retardo de propagación:

$$L_0 = Z_0^2 C_0 \quad (6)$$

$$t_{ph} = 1.017 \sqrt{\epsilon_r} \approx 2.26 \text{ nseg/pie} \quad (7)$$

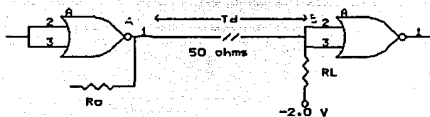
las gráficas que representan la capacitancia son:



Acondicionamiento de S.

iv.2).2-Operación básica de las líneas de transmisión:

Si tenemos el siguiente circuito:



Tenemos que:

(8)

$$\Delta V_A = \Delta V_{int} \frac{Z_0}{R_0 + Z_0} \quad R_0 \rightarrow 0$$

$$\rho_L = \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0}$$

ρ_L : coeficiente de voltaje de reflexión T_D después.

$2T_D$ después:

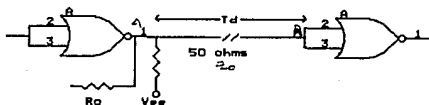
$$\rho_S = \frac{R_0 - Z_0}{R_0 + Z_0}$$

ρ_S : coeficiente de reflexión de rebote.

La reflexión continúa balanceándose de un lado al otro, siendo reducida sucesivamente por los coeficientes de reflexión y la resistencia de la línea.

iv.2).3- Líneas sin terminar ó abiertas (stub):

Considérese la siguiente figura:



Al tiempo T_D la señal llega al punto B y como Z_{in} de la compuerta es muy alta con respecto a Z_0 , se genera un

Acondicionamiento de S.

sobredisparo. Al tiempo $2T_D$ llega el rebote a A y como R_0 es muy pequeña, se genera un bajo disparo. A $3T_D$ llega a B con un valor negativo, lo que produce un bajo disparo en B. Esta, sucesivamente, provoca una pérdida de inmunidad a ruido. A este fenómeno se le llama balanceo ó ringing.

La longitud máxima de una línea abierta puede determinarse por la siguiente expresión:

$$l_{\max} \leq \frac{t_r}{2t_{pd}} \quad \begin{array}{l} t_r: \text{ tiempo de levantamiento de la señal.} \\ t_{pd}: \text{ tiempo de retardo de propagación por} \\ \text{unidad de longitud.} \end{array}$$

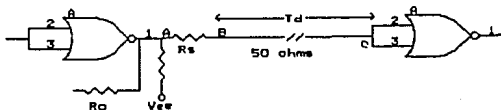
En general, la configuración de pistas que permite una mayor longitud es la de líneas planas con plano de tierra (μ strip). A continuación se muestra un ejemplo de ello para la familia ECL.

	Z_0 (OHMS)	FANOUT * 1	FANOUT * 2	FANOUT * 4	FANOUT * 8
		(29 pF)	(58 pF)	(116 pF)	(232 pF)
		l_{\max} (IN)	l_{\max} (IN)	l_{\max} (IN)	l_{\max} (IN)
MICROSTRIP (Propagation Delay 0.148 ns/in)	50	8.3	7.5	6.7	5.7
	68	7.0	6.2	5.0	4.0
	75	6.9	5.9	4.6	3.6
	82	6.6	5.7	4.2	3.3
	90	6.5	5.4	3.9	3.0
	100	6.3	5.1	3.6	2.6
STRIPLINE (Propagation Delay 0.188 ns/in)	50	6.5	5.9	5.2	4.5
	68	5.6	4.9	3.9	3.2
	75	5.3	4.7	3.6	2.8
	82	5.2	4.4	3.3	2.6
	90	5.1	4.3	3.1	2.4
	100	4.9	4.0	2.8	2.1
BACKPLANE (Propagation Delay 0.140 ns/in)	100	6.6	5.4	3.8	2.8
	140	5.9	4.3	2.8	1.9
	180	5.2	3.6	2.1	1.3

iv.2).4- Líneas con terminación en serie:

Los sobredisparos y oscilaciones en líneas más largas pueden controlarse con esta técnica. Lo esencial es que Z_0 de la línea sea igual a la $R_0 + R_s$ existente.

Si consideramos la siguiente figura:



El funcionamiento es el siguiente: si la compuerta driver se encuentra en 0 lógico, el cambio de voltaje al punto B será:

$$\Delta V_B = \left[\frac{Z_0}{R_s + R_0 + Z_0} \right] \quad (11)$$

y como $R_0 + R_s = Z_0$ entonces:

$$\Delta V_B = \frac{\Delta V_{int}}{2} \quad (12)$$

luego de un tiempo T_D , la forma de onda llega al punto C, donde el voltaje se duplica debido al coeficiente de reflexión al final de la línea. Un tiempo $2T_D$ después, el voltaje reflejado llega al punto B, dejándose de producir otra reflexión debido a la igualación de impedancias.

Una de las ventajas de utilizar este tipo de línea es que solo se requiere una fuente de poder, y por ende, un menor consumo

de potencia.

Una desventaja es que la carga distribuida a lo largo de la línea no puede ser utilizada, debido a la mitad del voltaje que viaja por ella.

En general, la terminación serie y la damped pueden ser utilizadas para extender las líneas a cualquier longitud, mientras que los sobre y bajo disparos se reducen a cierto valor predeterminado.

Si se utiliza un valor apropiado de R_s , no existe restricción en la longitud de la línea ó capacitancia al final de ella. Desde luego, las pérdidas óhmicas de la línea y los tiempo de retardo de propagación de la misma deben ser considerados.

iv.2).5 Líneas con terminación en paralelo:

Son utilizadas para circuitos rápidos y para manejar cargas distribuidas. En este tipo de líneas, la terminación substituye la resistencia a tierra de salida. Su funcionamiento es comparativamente simple:

$$\Delta V_A = \Delta V_{int} \left[\frac{Z_0}{R_0 + Z_0} \right] \quad (13)$$

Como la terminación de la línea tiene su misma impedancia, no se generan reflexiones.

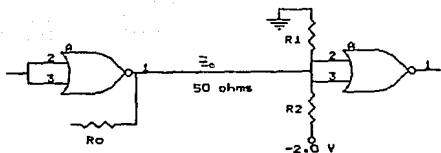
Una característica importante de este tipo de terminación es la forma de onda sin distorsionar a lo largo de toda la línea. Su ventaja es que puede utilizarse con cableado plano trasero y wire grap. Para aumentar la economía en consumo de potencia, la línea se termina a una fuente de -2V dc.

Una vía alternativa es utilizar dos resistencias formando un divisor de voltaje. Su equivalente de Thevenin es una resistencia igual a la impedancia característica de la línea.

Para el siguiente circuito tenemos que los valores óptimos son:

$$R_2 = 2.6Z_0 \quad R_1 = R_2 / 1.6$$

Acondicionamiento de S.



iv.2).6 Comparación entre las distintas líneas de transmisión:

En la tabla siguiente se muestran los casos típicos donde las distintas terminaciones pueden ser necesarias, así como las técnicas a utilizar.

Las líneas con terminación en paralelo tienen ventajas cuando la velocidad es el factor principal. Como la electrónica integrada maneja señales de hasta 80 MHz, este es el tipo de terminación escogida para el desarrollo del proyecto.

Acondicionamiento de S.

SITUATION	PARALLEL TERMINATED LINE	SERIES TERMINATED LINE	OPEN LINE
1. Line lengths are shorter than specified (Fig. 3-13, -14, -15).	Yes	Yes	Yes
2. Driving gate drives 1 line, of length greater than specified (Fig. 3-13, -14, -15).	Yes	Yes	No
3. Driving gate drives 3 or more lines of lengths greater than specified (Fig. 3-13, -14, -15).	No	Yes	No
4. Gate loads must be distributed along a long transmission line.	Yes	No	No
5. Many gates are lumped at the end of long transmission line.	Yes	Yes	No
6. Only one power supply is to be used and the LOWEST power consumption is desired.	No	Yes	Yes
7. Two power supplies are used and the lowest power consumption is desired.	Yes	Yes	Yes
8. Back plane wire lengths are shorter than specified (Fig. 3-13, -14, -15).	Yes	Yes	Yes
9. Back plane wire lengths are longer than specified (Fig. 3-13, -14, -15), and a ground screen is used in back plane.	Yes (150 ohms)	Yes (100 ohms)	No
10. Back plane wire lengths are longer than specified (Fig. 3-13, -14, -15). (no ground screen is used).	Use Twisted Pairs, or Coax	No	No
11. Large temperature differentials exist between card bays or racks.	Use Twisted Pairs	No	No
12. Driving gate drives 3 or more lines in back plane longer than specified (Fig. 3-13, -14, -15).	No	Yes (100 ohms)	No
13. Wires are bundled closely together near noisy portion of system.	Use Coax or Twisted Pairs	Coax	No

iv.3) Interconexiones y aterrizaje:

En cualquier sistema donde se involucren conexiones entre equipos y cómputo, las interconexiones son la mayor fuente de ruido. Comúnmente, estas son realizadas a través de cables o planos traseros cuyas longitudes pueden variar desde unos cuantos centímetros hasta varios metros. Cuando el cableado es realizado inapropiadamente, el ruido eléctrico de motores, tormentas y casi cualquier equipo electrónico cercano puede penetrar fácilmente el cableado donde se confunde con señales de control y datos. La transmisión electrónica en cables de interconexión, especialmente los largos, no se comporta de la misma manera que cuando se utilizan interconexiones para transmisiones en distancias cortas. Los principios básicos, sin embargo, son iguales para cualquier longitud utilizada.

Cuando se utilizan varios equipos conectados entre sí se requiere que la tierra de chasis de todos ellos esté a un mismo potencial. Si se utiliza como suministro de potencia un circuito AC que contiene un cable de tierra, podría parecer redundante conectar una tierra extra entre los equipos. Este es el caso de equipos colocados muy cercanos físicamente. Pero habría que considerar el caso de cuando dos equipos están alejados uno de otro, por ejemplo, de un edificio a otro.

En estas condiciones, aún cuando cada equipo está conectado a la tierra física del circuito AC, el simple hecho de que estén separados provoca un incremento de potencial entre ellos que puede llegar a ser de varios volts. De igual forma esto sucedería con el solo hecho de estar conectados dentro de un mismo cuarto, pero a diferentes interruptores de protección. Como la resistencia de la tierra física es muy pequeña, unos cuantos volts de diferencia entre los chasis de dos equipos puede provocar la circulación de corriente varias veces mayor a la que podría soportar dicho equipo, dañándolo a veces de forma irremediable. Si no se cuida este tipo de conexión, aun cuando se soporte la corriente generada por la diferencia de potencial, el equipo puede ser dañado fatalmente y el cableado destruido si existiera una tormenta eléctrica que provocara que dicho potencial creciera

desmesuradamente.

Por otro lado, cualquier tipo de conexión provoca ciclos de tierra en el sistema, lo que inyecta ruido a las señales manejadas, al aumentar el voltaje entre las tierras físicas y nuestros equipos.

La diferencia de potencial entre tierras de dos circuitos impresos puede nulificar la inmunidad a ruido de las señales fácilmente. La diferencia entre dos chasis puede traducirse en la creación de ruido que asemeja señales de pulsos cortos. Estos pueden provocar disparos no deseados de compuertas u oscilaciones.

iv. 4) Blindajes:

El equipo eléctrico debe funcionar en ambientes en extremo ruidosos. Los pulsos de ruido pueden provenir de diversas fuentes, pero su origen es en campos electrostáticos o electromagnéticos y debe evitarse que sus frentes de onda penetren a los equipos. Los campos de ruido por lo general cambian en forma muy rápida, por lo tanto, los blindajes requeridos para anularlos son relativamente pequeños. Para una exclusión efectiva del ruido, el circuito sensitivo debe estar completamente blindado; aun cuando el aluminio y materiales similares son efectivos para evitar los ruidos electrostáticos, sólo los materiales ferrosos pueden proteger en forma satisfactoria al equipo contra campos magnéticos. El blindaje debe estar conectado a tierra física con el fin de evitar el acoplamiento del ruido al sistema.

iv. 5) Inducción cruzada (cross talk):

Al aplicar voltajes y corrientes en una línea conectora de un sistema, es imposible que las líneas adyacentes permanezcan inafectadas. Campos estáticos y magnéticos interaccionan y circulan flujos de corriente de tierra en sentido opuesto, creando encadenamientos en los campos magnéticos. Estos efectos de acoplamiento cruzado son conocidos como inducción cruzada.

Puesto que esta es función de la relación de impedancias mutuas y las impedancias características de la línea, la selección

del tipo de línea de transmisión debe ser un factor a considerar para minimizarla. Los acoplamientos mutuos se pueden reducir utilizando cable coaxial o par torcido blindado. Sin embargo, al disminuir la inductancia y capacitancia mutuas, la capacitancia de la línea aumenta imponiendo restricciones al transmisor. El cable coaxial combina impedancias mutuas muy altas con impedancias bajas características, además de estar blindado; elimina efectivamente la inducción cruzada, por lo que es necesario utilizarse en ambientes ruidosos. Los cables de par torcidos son por lo general satisfactorios y son típicamente más baratos y fáciles de trabajar.

iv. 6) Conversion ECL-TTL:

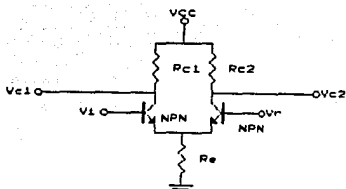
Debido a que los amplificadores de los fototubos del fotómetro envían las señales en tecnología ECL, es necesario hacer una conversión entre esta lógica y la TTL utilizada en el diseño de la lógica de control. Para esto se utilizan un componente específicamente diseñado, cuyo número de identificación es el MC10125 de Motorola.

Las familias lógicas RTL, DTL y TTL, padecen de una limitación fundamental en su operación en alta velocidad. Esta limitación ocurre debido a que en estas familias los transistores son manejados a las áreas de saturación y corte, causando un tiempo de retardo de propagación más alto. Entonces debe buscarse una lógica que maneje sus transistores sólo entre las zonas de corte y activa. Si diseñamos un transistor de manera que esté trabajando en su región activa, entonces cualquier fuga del voltaje aplicado a la entrada será suficiente para llevarlo a la zona de corte ó saturación.

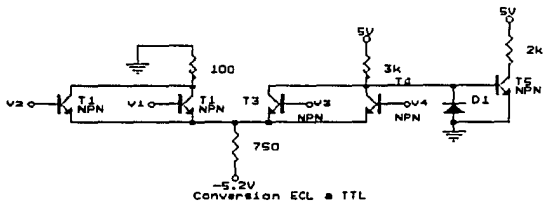
Es posible hacer trabajar a un transistor en su zona activa de forma estable si introducimos una retroalimentación negativa, llevada a cabo simplemente con colocar una resistencia alta en emisor. Este es el caso de la familia lógica ECL.

El mecanismo consiste en conmutar una corriente de emisor nominalmente fija de un transistor a otro. El diagrama se muestra en la figura:

Acondicionamiento de S...



Un circuito para convertir de ECL a TTL se muestra en la figura siguiente:



El circuito es capaz de operar en lógica positiva o negada. Para la operación negada V_4 se conecta a un voltaje de referencia V_r y V_3 a un cero lógico. Entonces $V_0 = V_1 \text{ NOR } V_2$.

V. ARQUITECTURA GENERAL DE LA PC :

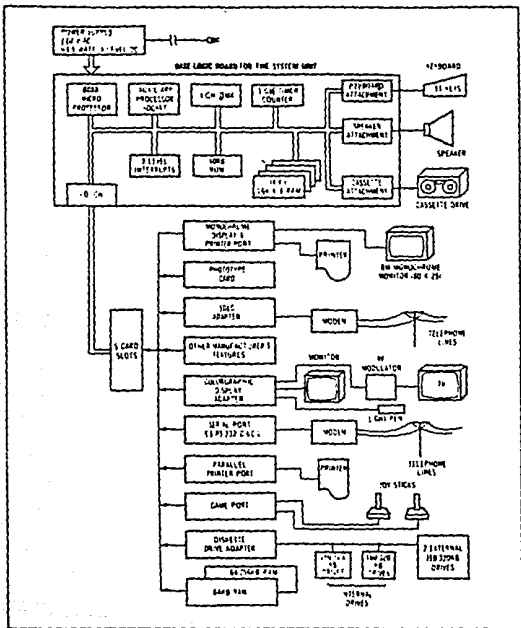
En el presente capítulo se dará una breve descripción de la arquitectura general de la PC, así como una explicación del sistema.

Los componentes básicos de una computadora personal consisten en la unidad del sistema, el teclado, el despliegue monocromático, y el adaptador para impresora.

v.1) Unidad del Sistema:

La importancia primordial de entender esta unidad estriba en que la mayoría de las aplicaciones en interfases requieren utilizar las ventajas y capacidades presentes en esta tarjeta.

Es la caja que contiene casi en su totalidad a la computadora, es decir, consta de un microprocesador de 16 bits, las memorias RAM y ROM, un manejador de diskettes, una bocina con su respectivo manejador para aplicaciones de audio, de forma estandar contiene también una serie de slots o canales de conexiones para puertos que permiten la expansión del sistema y por último contiene un manejador para almacenamiento de datos en fuentes distintas a diskette. Está polarizado por una línea convencional de 110 volts, que va regulada, entrega 650 W de potencia. En la figura se muestra un esquema de componentes de la PC..



Arquitectura de la PC.

La parte primordial de la unidad es la tarjeta de sistema o tarjeta madre. Contiene la gran mayoría de las partes electrónicas de la PC, entre ellas los elementos antes mencionados a excepción de la fuente de poder, la cual es independiente.

El microprocesador es un 8088 de 16 bits, la RAM es de hasta 64K bytes, la ROM de 40 KBytes y los adaptadores I/O son los que controlan los periféricos.

Los canales de conexión o slots son la clave del éxito del diseño de la PC, ya que la convierte en una computadora abierta y versátil a la que se le puede conectar fácilmente sistemas electrónicos según las necesidades específicas del usuario.

Si la tarjeta del sistema es el corazón de la máquina, el microprocesador 8088 es el centro de la tarjeta.

Este microprocesador surgió de la necesidad de tener un dispositivo que pudiera estandarizar con los sistemas ya existentes en el mercado. El primero de esta serie fue el 8086, utilizando ciclos de pre fetch con cola de 6 bytes de longitud y canal de datos de 16 bits. Esto ponía en problemas a los diseñadores de sistemas del momento, ya que el canal de datos estandar era de 8 bits, por lo que se tenía que crear un microprocesador que internamente manejara 16 bits, pero acoplándose a los requerimientos de aquellos diseñadores; de allí surgió el 8088.

A continuación se enumeran sus características principales:

Arquitectura interna de 16 bits.

Capacidad de acceso de 1 MegaByte de memoria.

8 y 16 bits signada y no signada en decimal y binario, incluyendo multiplicación y división.

14 registros de 16 bits.

Capacidades de interrupción mascarables y no mascarables.

Modos de direccionamiento con 25 modalidades.

Capacidad de acceso directo a memoria.

Puede soportar coprocesadores en el canal local.

Soporta tanto mapeo I/O de memoria como de puertos.

Operaciones en cadenas de caracteres.

Puede acceder hasta una megabyte de memoria debido a que utiliza 20 bits para direccionamiento, conteniendo datos o

Arquitectura de la PC.

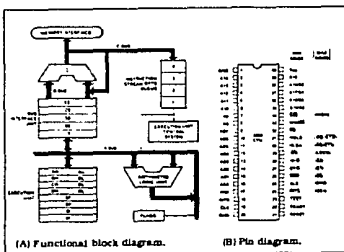
programas, y soporta las funciones de interrupción y acceso directo a memoria.

De igual forma puede operar a una velocidad de reloj de 5 MHz. La velocidad de este sistema es de 4.77 MHz. Esta frecuencia es obtenida de un cristal oscilador de 14.31818 MHz. El cual es dividido por tres por el generador de reloj 8284A. La frecuencia del cristal es dividida por cuatro para obtener la señal de color de 3.587 MHz para televisiones a color.

Como un estado T es de alrededor de 210 nanoseg cuando el CPU opera con un reloj de 4.77 MHz, y va que el mínimo ciclo de lectura/escritura del CANAL consiste de cuatro períodos de reloj del CPU, por lo tanto un ciclo de Canal consiste de 840 nanoseg.

v.2) El microprocesador 8088

Una manera correcta de aprender acerca del microprocesador 8088 es describir las funciones de los pines de interfase del mismo. En la figura se muestra el diagrama funcional a bloques.



Algunos de los pines tienen dos funciones. Cuando el pin MN/Mx verifica la función mínima, el sistema es compatible con aquel del 8085 con respecto a la circuitería de soporte. De este modo no se requiere un chip controlador dado que los comandos del canal son generados por el mismo microprocesador y no se pueden

Arquitectura de la PC.

conectar coprocesadores.

En una PC el micro está configurado en modo máximo: debido a esto existen varias señales afectadas: Mn/Mx, S0.S1.S2,RO/GT1, QS0, QS1, LOCK.

De S0 a S2 son utilizadas para proporcionar ciclos de estado de la máquina, RO/GTO y RO/GT1 son utilizadas para el control de prioridades del canal local.

La señal LOCK es utilizada para garantizar que otro canal maestro no obtenga el control del canal del sistema, mientras el CPU esté ejecutando una instrucción. Generalmente se conecta a la lógica de estado de WAIT para asegurar el control del canal por el CPU.

Las 8 señales AD0 a AD7 son utilizadas para transferir información de memoria y direcciones de I/O en cada ciclo de canal. Son multiplexadas: presentan los bits de dirección A0 a A7 al principio del ciclo de canal y, luego, son utilizadas como canal de datos por el procesador.

Las señales A8-A15 no están multiplexadas y permanecen estables a lo largo de todo el ciclo de canal. En el diseño de una PC, estas líneas son muestreadas, convirtiéndose, junto con las señales AD0-AD7, en el canal de direcciones del sistema.

El 8088 tiene 25 modalidades de direccionamiento: es un conjunto de reglas que especifican la localización de un dato utilizado durante la ejecución de una instrucción. La modalidad más sencilla es cuando un dato se localiza en un registro determinado: la más compleja, cuando se suma el contenido de dos registros en una cantidad de 8 ó 16 bits, que se encuentra en el programa. El resultado de la suma nos indica la dirección del dato.

Dado que el canal de datos del 8086 es del doble de ancho que el del 8088, se podría esperar que el primero fuera el doble de rápido. Esto no es verdad. Una razón es que muchas aplicaciones requieren transferir datos en 8 bits. Otra es que el procesador tiene que hacer bastantes más cosas que transferir datos. La razón primordial tiene que ver con algunas características del diseño, a saber, el procesador interno dual y la cola de instrucciones de estructura tubular (pipeline).

Intel diseñó estos microprocesadores para realizar al mismo

Arquitectura de la PC.

tiempo las principales funciones internas de transferencia de datos y búsqueda de instrucciones. Para conseguirlo, constan de dos procesadores interconectados en el mismo componente

Ver figura anterior

Una unidad está encargada de buscar instrucciones y la otra de ejecutarlas. Además, la unidad encargada de buscar instrucciones utiliza un método de estructura tubular o por cola para almacenar nuevas instrucciones hasta que se requieran (prefetch).

Al procesador principal se le llama unidad de ejecución (EU). Está encargado de codificar y ejecutar todas las instrucciones. La EU de ambos micros es idéntica. Al otro procesador se le llama la Unidad de Interfase de Canal (BIU: bus interface unit). Esta se encarga de localizar las instrucciones y de transferir todos los datos entre los registros y el mundo exterior. La del 8088 es más compleja que la del 8086, ya que debe transferir datos entre el canal de datos interno de 16 bits y el canal externo de 8 bits.

Estos microprocesadores utilizan un esquema ingenioso llamado segmentación, para acceder correctamente un mega byte de memoria, con referencias de direcciones de sólo 16 bits.

Cualquier dirección tiene dos partes, cada una de las cuales es una cantidad de 16 bits. Una es el desplazamiento y la otra es la dirección de segmento. La primera se compone de un número fijo, una base y un índice. La dirección de segmento se almacena en uno

Arquitectura de la PC.

de los cuatro registro de segmento (CS, DS, ES, OS). El procesador utiliza estas dos cantidades de 16 bits para calcular la dirección real de 20 bits, según la siguiente fórmula:

$$\text{Dir. real} = 16^* (\text{dir. del segmento}) + \text{Desplazamiento}$$

El microprocesador acepta dos tipos de interrupciones: internas y externas. Las primeras, pueden ser enviadas por software, tales como una interrupción predefinida. Las externas pueden también ser divididas en dos categorías: mascarables y no mascarables. La primera es enviada al CPU a través de la terminal INTR, una vez sensada, el 8088 probará la bandera de interrupción, para determinar el tiempo de aceptación, y la interrupción es etiquetada. En el caso de la interrupción no mascarable, el servicio de la demanda es inmediato, y se utiliza cuando la acción tiene la prioridad más alta, por ejemplo, una falla de voltaje en la línea de alimentación.

v.3) Dispositivos de soporte:

Existen una serie de chips que proveen al 8088 circuitería para tres tipos de funciones : lógica para generación de pulsos de reloj, lógica para la interfase de canal y controladores. Realizan funciones vitales para el sistema, como la sincronización, la conexión de los procesadores con el resto del sistema y la conexión de la computadora con el mundo exterior.

v.3.1 Lógica de generador de pulsos de reloj:

Cualquier sistema basado en 8088 requiere una lógica adicional encargada de generar las señales de sincronización para todo el sistema. El generador de pulsos de reloj 8284 de Intel, junto con un cristal oscilador externo, es un chip diseñado para estas funciones.

Es un chip con 18 terminales que puede utilizarse para generar pulsos de reloj. Estos determinan la velocidad de funcionamiento del sistema. La máxima velocidad estandar para

Arquitectura de la PC.

estos procesadores es, como antes se mencionó, de 5 MHz, aunque algunos chips en particular funcionan a 8 MHz.

El generador de pulsos 8284 necesita un cristal oscilador, o una señal lógica externa como fuente de frecuencia. La opción se especifica conectando una terminal a tierra.

Para conseguir un rendimiento óptimo de los procesadores, los pulsos de reloj generados por este componente tienen un ciclo de trabajo de 1/3. La fuente de la frecuencia proporciona una frecuencia con un valor tres veces más alto que aquella resultante del 8284. Seleccionando el cristal oscilador adecuadamente, puede variarse la velocidad entre 5 v 8 MHz.

Las señales que normalmente salen del generador de reloj hacia el procesador son CLK, RESET y READY.

La función READY es importante en nuestra aplicación de interfases debido a que ayuda a sincronizar al procesador con los dispositivos externos más lentos. Va desde el dispositivo externo al procesador, pasando a través del generador de pulsos de reloj. Cuando el procesador quiere acceder a un dispositivo que no está preparado para la transferencia, este envía un 0 lógico por línea, de esta manera el procesador esperará hasta que aparezca un 1 lógico para continuar.

v. 3D.2 Lógica de interfase del canal:

Esta lógica es necesaria por dos razones: La primera es que las señales de los procesadores pueden no ser lo suficientemente potentes para controlar al resto del sistema y la segunda es que las señales producidas por los procesadores puede que no correspondan directamente a las señales que requiere el resto del sistema.

El controlador de Canal 8288, el Transceptor de Datos Octal 8286 y el Latch Octal 8282 se utilizan para solventar estos problemas de interfase en un sistema 8086/8088 en modo máximo. Además, el selector de canal 8289 se utiliza como interfase de los grupos de procesadores con el canal principal del sistema.

Estos tres componentes resuelven el problema de exceso de señales e incluyen toda la lógica de control necesaria. Un canal

Arquitectura de la PC.

del sistema tiene cuatro subcanales: de alimentación, control, dirección y datos. Descartando el primero, cada uno de los componentes citados realizan la labor de interfase de los elementos del sistema con cada uno de los subcanales.

v. 3).3 El controlador de canal 8288:

Es un componente de 20 terminales encargado de realizar la interfase entre el procesador y el canal de control. Decodifica las señales S0, S1 y S2 del 8086 en modo máximo y genera un conjunto completo de señales de control, tales como la de lectura en memoria (MRDC), control de lectura de I/O (IORC), control de escritura en memoria (MWTC), control de escritura de I/O (IOWC), latch de direcciones disponibles (ALE) y datos disponibles (DEN). Algunas de estas señales de control, como las de lectura y escritura, tienen como destino el canal del sistema, mientras que otras, tales como las direcciones o datos disponibles, son señales destinadas a los otros componentes de interfase del procesador con los otros subcanales.

v. 4) Controladores de dispositivos y del sistema:

Los controladores del sistema se encargan de controlar automáticamente funciones especiales de este como la transferencia rápida de bloques de datos, ó la coordinación de varias interrupciones. El controlador programable de acceso directo a memoria (DMA) realiza la función de transferencia rápida, y el controlador programable de interrupciones 8259, que controla, como su nombre indica, las interrupciones.

Los controladores de dispositivos hacen de interfase

Arquitectura de la PC.

inteligente con los dispositivos externos como unidades de disco, teclados e impresoras. Se pueden dividir en dos grupos: los controladores de dispositivos de propósito general y los de propósito especial. Dentro de los primeros se contemplan: el 8251 (controlador programable serie de interfase), el 8255 (controlador programable paralelo de interfase). Dentro de los controladores de propósito especial están el controlador programable de CRT (8275) y el controlador de discos flexibles de densidad simple/doble (8272).

v. 4).1 Controlador Programable de DMA 8237:

Es un dispositivo capaz de controlar las transferencias directas de información de una parte a otra del sistema. Dichas transferencias son importantes por cuanto muchas veces es necesario mover bloques de datos muy rápidamente, algunas veces a velocidades mayores que las que se podrían conseguir moviendo los datos byte a byte a través del CPU.

En una PC, la lógica del DMA incluye el controlador 8237-A, el muelle de dirección 74ls373, el registro de página 74ls670 y el reloj.

El 8237-A tiene cuatro canales independientes, permitiendo transferencias de datos entre la memoria y dispositivos externos. Los canales del 1 al 3 son reservados como canales de I/O, mientras que el canal 0 es utilizado para refrescar la memoria. El canal 2 es utilizado para transferir datos del controlador de disco flexible a la memoria.

Tiene 16 líneas de dirección, de las cuales A8-A15 son multiplexadas con las señales D0-D7. Ya que el controlador DMA solo tiene 16 líneas de dirección, el 74ls670 es utilizado como registro de página, el cual proporciona los cuatro bits más significativos, de los 20 bits de dirección para poder acceder un mega byte de memoria.

El reloj requerido por el 8237-A deberá ser como mínimo de 80 nanoseg, ya que el reloj del CPU es de 70 nanoseg.

v. 4).2 Controlador Programable de Interrupciones 8259:

Este se utiliza en la gestión directa de las interrupciones de hasta ocho dispositivos distintos, y de hasta 64 dispositivos si se conectan ocho chip 8259 juntos. En una modalidad, está preparado para trabajar con el 8085, y en la otra puede hacerlo con el 8088.

Actúa como recepcionista o árbitro en la comunicación de diversos dispositivos con el CPU. Su función es la de hacer pasar una interrupción de dichos dispositivos a la vez, contemplando ciertas prioridades, dadas anteriormente por un byte enviado por el CPU y llamado máscara de interrupciones, a través de un puerto situado en el espacio de I/O: dicho puerto recibe el nombre de puerto de control. Los ocho bits de la máscara corresponden a los ocho dispositivos.

Existe una línea de interrupción que va del PIC a la línea INTR (interrupt request) del CPU. Cuando éste recibe una petición por esta línea, contesta con un INTA (interrupt acknowledge).

v. 4).3 Controlador Programable Paralelo de Interfase 8255:

Este (PPIC) sirve de ayuda en la conexión a la computadora de dispositivos que envían bytes completos cada vez. La transmisión paralela es útil en todas aquellas aplicaciones que requieran transmisiones a gran velocidad y utilicen dispositivos no demasiado alejados de la computadora. No existe ninguna sincronización especial en las transmisiones paralelo. Los bytes se envían tan rápidamente, o tan lentamente, como lo permita el software. La velocidad máxima de transmisión se ve afectada por la rapidez con que el sistema pueda sacar los datos. La mayor velocidad se obtiene utilizando el DMA.

v. 4).4 Lógica del Teclado:

El dato formado sobre el teclado es sacado de un registro de corrimiento el cual convierte la entrada serie de datos en una salida en paralelo. El formato de transmisión de datos serial

Arquitectura de la PC.

utiliza dos bits de inicio y ocho bits de información, con uno de alto. Su velocidad de transmisión es de 9600 bauds.

El teclado proporciona una señal de reloj al registro de corrimiento.

Está de tal forma definido, que tiene la máxima flexibilidad para definir la operación del teclado, como por ejemplo en estados shift de las teclas y la operación type-matic. El teclado genera los códigos de barrido, en lugar de los ASCII. Todas las teclas excepto NUMLOCK y CAPLOCK son type-matic y generan un código break y uno make. El último aparece cuando se oprime una tecla y el primero cuando ésta deja de oprimirse.

v.4).5 Interfase de disco flexible:

La interfase del drive, está centrada en el controlador UPD765, utilizando un reloj cuya frecuencia es de 8 MHz, la cual entra a un contador de 4 bits para ser dividida en 8, 4, 2 y 1 MHz. El controlador DMA 8237-A forma toda la transferencia de datos, entre el controlador de disco flexible y la memoria del sistema.

v.4).6 Generacion de Estados de Espera:

La lógica de estado de espera sobre la tarjeta principal, es utilizada para las siguientes dos funciones:

- 1.- Control del procesador (8088 u 8086) o el controlador DMA (8237A) para el acceso al canal del sistema.
- 2.- Insertar estados de espera cuando el CPU accesa dispositivos más lentos que el mismo sistema.

En el primer caso, ya que el 8088 está configurado para operar en modo máximo, la lógica externa es utilizada para evitar el problema de prioridades y pelea por el control del canal del sistema entre el microprocesador y el DMA.

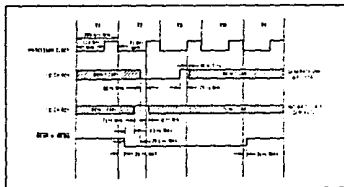
Un problema muy común cuando se quiere conectar una interfase diseñada a una PC, es igualar la velocidad de los ciclos del canal de ésta con la de dicha interfase. Una señal, denominada Ready, en el canal del sistema, cuando es controlada correctamente por

Arquitectura de la PC.

una interfase, puede ser utilizada para extender la longitud del ciclo del canal de la PC para poder igualar la velocidad menor de la interfase o para el ciclo del canal hasta lograr una sincronización con el ciclo de la interfase.

Todo ciclo de canal de un microprocesador 8088 es, normalmente, de cuatro periodos de reloj de longitud y se describen de T1 a T4. En algunos ciclos, el hardware de la PC automáticamente inserta un tiempo de reloj extra, llamado TW. La señal Ready puede ser utilizada para insertar un estado de espera nuevo o adicional. Los ciclos de los canales de escritura y lectura de la memoria del 8088 y los ciclos de lectura y escritura de I/O tienen distintos requerimientos de tiempos y, por lo tanto, la señal de Ready debe ser controlada en forma particular para cada uno de ellos.

Debido a la duración de los ciclos de canal, el hardware de la PC no inserta ningún estado de espera en los ciclos de lectura o escritura de la memoria del 8088. Es importante notar que los buffer de la memoria residente en las tarjetas de despliegue sí requieren de estados de espera para sincronización, pero esto es hecho utilizando la señal Ready, generada por el adaptador y no por el sistema lógico en la tarjeta. La figura 1 ilustra el diagrama de tiempos necesario para la generación de tiempos de espera para los ciclos de lectura o escritura de la memoria del 8088.



Arquitectura de la PC.

La circuitería del sistema muestrea el status de la señal del canal Ready con el borde positivo del reloj T2. Dado que existe un cierto tiempo mínimo de estabilidad de los datos (setup) y a que existe un retardo de propagación de los circuitos, la señal del canal debe ser válida (en uno lógico) 75 nanosegundos antes del borde positivo en T2 para no generar un ciclo de espera. Si este último es requerido, la señal del canal Ready debe ser válida con 60 nanosegundos de anticipación al borde positivo de T2. Si la señal Ready se mantiene inactiva hasta el borde positivo del siguiente reloj, un estado de espera adicional será insertado. Otra vez, debido al tiempo de setup y a los retardos de los circuitos, Ready debe irse a uno lógico 75 nanosegundos antes del borde positivo del siguiente reloj, de esta manera, otro estado de espera será generado.

v.5) Organización de la Memoria:

Una computadora del tipo PC o compatible tiene la capacidad para direccionar hasta 1 Mbyte de memoria (1,048,575 bytes) para datos y programas. La computadora trae en forma intrínseca, esto es programas y datos en memoria ROM tales como el ROM-BIOS (Basic Input Output System), el BASIC-ROM (esto no en todos los modelos de IBM PC compatibles) y, si se tiene disco duro, Hard Disk ROM BIOS, cada uno de los cuales ocupan una parte de la memoria principal. Estos programas necesitan áreas de memoria RAM ya que no se pueden modificar estando en ROM, de tal forma que se reserva otra parte para este fin. Las funciones de mapeo para el video requieren otra sección de almacenamiento, siendo necesario reservar un área para futuras aplicaciones de video.

Hay áreas en RAM reservadas a futuro para guardar la información que pudieran traer nuevas ROM. Y no olvidemos la sección de memoria reservada para guardar el DOS (Disk Operating System). Eso deja a la PC con un máximo de aproximadamente 600 Kbytes para el usuario, con 20 Kbytes más o menos dependiendo de la versión de sistema operativo que estemos utilizando. Esto es una cantidad "saludable" para programas. Además, siempre se

Arquitectura de la PC.

pueden usar superposiciones de los diferentes módulos de un programa en un área de memoria conforme se van necesitando (overlays) y archivos en disco para reducir la cantidad de memoria requerida.

v. 5).1 Categorías de RAM.

Memoria convencional. También llamada Memoria del Usuario ya que está disponible de forma inmediata para las aplicaciones del mismo. ésta es el área de 640 KB a partir de la dirección absoluta cero. Puede ir desde 256 KB en una PC aumentando en bloques de 128 KB con circuitos integrados o tarjetas de expansión.

Memoria base. Es la cantidad de memoria instalada actualmente en el área de memoria convencional.

Memoria reservada. Es el área que va desde la localidad correspondiente a 640 KB hasta la correspondiente a 1024 KB. Con excepción del segmento ocupado con la memoria para gráficas y ROM. Está reservada para futuras aplicaciones de IBM. Un bloque de 640 KB de direcciones dentro de ésta área, situada entre la memoria de video y ROM, puede ser utilizada para un dispositivo de expansión de memoria.

Memoria de video. Conocida también como memoria de gráficas, es el área de memoria de 128KB que está inmediatamente después de la memoria convencional, está ocupada por RAM en varios adaptadores de despliegue.

Memoria extendida. Disponible sólo en el sistema AT, es RAM instalada para una o más tarjetas de expansión. La dirección inicial de la primera de estas tarjetas deberá/ estar en 1024KB.

Memoria expandida. Esto es hasta 8MB de RAM que se puede acceder a través de una porción de memoria de 64KB localizada

Arquitectura de la PC.

dentro de la región de memoria reservada.

Memoria de expansión. Es un término aplicado a cualquier RAM empleada para aumentar la capacidad de una PC. Debido a la semejanza entre los términos "expandida" y "expansión", es importante recordar que este último se refiere a cualquier RAM o dispositivo adicional que pueda ser instalado en el área de memoria convencional o en la de memoria extendida.

Arquitectura de la PC.

v. 5).2 Distribución de memoria

A continuación se muestra la distribución de memoria de una PC con capacidad de 1 Mbyte en bloques de 64 Kbytes.

Hex	Dec	***** Mapa de memoria en bloques de 64 K *****
00000	0K	----- Vectores, Datos, DOS, Disk/Advanced BASIC
10000	64K	----- Programas del usuario *
20000	128K	----- Programas del usuario *
30000	192K	----- Programas del usuario *
40000	256K	----- Programas del usuario *
50000	320K	----- Programas del usuario *
60000	384K	----- Programas del usuario *
70000	448K	----- Programas del usuario *
80000	512K	----- Programas del usuario *
90000	576K	----- Programas del usuario *
A0000	640K	----- Reservado para futuro video
B0000	704K	----- Video de color o monocromático
C0000	768K	----- ROM Futuro/ROM de disco duro
D0000	832K	----- ROM Futuro
E0000	896K	----- ROM Futuro
F0000	960K	-----

Arquitectura de la PC.

Pruebas. ROM BASIC, ROM BIOS

FFFFF 1024K

: : :
: : :

Hasta 15 Mb de memoria extendida

* Los programas en BASIC están limitados a un espacio de 64K

Es conveniente hacer notar que se manejan bloques de 64 KBytes debido a que se maneja una arquitectura de 16 bits.

v. 5).3 Mapa de Memoria

Para el siguiente mapa de memoria se considera : uso de el sistema operativo DOS 2.10, no existencia de los programas CONFIG.SYS ni AUTOEXEC.BAT y 384 KBytes de memoria.

Hex Dec

000 0K

Vectores del 8088 INT 0-7
Vectores del 8259 INT 8-F
Vectores del BIOS INT 10-1F
Vectores del DOS INT 20-2F
INT Asignables 40-FF

400 K

Area de comunicaciones del BIOS en ROM

500

Areas de datos de DOS

700

IBMBIO

E30

IBMDOS

4DB9

Manejadores de Dispositivos
Extensiones de usuario para el IBMBIO

Arquitectura de la PC.

tales como el ANSI.SYS y parámetros del CONFIG.SYS

53F0

COMMAND.COM residente

5FD0

ENVIRONMENT (ambiente) para COMMAND.COM

0680

ENVIRONMENT para el siguiente programa

60B0

Extensiones para BASIC :
Disco = 12K, Avanzado = 22K

.....
Inicio del espacio de trabajo (64K) de BASIC
4K de área de trabajo del intérprete

.....
Buffers de comunicaciones (/C)
Tamaño por omisión = 180h

.....
Rutinas de RS-232
Tamaño por omisión = 5E0h

.....
Bloques de control de archivo (/F)
Tamaño por omisión = 234h

.....
Bloques de archivos aleatorios (/S)
Tamaño por omisión = 80h

.....
Texto del programa en BASIC DS:30-31h

.....
Escalares hasta FFFFh DS:358-9h

.....
Arreglos hasta FFFFh DS:35A-8h

.....
Espacio libre DS:35C-Dh

Arquitectura de la PC.

Cadenas de caracteres, hasta 0000h DS:32F-0h
DS:30A-Bh

```
.....
Stack 200h bytes DS:2C-Dh
-----
10000 Sin usar v disponible
-----
1C000
-----
fin-3410 Buffer de video en la PC jr.
-----
COMMAND transitorio
fin-FA8h Mensajes de error
fin-B10h Tabla de comandos internos
fin-9F5h Texto del último comando
fin-9F6h Longitud del último comando
fin-8AEh Especificación de archivo formateado
-----
:::FIN DE LA EXPANSION DE LA MEMORIA RAM:::
-----
A0000
-----
:
:
```

v. 5.1.4 Mapa de Puertos

Usando las mismas líneas de datos y direcciones que la memoria principal, el espacio de direcciones del puerto de I/O se distingue de la memoria principal solo por la presencia de una señal en una línea de control.

La arquitectura del 8088 permite un espacio direccionable para el puerto de I/O de 1024 bytes (1K) debido a que solo 10 bits son usados para derivar la dirección del puerto. Los puertos en este espacio de direcciones son accedidos mediante el uso de instrucciones especiales de lenguaje ensamblador tales como IN y OUT.

La implementación de los puertos en la PC los separa en

Arquitectura de la PC.

varios grupos de uso : para la tarjeta del sistema solamente, para el uso de la tarjeta del sistema y el canal de I/O (solo para salida), y solo para el uso del canal de I/O.

Estos puertos del canal de I/O no pueden ser usados uniformemente para propósitos tanto de entrada como de salida. Algunos puertos del dispositivo son usados para diferentes tipos de datos mediante una forma de flip-flop. Otros puertos son utilizados para diferentes propósitos dependiendo del contenido actual de un segundo puerto. Los contenidos esperados de un puerto así como las direcciones de I/O manejadas son determinadas solamente por el dispositivo conectado al puerto.

Puertos de I/O desde 000h hasta 0FFh - Uso : Tarjeta del sistema.

0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	Ah	Bh	Ch	Dh	Eh	Fh
000h															
010h	MFG														
020h		INT 8259													
030h															
040h	TIMER	8253-5													
050h															
060h	PPI	8255A-5													
070h															
080h	Regs. Pag. DMA														
090h															

Arquitectura de la PC.

0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	Ah	Bh	Ch	Dh	Eh	Fh
0C0h	(1)														
0D0h															
0E0h															
0F0h															

(1) Selección de conexión de canal 3 de DMA

Puertos de I/O desde 100h hasta 1FFh - Tarjeta del sistema y uso del canal de I/O.

**** Uso restringido para salida. No utilizado en la PC ****

Puertos de I/O desde 200h hasta 3FFh - Uso del canal de I/O

0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	Ah	Bh	Ch	Dh	Eh	Fh
200h															
210h															
220h															
230h															
240h															
250h															
260h															

Arquitectura de la PC.

270h	3a. impresora en paralelo															
280h																
290h																
2A0h																
2B0h	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	Ah	Bh	Ch	Dh	Eh	Fh
2C0h																
2D0h	3 7 2 0 P C															
2E0h																
2F0h	Reservado							Comunicaciones Asincronas2								
300h	Tarjeta Prototipo															
310h	Tarjeta Prototipo															
320h	Disco Duro															
330h	XT/370															
340h																
350h																
360h																
370h	2a. impresora en paralelo															
380h	SDLC o 2a. Comunicacion Bisincrona															

Arquitectura de la PC.

390h		
3A0h	1a. comunicación bisínrona	
3B0h	Monitor monocromático y 1a. impresora en paralelo	
3C0h	Reservado	
3D0h	Monitor de Color/Graficas	
3E0h	Reservado	
3F0h	Disco	Comunicaciones Asíncronas1

v. 5).5 Segmentación de Memoria

Conociendo el hecho de que el microprocesador 8088 de la PC puede direccionar hasta 1 MByte (1024 K) , esto es, que una dirección de memoria puede llegar hasta FFFFh (hexadecimal), requiriendo de 20 bits para expresar esta cantidad, nos damos cuenta de que se necesita medio byte adicional al que pueden manejar los dos registros de 16 bits del 8088.

La figura siguiente ilustra el proceso que un 8088 utiliza para desarrollar una dirección que abarca el rango de memoria que va desde 0h hasta FFFFh. Se agrega una compensación (desplazamiento) de dos bytes a un segmento (dirección de inicio de 16 bits (10h) o múltiplo que es escrita sin el dígito menos significativo) con un valor ajustado de dos bytes para manejar la dirección de memoria. El 8088 realiza esta operación en una forma rápida. y para asegurar que el registro del segmento es

cargado con el número de segmento correcto, se coloca el desplazamiento el número de bytes que excedan al inicio del segmento.

El registro del segmento se ajusta al agregar un cero de orden menor, el cual cambia el número del segmento a la dirección de la localidad anterior de memoria más cercana que termine en 0h. En otras palabras, el número de segmento B800h se cambia a la dirección B8000h. No tiene sentido "arrastrar" el cero remanente en el número de segmento, puesto que se necesita el espacio en el registro para especificar todo el rango de posibles segmentos: desde 0 hasta FFFFh. El 8088 ajusta el número de segmento, sumándole lógicamente un cero de orden menor, le agrega un valor de desplazamiento, y saca de una pila (stack) una dirección de memoria.

De esta forma, todas las direcciones que terminen en 0h son potencialmente un número de segmento, el cual no incluye el 0h de orden menor. Para direccionar FFFF2h, el registro del segmento podría contener FFFFh y el desplazamiento sería 2h. Algunas veces ayuda especificar una dirección indicando el segmento y el desplazamiento separados por dos puntos. Por ejemplo, la dirección FFFF2h se podría escribir como FFFF:2.

Debido a que un offset puede variar desde 0 hasta FFFFh, es de imaginarse que sería posible hacer referencia a una dirección de memoria utilizando distintas combinaciones segmento: desplazamiento. Un desplazamiento puede direccionar cualquier byte a lo largo de 64 K de memoria, no habiendo razón para que el segmento no pueda comenzar en cualquier dirección que termine con cero (llamada límite de párrafo), mientras que la relación cumpla con la dirección deseada.

La convención que se tiene para evitar confusiones es la de sólo iniciar segmentos que terminen con cero (como podría ser el segmento número 40) y que se refieran al principio de un bloque mayor de datos o instrucciones (por ejemplo el segmento B800h).

En resumen : cualquier dirección tiene dos partes, cada una de las cuales es una cantidad de 16 bits. Una es el desplazamiento y la otra es la dirección de segmento. La primera se compone de un

Arquitectura de la PC.

número fijo, una base y un índice. La dirección de segmento se almacena en uno de los cuatro registro de segmento (CS,DS, ES, OS). El procesador utiliza estas dos cantidades de 16 bits para calcular la dirección real de 20 bits, según la siguiente fórmula:

$$\text{Dir. real} = 16' (\text{dir. del segmento}) + \text{Desplazamiento}$$

v.6) Canal de Expansion de la Computadora:

A continuación se muestra el canal de expansión de una computadora compatible con IBM y sus diferentes terminales de conexión.

PCBUS

01	GND	I/OCHCK	07	01
02	RSTDRV	D7	02	02
03	SVDC	D6	03	03
04	IRO2	D5	04	04
05	-SVDC	D4	05	05
06	DR02	D3	06	06
07	-12VDC	D2	07	07
08	RSVD	D1	08	08
09	12VDC	D0	09	09
10	GND	I/OCHRY	10	10
11	MEMW	AEN	11	11
12	MEMR	A19	12	12
13	I/OW	A18	13	13
14	I/OR	A17	14	14
15	DACK3	A16	15	15
16	DR03	A15	16	16
17	DACK1	A14	17	17
18	DR01	A13	18	18
19	DACK0	A12	19	19
20	CLK	A11	20	20
21	IRO7	A10	21	21
22	IRO6	A09	22	22
23	IRO5	A08	23	23
24	IRO4	A07	24	24
25	IRO3	A06	25	25
26	DACK2	A05	26	26
27	TC	A04	27	27
28	ALE	A03	28	28
29	SVDC	A02	29	29
30	OSC	A01	30	30
31	GND	A00	31	31

v.7) Consideraciones Mecánicas y de Potencia:

Consideraciones mecánicas.

La mayor parte de los diseños para interfases deben ser creados de forma que ajusten en una de las ranuras de la unidad del sistema de la computadora. Por ello, es importante tomar en consideración aspectos mecánicos del mismo, así como del tamaño ideal de la tarjeta a diseñar.

Generalmente, dentro de una computadora, hay espacio suficiente para conectar hasta 5 tarjetas. Los conectores utilizados manejan hasta 62 señales que pueden ser alimentadas a dichas tarjetas. Las lengüetas de los conectores están espaciadas una de otra por una décima de pulgada. Cada ranura puede albergar una tarjeta cuyo tamaño sea aproximadamente 4.1 por 13 pulgadas.

Cada ranura está separada una de otra una pulgada. Las tarjetas son sujetas a la unidad de sistema mediante un ángulo atornillado al chasis. Los cables pueden ser conectados a través del ángulo de la tarjeta y hacia afuera de la caja de la unidad de sistema.

La tarjeta debe ser construída con un material cuyo ancho sea de 0.060 pulgadas para asegurar un buen contactor con los conectores. Además, las lengüetas de la tarjeta deben ser bañadas en oro para poder asegurar un contacto positivo, duradero y confiable.

Consideraciones de potencia.

Existen cuatro diferentes niveles de voltaje a disposición en cada ranura. La tabla * resume dichos niveles, la potencia total suministrada por la fuente de poder, sus tolerancias y el consumo total. Además, la tabla muestra la potencia disponible para cada ranura del sistema.

DC volts	Max.(Vdc)	Corriente (A)	Potencia (W)	I.típica/ran.(A)
+5	5.25	7.0	35.0	0.7
-5	5.5	0.3	1.5	0.03
+12	12.6	2.0	24.0	0.10
-12	13.2	0.25	3.0	0.05

Un problema común durante el diseño de un circuito es la inapropiada distribución de la potencia, así como su

Arquitectura de la PC.

desacoplamiento adecuado.

Dado que los dispositivos electrónicos tienen un requerimiento de potencia que varía de uno a otro, el cual depende de la operación que se esté llevando en un instante de tiempo determinado, ellos requieren de un dispositivo de desacoplo. El objetivo de dicho dispositivo es suministrar los requerimientos de potencia en un tiempo corto del componente de manera que el voltaje no provenga directamente de la fuente de poder del sistema. Dado que este ha sido alambrado y contiene cables que suman inductancia a la fuente de poder, ésta no puede responder rápidamente a requerimiento de transición de estado altos y transitorios. Para resolver este problema, los capacitores de desacoplo son comúnmente añadidos en puntos clave del circuito para que los transitorios sean absorbidos por ellos.

Dichos capacitores son generalmente de tantalio con un valor entre 8 y 20 microfaradios. Es especialmente importante desacoplar la fuente de +5 Volts dado que consume la mayor parte de la potencia de la fuente.

VI. ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTO:

Para un óptimo funcionamiento, la nueva electrónica de adquisición del fotómetro doble rápido debe cumplir con las siguientes características:

- Capacidad de manejo de señales provenientes de los fototubos de hasta 80 MHz.
- Selección automática o manual de los filtros a utilizar.
- Protección por sobre luminosidad.
- Posibilidad de funcionamiento en ambientes ruidosos.
- Manejo de líneas relativamente largas (25 mts).
- Control general del fotómetro mediante una computadora personal compatible con IBM.
- Tiempos de integración que varían entre 2 milisegundos y 100 segundos.
- En monitor, posibilidad de cambiar la escala de graficación para obtener una mejor resolución.
- Fácil interacción con el usuario.
- Graficación en pantalla de los dos canales del fotómetro así como una división entre ellos.
- Despliegue de tiempo sideral.
- Posibilidad de expansión.

VII. DISEÑO.

En los capítulos anteriores se han mostrado los diversos aspectos técnicos que se debieron cuidar para la realización de este proyecto.

Se revizaron los temas involucrados tanto en el diseño como implementación de una tarjeta de expansión de propósito específico para una computadora personal compatible con IBM.

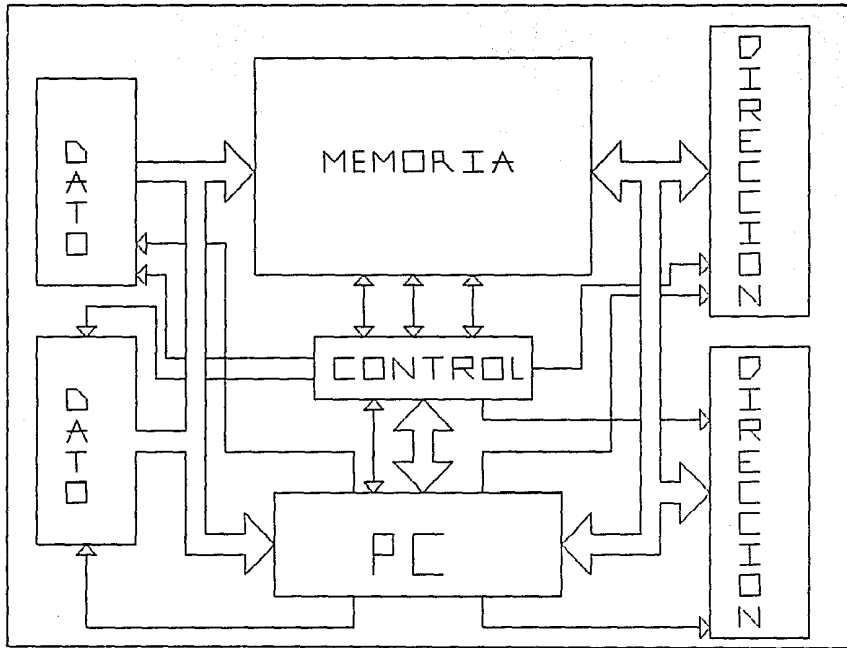
La necesidad de aprovechar en su totalidad la versatilidad del fotómetro rápido, así como el poder utilizarlo en experimentos astronómicos muy específicos, forzó a que se pudieran manejar datos provenientes del instrumento hasta con una frecuencia de 80 MHz.

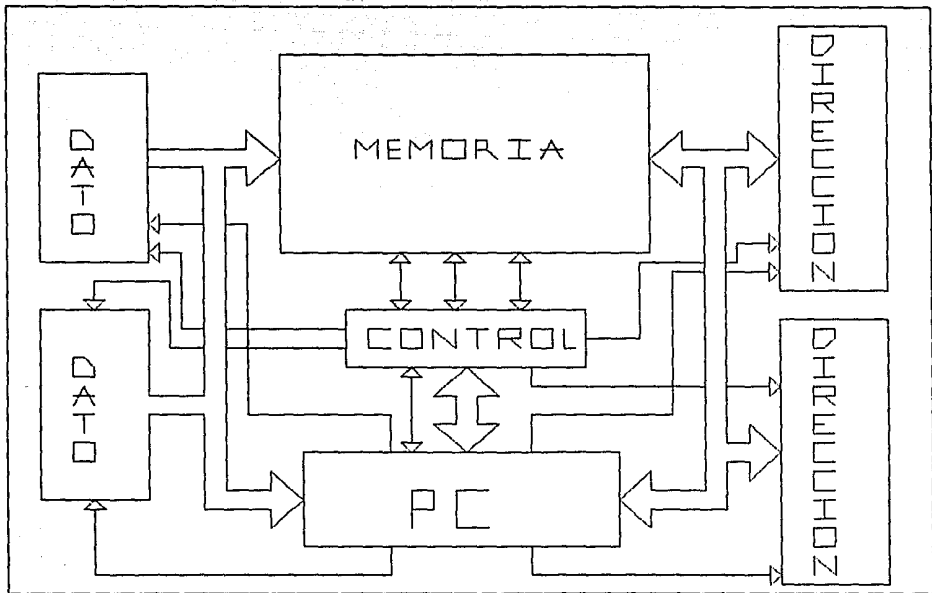
En el presente capítulo se mostrará la secuencia lógica con la que se fué creando el sistema de adquisición de datos para el fotómetro doble rápido, actualmente en uso en el observatorio astronómico nacional.

vii.1) Hardware:

Para una mejor descripción del circuito, dividiremos el sistema en diversos bloques: la interfase con la computadora, el generados de estados de espera, el generador de la ventana de integración, el reloj maestro, el circuito de conteo de eventos, la memoria, generador de direcciones, los canales de datos y direcciones de y hacia la computadora, el manejo automático de los revólveres de filtros, la posibilidad de accesorios y la electrónica de seguridad.

A continuación se muestra un diagrama a bloques del sistema:



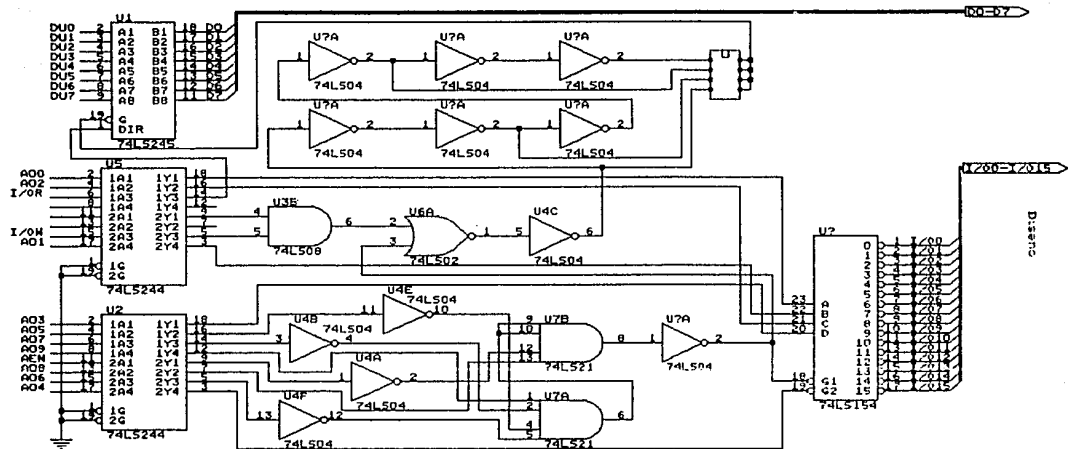


vii.1).1 Electronica de Adquisicion:

Esta seccion comprende toda la electronica que hace posible la adquisicion de datos provenientes del fotometro doble rapido.

vii.1).1-a Interfase con la Computadora:

Ya en el capitulo de la descripcion de la arquitectura general de la PC se explicaron las diversas senales existentes en las ranuras para expansion que se encuentran en la tarjeta principal o tarjeta madre. Como se decidi6 que la comunicacion con la tarjeta del fotometro fuera en base a senales de entrada/salida, se diseÑ6 un circuito decodificador-demultiplexor para poder direccionar uno de los 16 I/O distintos que se requerian controlar. El circuito se muestra en la figura.



Diseno

El canal de direcciones se utiliza para mandar un código preprogramado a los receptores de línea de tres estados U5 y U2. Al mismo tiempo, al U5 le llegan señales provenientes del I/OW e I/OR y al U2 le llega la señal de AEN. En el caso del U2, algunas de sus salidas son conectadas a una lógica secuencial que no sirve de otra cosa sino de acoplar el nivel de polaridad de las señales recibidas a un nivel tal que puedan habilitar al demultiplexor U8 cuando aparezca un código conformado por:

A04, A05, A06, A07, A08, A09, AEN

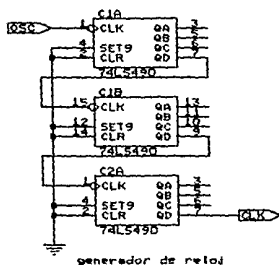
A03 va a ser utilizada con el bit más significativo del selector del U8.

En el caso del U5, las direcciones van a servir para seleccionar los I/O requeridos en el demultiplexor. Las señales a utilizar son A00 para el LSB, A01 para el segundo y A02 para el tercero. Las señales de I/O W y R conectadas a U5 se conectan a su vez a una lógica que permite habilitar el canal de datos conectado en el U1, transceiver octal de tres estados que maneja el flujo del canal de datos. Esta lógica contiene un retardador en tiempo con el objeto de sincronizar las señales provenientes de la PC, y aumentar la anchura del pulso. Al mismo tiempo, la señal I/OR controla la dirección hacia donde los datos van a ser transferidos. Si esta está en cero lógico la dirección será desde la tarjeta hacia la PC, si está en uno lógico, será en sentido contrario.

La figura también muestra un dibujo esquemático sobre la distribución de las señales en la ranura de expansión de la PC.

vii.1).1-c Reloj Maestro:

Como las condiciones de trabajo en aplicaciones astronómicas son extremas, el reloj que coordine la electrónica de adquisición debe ser lo más estable posible en lo referente a frecuencia. Para ello, se decidió su diseño en base a un cristal oscilador que, en el mercado, la frecuencia mínima que maneja es de 1 MHz. Se utilizaron por ello tres contadores en cascada para dividir la frecuencia entre mil, generando una señal cuyo período es de 2 milisegundos, frecuencia requerida siendo que va en operación los tiempos de integración son de 2 milisegundos como mínimo. A dicha señal generada se le puso el nombre de CLK. En la figura siguiente se muestra su diagrama esquemático:



Diseño

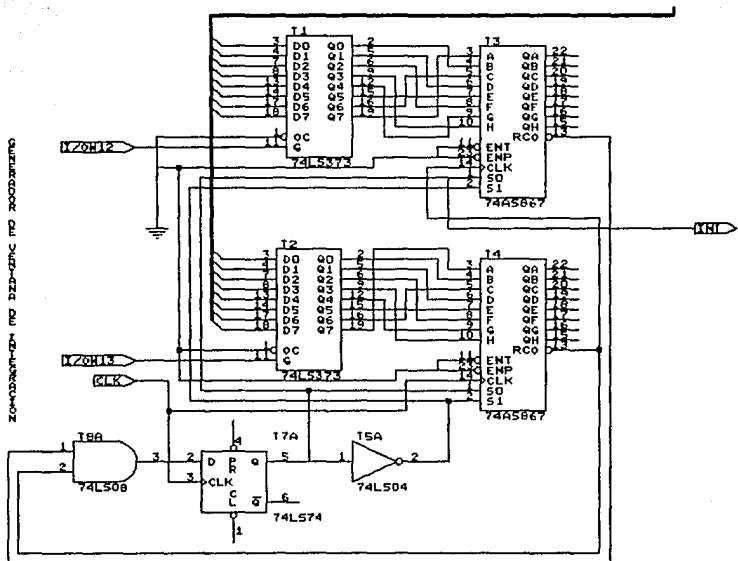
vii.10.1-d Generador de Ventana de Integración:

Debido a que en cada experimento el tiempo requerido para recabar datos es distinto (tiempo de integración), tiempo predeterminado por el astrónomo, fué necesario crear un generador de ventana de integración capaz de controlar el tiempo durante el cual la electrónica de adquisición va a estar funcionando.

Esto se logró en base al reloj maestro del sistema cuyo período es de 2 milisegundos. Dicho reloj va a decrementar el valor contenido en un contador 74ls867 cuyo valor fué determinado con anterioridad vía un componente 74ls373 (flip-flop's D) conectado al canal de datos de la PC y controlado por una señal de I/OW mandada por el programa de control. La palabra cargada al 74ls867 es precisamente el número máximo a partir del cual el contador va a empezar a decrementar hasta llegar a cero. En este punto, se manda un pulso positivo a través de su terminal RCO a la entrada de un flip flop D 74ls74, que se sincroniza a su vez con la señal del reloj maestro. Como consecuencia, se generará un pulso de duración suficiente llamado INT que activará la lógica de adquisición. Debido al intervalo de tiempo requerido por las aplicaciones astronómicas, se tuvieron que utilizar dos contadores en cascada para manejar 16 bits y se tuvieron que sensar las señales RCO de ambos vía una compuerta AND 74ls08.

El circuito se muestra en la figura siguiente:

Diseno



Diseño

vii.1).1-e Circuito de Conteo de Eventos:

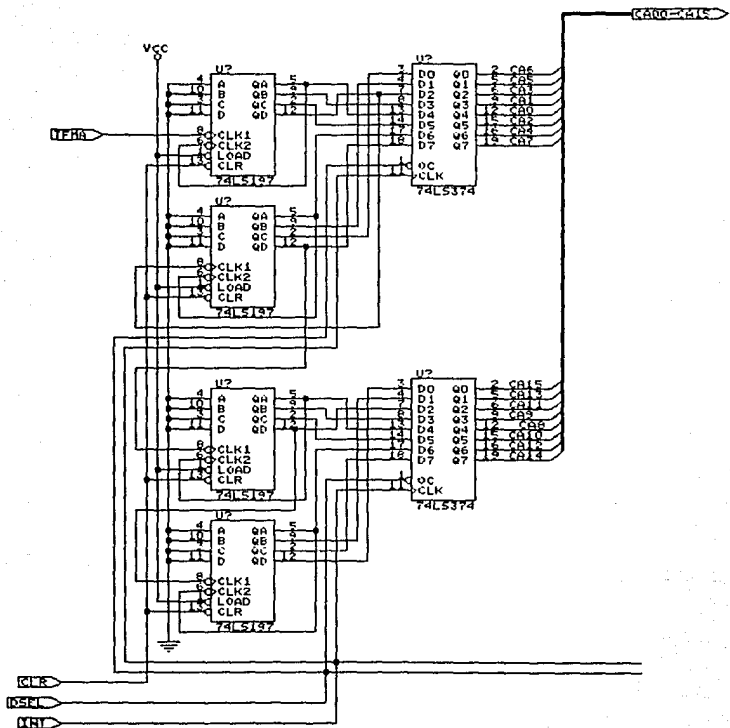
Dado que la frecuencia de incidencia de fotones en el fotomultiplicador podía ser muy elevada (del orden de 80 MHz), se requirió diseñar un circuito que permitiera bajar dicha frecuencia a una tal que pudiera ser manejada por una computadora personal. Para ello se utilizaron los contadores 74(s 1s)197. La clase s de la lógica transistor-transistor permite una frecuencia de operación dinámica de 110 MHz, suficiente para manejar directamente la señal proveniente de los amplificadores ECL que manejan a su vez a los fotomultiplicadores.

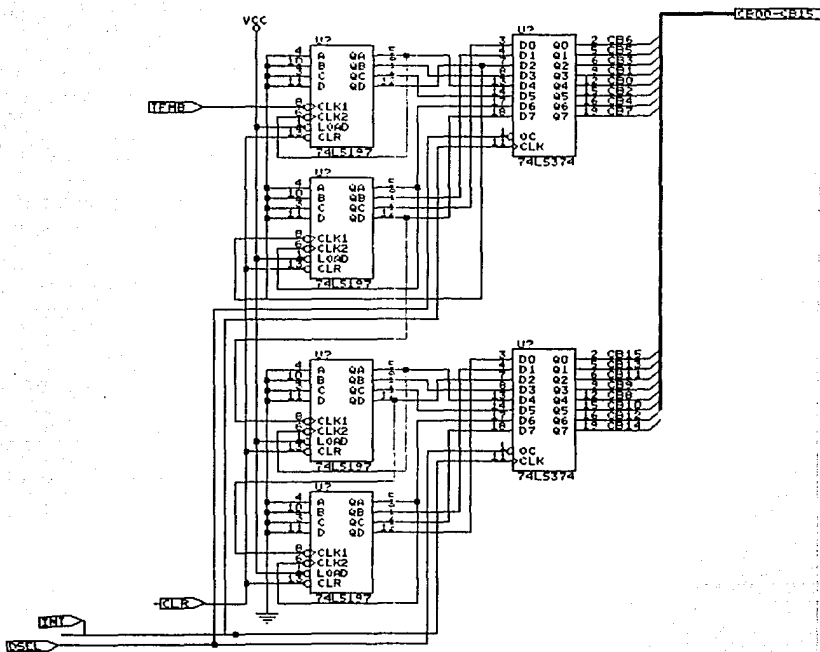
Los contadores 1s se manejan ya en la cascada, debido a que la frecuencia fué reducida por el 's' y ésta va está en un nivel manejable por ellos.

La salida de esta etapa está conectada a unos flip-flop tipo D con salida tres estados (74ls374) que cargarán los datos a su entrada en cuando se dé el pulso de JNT y liberados hacia la memoria en el momento que se da la señal DSEL (data select).

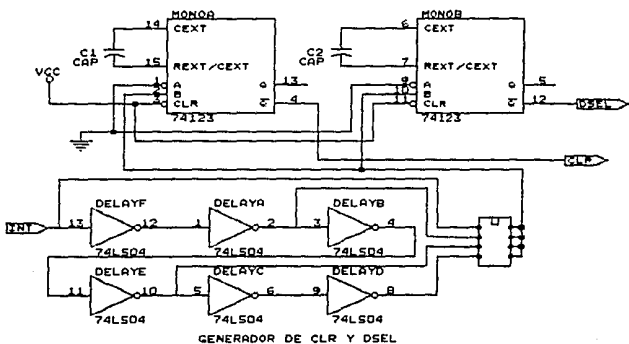
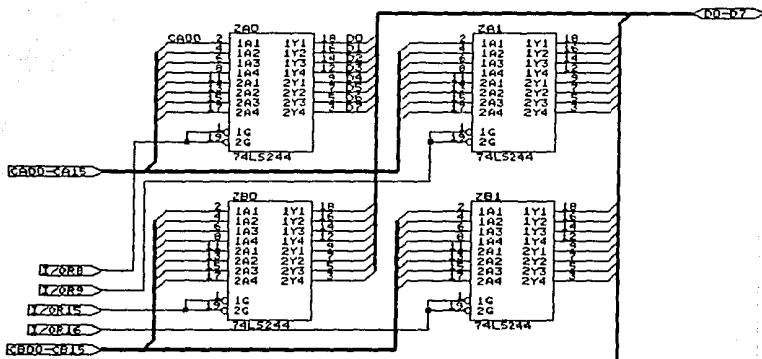
Cada vez que se realiza una lectura hacia los 74ls374, los contadores son puestos a cero, indicando que se acabó el tiempo presente de integración y se prepara el siguiente. Esta filosofía está duplicada debido a que son dos los canales de fotomultiplicadores a manejar. El circuito se muestra a continuación.

Diseno





COMUNICACION CON PC



vii.10.1-f Análisis de Tiempos:

Con el objeto de comprender como se dan todas y cada una de las señales generadas para el control de la electrónica, se muestra a continuación el diagrama de tiempos del sistema:



En nanosegundos

Se ve en el diagrama el defasamiento de alrededor de 100 nanosegundo del pulso de INT con respecto a todos los demás. Su razón de ser es darle tiempo a la computadora a que tenga el canal de datos estable (debe estarlo por lo menos 70 nanosegundos antes de la lectura a PC) en el caso de que se presente una lectura a PC cuando ya se ha dado un pulso de INT. De hecho, la generación de los estados de espera D(WS) es precisamente para evitar que la computadora lea datos cuando estos están siendo escritos en la memoria muelle. Ver diagrama de tiempos.

vii.10.1-g Sistema de Memoria:

La justificación de la existencia de una memoria muelle entre los datos obtenidos y la computadora se verifica al considerar las diversas actividades que el sistema operativo de la máquina debe estar controlando y sensando. En este caso, la memoria dinámica existente en la tarjeta madre debe obtener su ciclo de refresco cada 3-4 milisegundos durante alrededor de 20 microsegundos.

Diseño

Durante este tiempo, la computadora se encuentra deshabilitada en lo referente a la adquisición de información, por lo que todo dato que llegue durante ese lapso se perderá sin oportunidad de ser recuperado.

De igual forma, el software de control, proceso y despliegue de los datos en un monitor consume tiempo de máquina, el cual no puede ser aprovechado por el sistema de adquisición volviendo a perder información durante el procedimiento. El mismo fenómeno ocurre debido a que los datos leídos van a ser transferidos a la memoria residente de la máquina y de allí a un disco duro, cuyo tiempo de acceso es de alrededor de 2 segundos. La situación empeora si se utiliza un disco flexible.

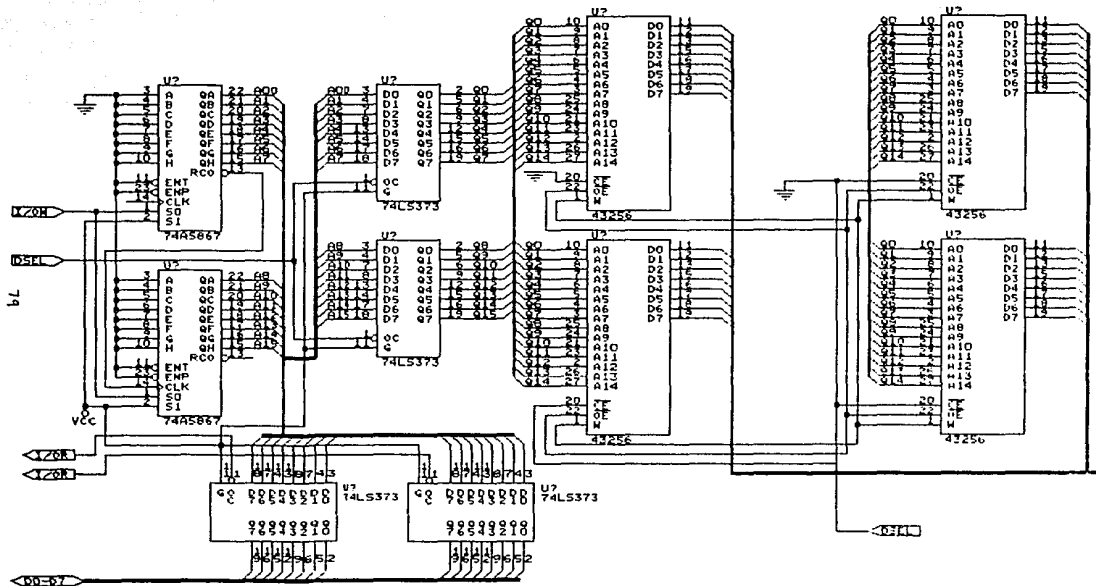
La filosofía que se requiere es generar una memoria que actúe como un FIFO (first in first out) con la finalidad de ir transfiriendo los datos a la computadora en su orden de muestreo. Para ello las direcciones son generadas secuencialmente por medio de dos contadores 741s867 de ocho bits en cascada controlados por señales derivadas de INT y capaces de ponerse en condiciones iniciales por medio de una señal I/OW.

La dirección actual pasa hacia la memoria por medio de unos candados 741s373 con salida tres estados, de igual forma controlados por una señal derivada de INT y un I/O. La justificación de todos los tres estados utilizados en este diseño es el hecho de poder manejar un mismo canal con diversos componentes a tiempos distintos.

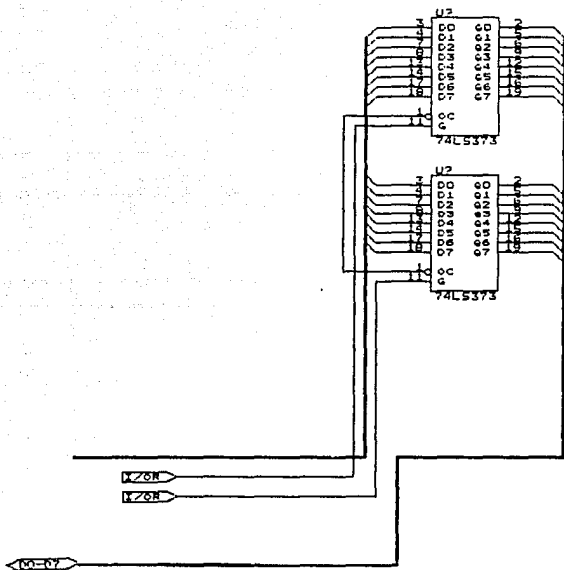
De la memoria va a haber entonces tres estados conectados de y hacia el canal de datos de la PC, con objeto de poder leer la última dirección generada por los contadores y para poder leer los datos guardados desde la PC.

La memoria utilizada se basa en cuatro componentes de 32K*8, HM43256, para lograr guardar la información proveniente de las dos palabras del circuito de conteo de eventos.

La interacción con la computadora se explicará en la sección de diseño de software.



Diseno



Diseño

vii.10.2 Control de Motores:

Para lograr controlar el cambio de filtros en el fotómetro, se utilizaron motores de pasos con las siguientes características:

Angulo de paso: 9° .

Error de paso: 4%

Velocidad máxima continua: 180 pasos/seg.

Par a 50 pasos/seg: 2.3 oz-in.

Par estático: 5.91 oz-in.

Inercia del motor: 0.42 ozin

Potencia del motor: 3.6 W

Corriente de fase: 0.155 amperes unipolar.

R. de fase: 75Ω

Inductancia por fase: 259 mH.

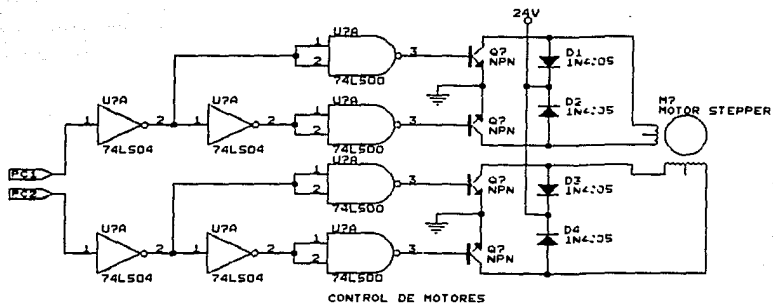
Es bidireccional, dos fases y de imán permanente. El circuito utilizado para su manejo debe ser unipolar con la siguiente secuencia de energización:

Paso	Giro		Corrientes
	CW	CCW	
1	A+D	A+D	A
2	A+C	B+D	B
3	B+C	B+C	C
4	B+D	A+C	D
	A+D	A+D	

Diseño

Para gobernar adecuadamente los motores, las señales anteriores deben ser generadas por un control especialmente diseñado. Este puede ser tan simple como los pulsos generados por la computadora en la secuencia adecuada, o por un control electrónico para este propósito en específico.

En seguida se muestra el circuito utilizado:



Diseño

vii.1).3 Electronica de Seguridad:

Con el fin de evitar daños irreparables a los fototubos del fotómetro doble rápido, se diseñó una circuitería capaz de apagarlo en caso de sensar sobre luminosidad insidente en el fototubo o cualquier movimiento mecánico del telescopio mismo.

vii.1).3-a: Luminosidad Excesiva:

El diagrama siguiente muestra el circuito diseñado para sensar sobre luminosidad en el fototubo:

VER. PAG. 85

Diseño

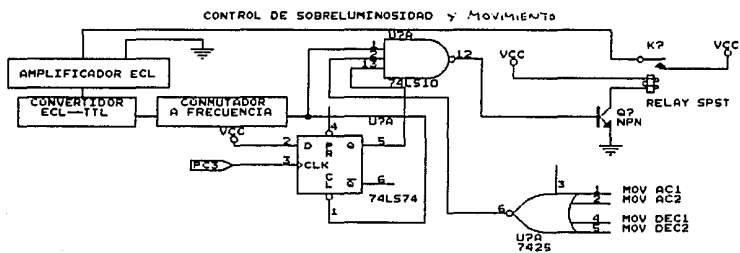
La frecuencia de conteo proveniente de los amplificadores es convertida a un nivel de voltaje que, cuando sobrepasa cierto valor predeterminado, activa un transistor, cuya salida está conectada a un relevador que apagará automáticamente el instrumento.

vii. D.3-b: Telescopio en Movimientos

Esta circuitería recibe como señal de entrada las cuatro señales provenientes de la consola de control del telescopio y genera una salida si cualquiera de ellas es distinta de cero, por lo que también en este caso, el instrumento se apagará automáticamente.

VER PAG. 25

Diseño



vii. 2) SOFTWARE.

Al igual que en el caso del hardware, para una mejor comprensión del software desarrollado se dividirá este en distintas etapas, a saber: adquisición y control, despliegue en pantalla, corrimiento de las señales en monitor, interacción con el usuario y almacenamiento de los datos.

El definir un lenguaje en el cual desarrollar el software fue un proceso completo, para lo cual se tuvieron que hacer diversas pruebas

En un principio se vió la posibilidad de crear todos los programas en un lenguaje de alto nivel como lo es Pascal. Se crearon los programas adecuados y se corrieron en un intento de averiguar el tiempo que requiere un programa, por ejemplo de despliegue en pantalla, para correr en una computadora personal. Los resultados mostraron la gran lentitud de estos, por lo que se empezó a probar con lenguaje ensamblador directamente. La conclusión a la que se llegó es que estos últimos rebasaban en velocidad a los del lenguaje de alto nivel en 4 a 5 veces. Por lo que se decidió realizar parte del sistema en el ensamblador del 8088.

vii. 2). 3-a Filosofía de programación.

Debido a las dificultades prácticas y de espacio que presentaba el hecho de tener señales externas monitoreadas por la computadora para determinar el estado de avance en la adquisición de los datos, se decidió crear un diseño que no requiriera de estas.

La forma más sencilla de crear una electrónica independiente en la adquisición pero al mismo tiempo que no se perdieran datos debido a la posible coincidencia de la llegada de uno cuando la computadora está tratando de leer otro, es la de inhibir toda acción de esta última durante la transferencia de los datos desde los contadores hasta la memoria. Esto se logra gracias a la generación de estados de espera, y el defasamiento de la señal de INT con respecto a todas las demás, vistos en la sección de Hardware.

Diseno

Por esto último, el desarrollo del software apropiado no depende en tiempos de la electrónica de adquisición, y podemos dar por hecho que, controlando la secuencia de control y adquisición, logramos un buen funcionamiento del sistema en general.

Cuando se corre el sistema al iniciar un experimento, lo primera que aparecerá será una pantalla dando la bienvenida al usuario, inmediatamente después aparecerá un menú que permitirá la selección de filtros a utilizar y el tiempo escogido para la duración de la ventana de integración.

El usuario puede, en el momento que lo desee, interrumpir el experimento tecleando la tecla <esc>, pero el programa preguntará si se está seguro de ello antes de abortarlo.'

vii. 2.3-b Despliegue en Pantalla.

El despliegue en pantalla involucra la creación de un procedimiento que genere rectángulos del tamaño y en el sector adecuados del monitor. Dicho procedimiento se muestra a continuación:

```
procedure box(xi,yi,xf,yf: integer);
begin
  draw (xi,yi,xf,yi,1);
  draw (xf,yi,xf,yf,1);
  draw (xf,yf,xi,yf,1);
  draw (xi,yf,xi,yi,1);
end;
```

Lo que hace esta subrutina es que despliega los marcos de una pantalla, y dibuja las líneas dependiendo de las coordenadas de inicio y fin que se establezcan al llamarla, desde el programa principal.

vii. 2.3-c Atención al Usuario:

En esta sección se ve la manera de atender las necesidades del usuario, cambiando la escala de la graficación de los datos adquiridos para una mayor resolución gráfica. De igual forma se describen los procedimientos utilizados para detectar el teclado

Diseño

de manera que el usuario pueda cambiar la escala, mover los distintos filtros y diafragmas pertenecientes al fotómetro o abortar el experimento.'

vii. 2).3-d Corrimiento de Señales:

Con la finalidad de mostrar en el monitor la secuencia de adquisición de los datos, así como una división entre ellos, es necesaria la creación de una subrutina que permita que el usuario observe el corrimiento de las señales o 'scroll' directamente en la pantalla.

A continuación se muestra un listado de esta subrutina:'

vii. 2).3-e Control de Adquisición:

Este se logra manejando los I/O R y W de la computadora, anexando distintos bytes de control que activarán diversos componentes en la electrónica de adquisición. La secuencia la sugiere la arquitectura general de ésta última.

A continuación se muestran los programas necesarios para el control de adquisición, y se da una explicación detallada de su funcionamiento.

```

*IR-
*II-
*IB-

```

```

-----
*   ADQUISICION DE DATOS , DESPLIEGUE
*   Y DESPLIEGUE CON SCROLL Y ESCALA
*   DE LAS SEÑALES OBTENIDAS.
*
-----

```

```
PROGRAM PRUEBA(INPUT,OUTPUT);
```

```
CONST
```

```

maxpix = 45;
tam      = 15000;           ( cantidad maxima de datos
cont_a = 1300;            ( primera parte de dato en HW
cont_b = 1301;            ( segunda parte de dato en HW
ventana = 1304;           ( ventana de integracion
dir_ado = 1306;           ( apuntador de datos en HW
dir_lee = 1308;           ( apuntador de datos en SW
filtro  = 130E;
base:array(0..1) of integer = (13800,138A0);

```

```
TYPE
```

```

mueve = (filt,diagrama);

```

```
VAR
i1,i,j      : integer;           ( indices de conteo
a,b         : array (0..tam) of integer; ( almacen de datos
princ,final : integer;           ( limites del almacenamiento
n_pix,inc,x,
fac,coord1,
coord2      : byte;             ( variables de control de pantalla
actual      : integer;           ( valor actual de apuntador en SW
datos.eow   : boolean;          ( control de existencia de datos
dat_full1,
dat_full2   : array (0..maxpix) of byte;
loc         : integer;
dir         : char;
movi       : mueve;

```

(***** DIBUJA PANTALLAS *****)

procedure box(x1,v1,x2,v2:integer); { despliega los marcos de pantalla

begin

draw(x1,v1,x2,v2); { dibuja linea dependiendo de
draw(x1,v1,x2,v2); { las coordenadas de inicio y fin
draw(x2,v1,x2,v2); { que se establezcan al llamarlas
draw(x1,v1,x2,v2);

end;

(***** INICIALIZA PARAMETROS *****)

procedure inicia; { inicializa variables que seran
{ usadas durante el programa

begin

ecw:=false; { Bandera de Fin de Trabajo
ii:=0;
x:=0;
n_pix:=0; { numero de pixeles = 0
princ:= 0; { el principio del arreglo es 0
inc:=1; { el incremento es 1
actual:=0; { apuntador actual en PC = 0
x:=0; { contador inicia en 0
fac:=0; { factor de escala sera 1
hires; { declaramos alta resolucion
box(0,0,639,199); { despliega el marco de pantalla
box(127,15,127+40*8+1,45); { despliega primera ventana
box(127,55,127+40*8+1,85); { despliega segunda ventana
gotoxy(64,3);
write('CANAL A');
gotoxy(64,5);
write(' valor');
gotoxy(63,8);
write('CANAL B');
gotoxy(63,10);
write(' valor');
box(0,180,80,199);

```

gotoxy(2,24);
write('+ esc: ',char(24));
dox(80,190,110,199);
gotoxy(12,24);
write('- esc: ',char(25));
dox(160,180,190,199);
gotoxy(22,24);
write('dist:F1');
dox(120,150,150,199);
gotoxy(31,24);
write('dir:F2');
dox(200,150,230,199);
gotoxy(40,24);
write('filt:F3');
dox(380,180,410,199);
gotoxy(50,24);
write('filt2:F4');
dox(460,180,490,199);
gotoxy(60,24);
write('offset:Y/N');
gotoxy(5,8);
write('ESCALA');
gotoxy(4,10);
write('fac:5');
gotoxy(4,3);
write('T. SIDERAL');
gotoxy(3,5);
write('valor');
(*
while port[filtro] and $8=0 do
    port[filtro]:=0
(end while);
*)
end;

(***** ADQUIERE DATOS *****)

procedure adquiere;
begin
    ( adquiere los datos de los
      ( y los guarda en el arreglo de
      ( almacenamiento

```

```

i:=0:
datos:=false:
final:=portw(dir_sdq):          { final toma la direccion de ad-
if princ = final then          { quisicion de datos
begin
  datos:=true:
  repeat
    portw(dir_lect):=princ:     { almacena los datos en el arreglo
    a[i]:=portw(cont_a):        { hasta que los limites valgan lo
    b[i]:=portw(cont_b):        { mismo puesto que eso indica que
    i:=succ(i):                 { va no hay mas datos por captar
    princ:=succ(princ):         { incrementa el subindice
  until princ = final:         { incrementa el contador de lectu-
                                { ra de datos

end:

end:

(**** SUBROUTINA DE ATENCION AL USR *****)

procedure attn:                { aumenta la escala si el usuario }
                                { lo pide oprimiendo la tecla "m" }
var  ent:char:

begin
  if keypressed then           { si presiona una tecla entonces
begin
  read(kbd.ent):                { lee la tecla presionada
  ent:=UpCase(ent):
  case ent of
'M' : if fac<15 then fac:=succ(fac):
'N' : if iac>0 then fac:=pred(fac):
'F' : begin
      write('nuevo filtro'):
      portw(filtro):=2:
      movi:=filt:
    end:
'D' : begin
      write('nuevo diafragma'):
      portw(filtro):=5:

```



```

                movi:=diaphragma;
            end;
        'E' : EoW:=True;
    end: (case);
    end: (it);
end: (attn);

(***** CORRIMIENTO DE SENALES *****)

procédure scroll;
begin
    x:=x+(1-random(3));
    if x<2 then x:=2;
    if x>30 then x:=30;
    ii:=ii+1;
    x:=x shr fac;
    n_pix:=$F and (n_pix+1);
    dat_full1(n_pix):=x;
    dat_full2(n_pix):=x;

    if n_pix = maxpix then
        ( realiza scroll hasta que se t
          { gan 8 pixeles
        )
    begin
        for i:=0 to 7 do
            begin
                cord1:=45-dat_full1[i] and 31;
                cord2:=85-dat_full2[i] and 31;
                loc:=52+((cord1 shr 1) shl 6)+((cord1 shr 1) shl 4);
                mem[base[cord1 and 1]:loc]:=mem[base[cord1 and 1]:loc] or (128 sh
                loc:=52+((cord2 shr 1) shl 6)+((cord2 shr 1) shl 4);
                mem[base[cord2 and 1]:loc]:=mem[base[cord2 and 1]:loc] or (128 sh
                cord1:=45-dat_full1[i+8] and 31;
                cord2:=85-dat_full2[i+8] and 31;
                loc:=53+((cord1 shr 1) shl 6)+((cord1 shr 1) shl 4);
                mem[base[cord1 and 1]:loc]:=mem[base[cord1 and 1]:loc] or (128 sh
                loc:=53+((cord2 shr 1) shl 6)+((cord2 shr 1) shl 4);
                mem[base[cord2 and 1]:loc]:=mem[base[cord2 and 1]:loc] or (128 sh
            end;
        inline(

```

	{		}	
	{	BASGR1 EQU 0B0H	: BASE GRAFICA 1	}
	{	BASGR2 EQU 0BAH	: BASE GRAFICA 2	}
	{	FINAL1 EQU 070H	: DELTA Y	}
	{	FINAL2 EQU 0D4H	:	}
	{	X EQU 0C4H	: DELTA X	}
	{		}	}
\$FA/	{	CLI	: LIMPIA INTERRUPTS	}
\$1E/	{	PUSH DS	: SALVA DS	}
\$57/	{	PUSH DI	: SALVA DI	}
\$B4/\$B8/	{	MOV AH,BASGR1	: INICIALIZA	}
\$BB/\$02/\$00/	{	MOV BX,02H	: DELTA DE CORRIMIENTO	}
\$B2/\$00/	{	MOV DL,0H	: CONTADOR DE PAGINAS	}
\$B0/\$29/	{PAGE	MOV AL,29H	: CAMBIA DS: A BASE GRA	}
\$8E/\$D8/	{	MOV DS,AX	:	}
\$BF/\$00/\$00/	{LINEA	MOV DI,0H	: INICIALIZA EL CONTADO	}
\$8B/\$01/	{LOOP	MOV AX,[BX+DI]	: CORRIMIENTO	}
\$89/\$05/	{	MOV [DI],AX	:	}
\$47/	{	INC DI	: INCREMENTA Y	}
\$47/	{	INC DI	: INCREMENTA Y	}
\$B1/\$FF/\$24/\$00/	{	CMP DI,X	: COMPARA	}
\$7E/\$F4/	{	JLE LOOP	:	}
\$8C/\$D8/	{	MOV AX,DS	: INCREMENTA DS:	}
\$05/\$05/\$00/	{	ADD AX,05H	:	}
\$8E/\$D8/	{	MOV DS,AX	:	}
\$3C/\$70/	{	CMP AL,FINAL1	: COMPARA CON DELTA Y	}
\$7E/\$E6/	{	JLE LINEA	:	}
\$FE/\$C2/	{	INC DL	: INCREMENTA CONTADOR D	}
\$B4/\$BA/	{	MOV AH,BASGR2	: CAMBIA BASE GRAFICA	}
\$B0/\$FA/\$02/	{	CMP DL,02H	: ULTIMA PAGINA ?	}
\$75/\$D9/	{	JNE PAGE	: NO	}
\$B4/\$B8/	{	MOV AH,BASGR1	: INICIALIZA	}
\$B2/\$00/	{	MOV DL,0H	: CONTADOR DE PAGINAS	}
\$B0/\$BD/	{PAGE2	MOV AL,0BDH	: CAMBIA DS: A BASE GRA	}
\$8E/\$D8/	{	MOV DS,AX	:	}
\$BF/\$00/\$00/	{LINEA2	MOV DI,0H	: INICIALIZA EL CONTADO	}
\$8B/\$01/	{LOOP2	MOV AX,[BX+DI]	: CORRIMIENTO	}
\$89/\$05/	{	MOV [DI],AX	:	}
\$47/	{	INC DI	: INCREMENTA Y	}
\$47/	{	INC DI	: INCREMENTA Y	}

```

$B1/$FF/$24/$00/      (      CMP  DI,X      : COMPARA      )
$7E/$F4/              (      JLE  LOOP2     :      )
$8C/$D8/              (      MOV  AX,DS     : INCREMENTA DS:  )
$05/$05/$00/         (      ADD  AX,USH    :      )
$8E/$D8/              (      MOV  DS,AX     :      )
$3C/$D4/              (      CMP  AL,FINAL  : COMPARA CON DELTA Y )
$7E/$E6/              (      JLE  LINEA2   :      )
$FE/$C2/              (      INC  DL        : INCREMENTA CONTADOR D)
$84/$BA/              (      MOV  AH,BASGR  : CAMBIA BASE GRAFICA )
$80/$FA/$02/         (      CMP  DL,OSH    : ULTIMA PAGINA ?  )
$75/$D9/              (      JNE  PAGE2    : NO      )
$5F/                  (      POP  DI        :      )
$1F/                  (      POP  DS        : RESTABLECE DS:  )
$FB/                  (      STI          : RESTABLECE INTERRUPT)

```

)

end:

end:

```

(***** PROGRAMA PRINCIPAL *****)
(***** DESPLIEGUE DE SENALES. *****)

```

```

begin      ( programa principal de despie- )
  inicia:  ( gue de senales.                  )
  repeat   ( mientras se desee,              )
    adquiere: ) ( adquiere los datos                    )
    scroll:  ( grafica las senales                 )
    atn:     ( atencion al usuario        )
  until EQW
  gotoxy(1,10):
  write(ii):
end.

```

Diseño

vii.3) CIRCUITO IMPRESO:

El diseño y manufactura del circuito impreso fué arduo y difícil. Cualquier cambio en la configuración de un componente o en su localización sobre la tarjeta tenía como consecuencia la alteración de varias decenas de líneas ya dibujadas en la pantalla. Algunas veces, para poder conectar un simple par de patas de otros componentes, se tuvo que llegar al grado de realizar alteraciones que se llevaron más de 2 o 3 días de trabajo.

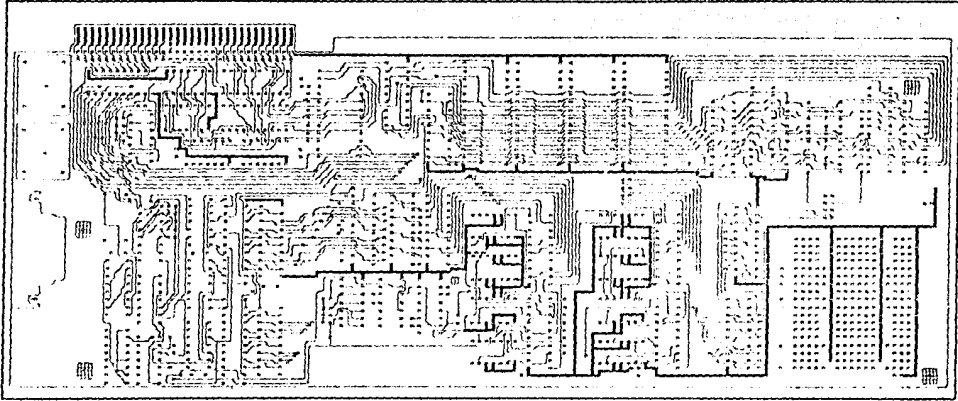
Debido a las frecuencias tan altas que se manejan en la etapa de entrada de la tarjeta, las capacitancias tuvieron que cuidarse para optimizar el funcionamiento del sistema.

Originalmente, el impreso se diseñó para ser un multicapa. Se vieron las alternativas y en México no existe una casa que puede comprometerse a hacer un trabajo de esta naturaleza. Al preguntar en un casa en Estados Unidos, la cotización que se entregó fue de \$1200.- dólares americanos, lo que es excesivo.

Debido a esto, se optó por construir dos impresos independientes comunicados entre sí por conectores rígidos impreso-impreso. Esto es equivalente a un circuito multicapa con la desventaja de que ocupa más lugar físico dentro del mueble de la computadora.

En las hojas siguientes se muestran estos circuitos:

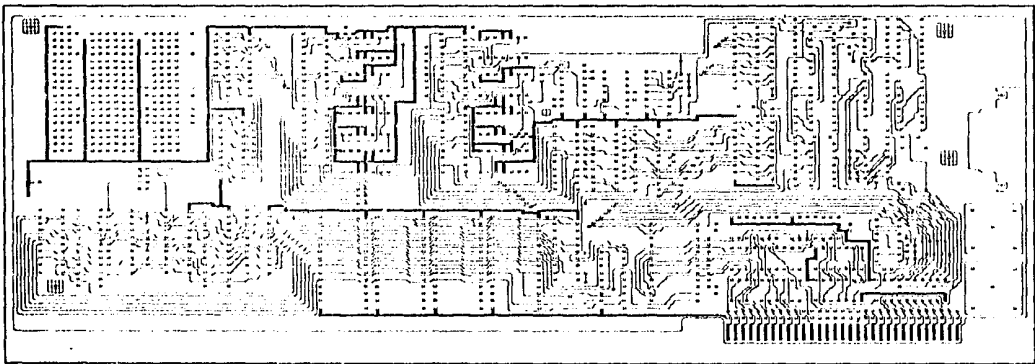
3



13-00000000 14 No. 17 10000000
13-00000000 14 No. 17 10000000
13-00000000 14 No. 17 10000000

47

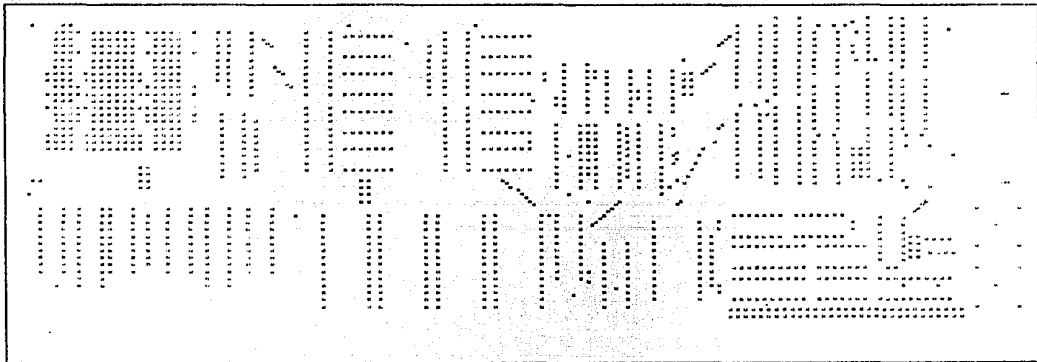
10-10-68 14-10-68 10-10-68
10-10-68 10-10-68 10-10-68
10-10-68 10-10-68 10-10-68



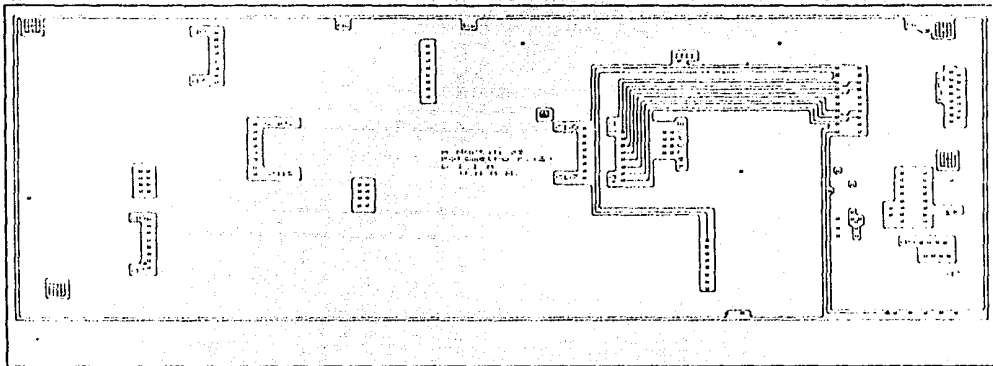
46

3

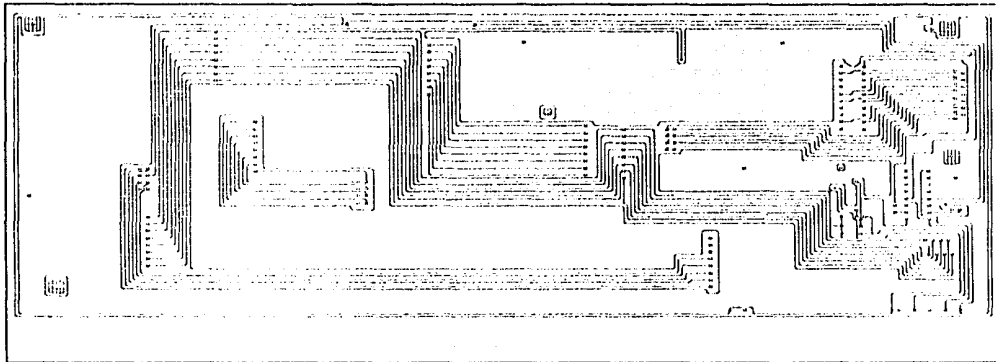
1X checkplot 14 Mar 89 00:03:04
fotmetro.pcb
v1.3 r4 holes: 1555 padmaster
approximate size: 13.25 by 4.95 inches



1X checkplot 14 Mar 89 00:13:50
cara3v4b.pcb
v1.3-r4 holes: 177 component side
approximate size: 12.75 by 4.95 inches



1X checkplot 14 Mar 89 00:13:50
cara3v4b.pcb
v1.3 r4 holes: 177 solder side
approximate size: 12.75 by 4.95 inches



VIII. COSTOS Y CONCLUSIONES

VIII.1) COSTOS DEL PROYECTO:

En el desarrollo de un proyecto de innovación o sustitución tecnológica es difícil determinar los egresos necesarios para llevarlo a término. Es riesgoso aventurarse a decir el tiempo que se le invierte en horas hombre, debido a que en una institución como lo es nuestra Universidad Nacional Autónoma de México, el trabajo dedicado es intermitente, ya que existen diversos proyectos a los que se deben atacar simultáneamente.

Por eso, los costos abajo mencionados son una consecuencia únicamente del material utilizado y no de los gastos indirectos.

Cantidad	Descripcion	Precio Unitario	Precio Total
1	74LS245	0.59	0.59
6	74LS244	0.69	4.14
5	74LS04	0.28	1.68
1	74LS08	0.28	0.28
1	74LS02	0.28	0.28
1	74LS21	0.35	0.35
1	74LS154	1.19	1.19
1	74LS121	0.40	0.40
3	74LS74	0.35	1.05
1	74LS05	0.28	0.28
1	74LS174	0.39	0.39
2	74LS490	1.95	3.9
8	74LS373	0.79	6.32
4	74AS867	1.95	7.8
6	74LS197	0.59	3.54
2	74S197	0.99	1.98
4	74LS374	0.79	3.16
1	74123	0.39	0.39
4	MC43256	16.0	64.0

4	74LS00	0.26	1.04
1	74LS10	0.26	0.26
1	7425	0.26	0.26
1	7905	0.30	0.30
2	MC10125	0.60	1.2
8	1N4005	0.12	0.96
9	TIP-41C	0.29	2.61
1	RELEVADOR	3.19	3.19
4	REED SWITCH	0.3	1.2
1	CONECTORES	5.0	5.0
1	POTENCIOMETRO	1.0	1.0
20	CAPACITOR	0.2	4.0
1	LM2729	1.2	1.2
		TOTAL:	\$123.94

(Cantidades en dolares americanos)

Tomando en cuenta que el tipo de cambio existente a la fecha (Marzo 1989) es de:

1.0 USD = \$ 2350.0 pesos mexicanos

tenemos que:

\$123.94 USD = \$291259.0 pesos

Sumando esta cantidad a otros gastos directos:

Material	\$291,259.0
Negativos Fotográficos	\$45,000.0
Manufactura Impreso	<u>\$196,800.0</u>
	\$533,059.0 pesos mexicanos.

Costos y Conclusiones

viii.2) CONCLUSIONES:

- 1.- En ambientes ruidosos y donde las distancias son largas, es conveniente manejar las señales de alta frecuencia con una familia lógica que utilice las regiones de corte y lineal de operación de los transistores, como lo es ECL.
- 2.- En una línea de transmisión, es importante tomar en cuenta el tiempo de levantamiento de la señal contra el tiempo de retardo de propagación si se quiere conservar la inmunidad a ruido de la señal manejada.
- 3.- Hay que considerar los diferentes ruidos que afectan a las señales a lo largo de diferentes medios por los que atraviesan, de manera que podamos seleccionar las líneas de transmisión más adecuadas a la aplicación.
- 4.- Para líneas de transmisión largas y donde la frecuencia de la señal es alta, es conveniente utilizar cable coaxial o de pares trenzados.
- 5.- El cambio en la impedancia de un medio de propagación a otro debe ser mínimo.
- 6.- Las interconexiones y aterrizaje de los equipos son de suma importancia, tanto para lograr un buen funcionamiento del sistema como para evitar daños a veces irreversibles al equipo.
- 7.- En cualquier diseño, es necesario tomar en cuenta los tiempos de retardo de propagación inherentes a cada componente del sistema, de manera que se logre la función deseada.

Costos y Conclusiones

- 8.- Es importante conocer las técnicas de interfase con una computadora dado que en general ésta se tiene que comunicar con sistemas de distinta velocidad, ya sean más lentos ó mucho más rápidos.
- 9.- En aplicaciones donde el sistema a controlar o monitorear tiene una velocidad distinta a aquella de la computadora, es preciso generar un circuito de estados de espera, con el objeto de coordinar acciones.
- 10.- Dada la complejidad de la electrónica de adquisición, fué necesario diseñarla de manera que la mayoría de sus señales de control fueran generadas por medio de programación en la computadora personal y no como parte del Hardware mismo del sistema.
- 11.- Esta electrónica hace posible la utilización de un instrumento astronómico cuya tecnología de diseño y construcción iba siendo cada vez más obsoleta, y logra dejarlo operativo por más años.
- 12.- La utilización de fototubos en la detección de imágenes astronómicas, así como en el análisis de estas, permite un mayor desarrollo en el campo de la astrofísica, lo que se logra con la utilización de instrumentos como el Fotómetro Doble Rápido.
- 13.- El lograr controlar un instrumento astronómico con una computadora tan comercial como es una compatible con IBM, hace posible la creación de un sistema más barato y versátil del que se pudiera comprar directamente al fabricante, además de que reduce los costos de puesta en marcha del equipo.

Costos y Condiciones

- 14.- El diseñar un sistema de tal naturaleza, genera conocimientos que son útiles a la universidad y provocan la creación de equipos humanos más capacitados en el medio.
- 15.- Si se analiza el costo directo de la electrónica de control del Fotómetro Doble Rápido, se puede apreciar la gran diferencia con una electrónica comprada, cuyo costo sobrepasa los \$10,000.0 dólares.

IX. BIBLIOGRAFIA

Digital Integrated Electronics: Herbert Taub and Donald Schilling.
International Student Edition. Mc Graw Hill, 1987.

Diseño con circuitos Integrados TTL: Morris, Robert L., Texas
Instruments Incorporated, Editorial Continental, 1986.

Diseño de Sistemas Digitales y Microprocesadores: Hayes, John P.,
Mc Graw Hill, 1986.

IBM PC Technical Reference Book: IBM Company, 1986.

IEEE Standard Dictionary of Electronic Terms: American National
Standard, 3th. Edition, 1984.

Interfacing to the IBM PC; Eggebrecht, Lewis C., Howard W. Sams &
Co., 1st. Edition, 1987.

Jameco Electronics Catalog; 1989.

Logic Circuits and Microcomputer Systems; Wiatrowski, Claude,
et.al.; International Student Edition, Mc Graw Hill, 1981.

Logic Databook: National Semiconductor Corporation, Vol.II, 1984.

MECL High-Speed integrated Circuits: Motorola Inc., 1984.

MECL System Design Handbook; Blood, William R., Motorola
Semiconductor Products, Second Edition, 1972.

Microprocessors and Interfacing, Programing and Hardware; Hall,
Douglas V., Mc Graw Hill Book Company, 1986.

Microcomputer Interfacing; Stone, Harold S., Addison-Wesley
Publishing Co., 1986.

Bibliografia

Photomultiplier Manual. Theory, Design and Application: Technical Series. RCA Corporation; 1975.

The TTL Data Book: Texas Instruments; 1984.

Transistor Data Book: D.A.T.A. Electronics. 35th Edition. 1973.



data sheet

HM 20256 T HM 20256 U HM 20256 32K x 8 LOW POWER CMOS SRAM

JANUARY 1987

Features

- ACCESS TIME : 100/120/150 max
- ASYNCHRONOUS
- STAND BY CURRENT : 2 mA max
- OPERATING SUPPLY CURRENT : 70 mA max
- DATA RETENTION MODE : 2V, 0.8 mA max
- TTL COMPATIBLE INPUTS AND OUTPUTS
- TEMPERATURE RANGE :
 - Commercial 0°C to 70°C

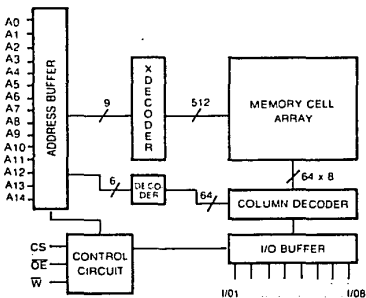
Description

The HM 20256 is a 32768 words X 8 bits asynchronous static Random Access Memory using CMOS technology and operates from the single 5V supply current

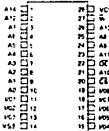
The HM 20256 uses "state of the art" technology which provides very low standby power mode making it ideal for low power applications requiring non volatile storage with battery back up.

The HM 20256 features fully static operating requiring no external clock or timing strobes

Functional Diagram



Pinout TOP VIEW



A0 - A14 Address Input
CS Chip Enable
OE Output Enable
WE Write Enable
VCC VCC
GND GND
I/O1 I/O1
I/O8 I/O8
VDD VDD

an IEEE
larify the
tent. We
and use.



se setup
om Write
h.

ns either
for each
ire speci-
point of
is shown
sm must
re (even
ire it). On
tom the
e device
s time is
e device
hat time.

INPUT

LL BE
ALID

CHANGE
H TO L

CHANGE
L TO H

ING
JNKOWN

HIGH
DANCE

HM 20256

* ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS		* OPERATING RANGE	
Supply voltage (V _{CC} , GND)	- 0.3V to 7.0V	Operating Voltage	4.5V to 5.5V
Input/output voltage	- 0.3V to V _{CC} + 0.3V	Commercial (1) 5V	Operating Temperature
Power dissipation	1.0 W		0°C to + 70°C
Storage temperature	- 65°C to + 150°C		

* V_{I/O} = -1V when pulse width is less or equal to 50 ns

ELECTRICAL CHARACTERISTICS
DC PARAMETERS

Symbol	Parameter	HM 20256 HM 20256 T HM 20256 U		Unit	Value
		typ *	max		
ICCSB (1)	Standby supply current	1.5	3	mA	max
ICCSB1 (2)	Standby supply current	0.1	2	mA	max
ICCOP1 (3)	Average operating current Full speed	37	70	mA	max
ICCOP2 (4)	Average operating current Full speed	35	65	mA	max
I _{I/O} (5)	Input/output leakage current		± 1	µA	max
V _{IL} (6)	Input low voltage		0.8	V	max
V _{IH} (6)	Input high voltage		2.2	V	min
V _{OL} (7)	Output low voltage		0.4	V	max
V _{OH} (7)	Output high voltage		2.4	V	min
C _{ADD} (8)	Address capacity		10	pF	max
C _I (8)	Input capacitance		10	pF	max
C _O (8)	Output capacitance		10	pF	max

Note 1: $\overline{CS} = V_{IH}$ other inputs = GND or VCC

Note 2: $\overline{CS} > V_{CC} - 0.2V$ other inputs = GND or VCC

Note 3: $V_I = V_{IL}$ or V_{IH} , $I_{I/O} = 0$ mA, $TCV_{CL} = \text{Min}$, $\overline{OE} = V_{IH}$

Note 4: $V_I = 0.2V_{VCC} - 0.2V$, $I_{I/O} = 0$ mA, $\overline{OE} = V_{CC} - 0.2V$

Note 5: $V_{CC} = 5.5V$, $V_{IN} = V_{CC}$ or GND

Note 6: $V_{IL} \text{ min} = -0.3V$, $V_{IH} \text{ max} = V_{CC} + 0.3V$

Note 7: $I_{OH} = -1.0$ mA, $I_{OL} = 2.0$ mA

Note 8: $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f = 1$ MHz - capacity are sampled and not tested at 100 %

* Typical values are for $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_{CC} = 5.0V$

HM 20256

AC PARAMETERS

Write cycle

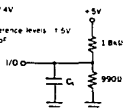
Symbol	Parameter	HM 20256 T	HM 20256 U	HM 20256	Unit	Value
TAVAV	Write cycle	* 1	100	120	150	ns min
TELWH	Chip selection to end of write	* 1	80	85	90	ns min
TAVWH	Address valid to end of write	* 1	80	85	90	ns min
TAVWL	Address set up time	* 1	0	0	0	ns min
TWLWH	Write pulse width	* 1	75	80	80	ns min
TWHAV	Address hold time-write recovery time	* 1	0	0	0	ns min
TDVWH	Input data valid to write high	* 1	45	50	50	ns min
TWHDX	Data hold from write time	* 1	0	0	0	ns min
TWLOZ	Write low to output in high Z	* 2	35	40	45	ns max
TWHQX	Output active to end of write	* 2	10	10	10	ns min

Read cycle

Symbol	Parameter	HM 20256 T	HM 20256 U	HM 20256	Unit	Value
TAVAV	Read cycle time	* 1	100	120	150	ns min
TAVQV	Address access time	* 1	100	120	150	ns max
TELOV	Chip select access time	* 1	100	120	150	ns max
TGLOV	Output enable to output valid time	* 1	50	60	75	ns max
TELOX	Chip select low to active output	* 2	10	10	10	ns min
TEHOZ	Chip select disable time	* 2	35	40	45	ns max
TGLOX	Output enable to output in low Z time	* 2	10	10	10	ns min
TGHOZ	Output enable to output in high Z time	* 2	35	40	45	ns max
TAVQX	Output holdtime from address change	* 1	20	20	20	ns min

* 1 Test Conditions

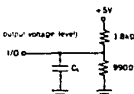
- Input pulse level: 0.6V to 2.4V
- $t_r = t_f = 5\text{ ns}$
- Input and output timing reference levels: 1.5V
- Output load: $C_L = 100\text{ pF}$



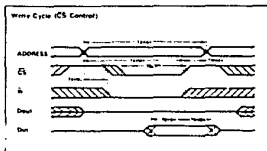
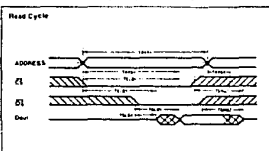
$C_L = 100\text{ pF}$ (Includes Jig Capacitance)

* 2 Test Conditions

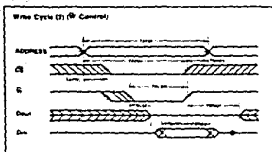
- Input pulse level: 0.6V to 2.4V
- $t_r = t_f = 5\text{ ns}$
- Input timing reference levels: 1.5V
- Outputs timing reference levels: $\pm 200\text{ mV}$ (the level displaced from stable output voltage level)
- Output load: $C_L = 5\text{ pF}$



$C_L = 5\text{ pF}$ (Includes Jig Capacitance)



HM 20256



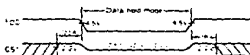
Note

- 1 During read cycle time, \bar{W} is "H" level
- 2 Write cycle time is controlled by \bar{CS}
Output Buffer is in high impedance, \bar{G} level is don't care
- 3 Write cycle time is controlled by \bar{W}
Output Buffer is in high impedance

DATA CHARACTERISTIC RETENTION WITH LOW VOLTAGE POWER SUPPLY

Parameter	Symbol	Conditions	20256 (T) (U)	Unit	Value
Data retention supply voltage	VCCDR		2	V	min
Data retention current	ICCDR	VCC = 2V other inputs 3V	0.8	mA	max
Power down recovery time	tR		1.0AVAV	ns	min
Power down set up time	TCOR		0	ns	min

Data retention timing



FUNCTIONS

Truth Table

CS	OE	W	DATA I/O	Mode
H	—	—	Hi-Z	Standby
L	X	L	DIN	Write
L	L	H	DOUT	Read
L	H	H	Hi-Z	Output disable

X: "H" or "L", —: Don't care

Reading data

Data is able to be ready by setting addresses during holding \bar{CS} = "L", \bar{OE} = "L" and \bar{W} = "H". And as Data I/O terminals are high impedance \bar{OE} = "H", the data bus line can be used for any other object, then access time apparently is able to be cut down

Writing data

There are following three ways of writing data into memory.

- (1) During holding \bar{CS} = "H", \bar{W} = "L", set address
- (2) During holding \bar{CS} = "L", set address and give "L" pulse to \bar{W}
- (3) After setting addresses, give "L" pulse to \bar{CS} & \bar{W}

Anyway, data on the Data I/O terminals are latched up into the HM 20256 when \bar{CS} and \bar{W} are "H". As data I/O terminals are high impedance when \bar{CS} or \bar{OE} = "H".

Standby mode

When \bar{CS} is "H" level the HM 20256 is in the standby mode and the operation is only retaining data. In this case Data I/O terminals are Hi-Z, and all inputs of address, \bar{W} and data are prohibited. When \bar{CS} level is in the range over VCC - 0.2V and VCC = 2V, the HM 20256 is in the data retention battery backup mode.

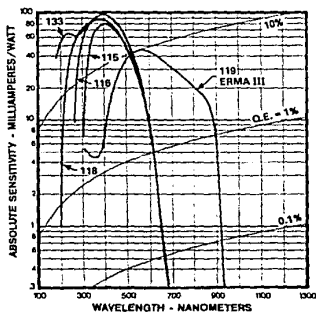


2" Diameter QUANTACON Head-On Types
Ga-P First Dynode or All Ga-P Dynode Material
Electrostatic-Focus, In-Line Dynode Structure

RCA Photomultipliers

Spectral Response	RCA Type No	Mechanical		Maximum Ratings		Operating Supply Volts and Distribution ^f	Electrical				Anode Dark Current nA ^g Anode Luminous Sensitivity A/lm	Anode Pulse Rise Time ns	Remarks ^h	
		No. of Stages and Cage Structure ^a	Dynode Secondary Emitting Surface Material	Supply Voltage V	Average Anode Current mA		Sensitivity							
							Radiant ^d	Luminous ^e	Gain (Approx.) x 10 ⁴	Anode Dark Current nA ^g				
116	8B50	12 I	Dvt-Ga-P Dv2-12 Be-O	3000	0.2	2000 T	710,000	97	620	85	7.3	0.6 ⊕ 200	< 2.5	Parent type. Has a Ga-P first dynode and a bakelite photocathode. A premium tube for photon and low-energy counting applications.
116	8B51	12 I	Dvt-Ga-P Dv2-12 Be-O	3000	0.2	2000 T	710,000	97	620	85	7.3	0.6 ⊕ 200	< 2.5	Variant of 8B50 having a spherical-section face plate.
119	8B52	12 I	Dvt-Ga-P Dv2-12 Be-O	2500	1.0	1500 S	16,000	37	100	230	0.43	10 ⊕ 100	< 2.5	Variant of 8B50 having an ERMA III photocathode. An excellent tube for laser detection and Raman spectroscopy.
119	8B53	12 I	Dvt-Ga-P Dv2-12 Be-O	2500	1.0	1500 S	16,000	37	100	230	0.43	10 ⊕ 100	< 2.5	Variant of 8B52 having a spherical-section face plate.
118	C31000 ^h	12 I	Dvt-Ga-P Dv2-12 Be-O	3000	0.2	2000 T	710,000	97	620	85	7.3	0.6 ⊕ 200	< 2.5	Variant of 8B50 having a UV-transmitting glass window providing a spectral response range from about 200 to 660 nanometers.
133	C31000 ^h	12 I	Dvt-Ga-P Dv2-12 Be-O	3000	0.2	2000 T	710,000	97	620	85	7.3	0.6 ⊕ 200	< 2.5	Variant of 8B50 having a fused-silica window providing a spectral response range from about 180 to 660 nanometers.
115	C31024	5 I	Ga-P	2750 to 4500 ⁱ	0.1 ^m	3000 A	430,000	87	360	73	5	-	< 1.0 ⊕ 2500V	A SiAl type employing a dual photocathode and all Ga-P dynodes. This tube has a single-electron mode-pulse time limit of 0.8 nanoseconds and is designed for nuclear physics and other applications requiring subnanosecond time response.

- ^a Cage Structure: C, circular-cage; I, in-line; and V, venetian-blind.
- ^b Averaged over any interval of 30 seconds maximum.
- ^c For voltage distribution, see page 9.
- ^d At wavelength of maximum response of the spectral response characteristic.
- ^e With a tungsten-filament lamp operated at a color temperature of 2870°K. Future data for RCA photomultipliers will be measured using a color temperature of 2854°K.
- ^f At the maximum rated supply voltage. The photocathode is fully illuminated.
- ^g See Glossary of Terms, pages 4 and 5.
- ^h Type is available with a spherical-section faceplate.
- ⁱ A maximum voltage value within this range is supplied with each C31024.
- ^m Averaged over any interval of 0.1 second.
- ⁿ The values of radiant sensitivity shown in the graph for each spectral response designation are typical and may or may not apply for the tube types shown on this page. See page 82 for method of obtaining sensitivities, at any wavelength, for any given tube.



Typical Photocathode Spectral Response Characteristicsⁿ

Glossary of Terms

\AA — angstrom: 10 angstroms (\AA) = 1 nanometer (nm) = 1×10^{-9} meter (m)

Anode — An electrode through which a principal stream of electrons leaves the interelectrode space.

Anode Dark Current — The current, in a photomultiplier tube, measured in complete darkness. It is defined as that component of the output current remaining when ionizing radiation and optical photons are absent. Dark current and resulting noise are critical factors in limiting the lower level of light detection.

Anode-Pulse Rise Time — The time difference between the 10 and 90 per cent amplitude points on the output waveform for full-cathode illumination and delta-function excitation. Anode-pulse rise time is measured with a repetitive delta-function light source and a sampling oscilloscope. The trigger signal for the oscilloscope may be derived from the device output pulse, so that light sources such as a scintillator light source may be employed.

Be-O (Cu-Be) — Beryllium oxide secondary emitting surface, copper-beryllium substrate.

Bialkali Photocathode (K-Cs-Sb) — A photocathode having a spectral response similar to S-11, but having the advantage of lower dark noise at room temperature, higher peak quantum efficiency and the ability to withstand somewhat higher temperature than other photocathodes.

Bialkali Photocathode (Na-K-Sb) — A photocathode having a spectral response similar to that of the K-Cs-Sb Bialkali photocathode but with the ability to withstand extremely high operating temperatures (up to 150° C).

Circular Cage (C) — A focused multiplier configuration in a circular arrangement; it permits a compact layout and good time response.

Cs-Sb — Cesium antimony

Cs-Te — Cesium telluride

Current Amplification (Gain) — The ratio of 1) the signal output current to 2) the photoelectric signal current from the photocathode.

Dark Current — See Anode dark current.

Dark Pulses — Pulses observed at the output electrode when the photomultiplier is operated in total darkness. These pulses are due primarily to electrons originating at the photocathode.

Delta Function Light Source — A light source whose rise time, fall time, and FWHM are no more than one-third of the corresponding parameters of the photomultiplier's output pulse.

Dynode — A secondary-electron emitting electrode.

Equivalent Anode Dark Current Input (EADCI) — The quotient of the anode dark current by a stated anode luminous sensitivity value.

Equivalent Noise Input (ENI) — That value of incident flux which when modulated in a stated manner produces an rms output current equal to the rms noise current with a specified bandwidth.

ERBA — An acronym for Extended Red BiAlkali photocathode

ERMA — An acronym for Extended Red MultiAlkali photocathode.

Full Width at Half Maximum (FWHM) — The full width of a distribution measured at half the maximum ordinate. For a normal distribution it is equal to $2(2 \ln 2)^{1/2}$ times the standard deviation (σ).

Ga-As — Gallium arsenide

Ga-As-P — Gallium arsenide phosphide

Gain — See Current Amplification

Ga-In-As — Gallium indium arsenide

Hysteresis, Photomultiplier Tube — A temporary anode-current instability exhibited when light levels are first applied, especially after a change in voltage. The time required to reach a stable anode current may vary from a few seconds to a minute or more. This effect is not observed in all PMT's.

In-Line Cage (I) — A focused, or non-focused, multiplier configuration in a linear structure; it permits more dynodes than the circular cage configuration. Note: a venetian-blind cage is non-focused.

IR — Infrared

Multialkali Photocathode (Na-K-Cs-Sb) — A photocathode sensitive from the ultraviolet to the red and near infrared regions of the spectrum. Compared with the cesium-antimony photocathode, it has improved response in the red region.

Noise — The random output which limits the minimum observable signal from the phototube.

Non-Magnetic Photomultiplier Tube — A photomultiplier using a structure having a minimum of ferro-magnetic materials. The ferro-magnetic materials that are present are usually limited to short lengths of Kovar or Dumet wire located in the glass stem of the tube.

No. of Stages — Equivalent to the number of dynodes used.

Opaque Photocathode (Reflection-Mode Photocathode) — A photocathode wherein photoelectrons are emitted from the same surface as that on which the photons are incident.

Optical Photons — Photons with energies corresponding to wavelengths between 120 to 1800 nanometers.

Photocathode — An electrode used for obtaining photoelectric emission.

Photocathode Blue Response — The photoemission current produced by a specified luminous flux from a tungsten-filament lamp operated at a color temperature of 2854° K when the flux is filtered by a C.S. No.5-58 blue filter of half-stock thickness. This parameter is useful in characterizing response to scintillation counting sources.

PHR — See pulse height resolution

PMT — An abbreviation for photomultiplier tube.

Pulse Height Resolution (PHR) — The fractional full width at half maximum of the pulse height distribution curve (FWHM/A1), where A1 is the pulse height corresponding to the maximum of the distribution curve. In scintillation spectroscopy, it is customary to state PHR as a percentage.

QUANTACON — The RCA designation for photomultiplier tubes employing group III/V compounds as secondary emitters and/or photocathodes. A typical III/V secondary emitting compound is Ga-P; a typical III/V photocathode compound is Ga-As.

Quantum Efficiency — The average number of photoelectrons emitted from the photocathode per incident photon. Quantum efficiency in per cent at any given wavelength can be calculated from the following formula:

$$QE = \frac{\sigma (1239.5)}{\lambda} \frac{(100)}{\lambda} \%$$

where, λ is the wavelength in nm and σ is the cathode radiant sensitivity in A/W at λ

Red-to-White Ratio — The quotient of the anode current (measured using a specified red filter interposed between a tungsten-filament lamp and the tube) by the anode current measured with the filter removed.

S/N — Signal-to-noise ratio

S & V — Shock and vibration

Scintillation — The optical photons emitted as a result of the incidence of a particle or photon of ionizing radiation on a scintillator.

Scintillation Counter — The combination of a scintillator, phototube, and associated circuitry for detection and measurement of ionizing radiation.

Sensitivity, Anode Luminous — Same as sensitivity, cathode luminous but referred to anode.

Sensitivity, Anode Radiant — Same as sensitivity, cathode radiant but referred to anode.

Sensitivity, Cathode Luminous — The quotient of photoelectric emission current from the photocathode by the incident luminous flux under specified conditions of illumination. Because cathode luminous sensitivity is not an absolute characteristic but depends on the spectral distribution of the incident flux, the term is commonly used to designate the sensitivity to radiation from a tungsten-filament lamp operated at a color temperature of 2854° K. Cathode luminous sensitivity is usually measured with a beam at near normal incidence.

Sensitivity, Cathode Radiant — The quotient of the photoelectric emission current from the photocathode by the incident radiant flux at a given wavelength under specified conditions of irradiation. Cathode radiant sensitivity is usually measured with a beam at near normal incidence.

Single Electron Rise Time (SERT) — The anode-pulse rise time associated with single electrons originating at the photocathode. Measurement of SERT requires a photomultiplier having an adequate gain so that the single electron event may be viewed on a sampling oscilloscope.

Time Jitter — See transit time spread.

Time Resolution — See transit time spread.

Transit Time Spread — The FWHM of the time distribution of a set of pulses each of which corresponds to the photomultiplier transit time for that individual event.

Transmission-Mode Photocathode — A photocathode in which radiant flux incident on one side produces photoelectric emission from the opposite side.

UV — Ultraviolet

Venetian Blind Cage (V) — A non-focused linear multiplier structure. It has slower time response than focused multiplier structures and is characterized by large dynode areas.

Typical Photodetector Applications

The many and varied requirements of equipment designers and experimenters preclude RCA from suggesting a single photodetector as the optimum tube for any given application. In most applications, trade-offs must be made in electrical characteristics; tube size must be considered; the environment in which the device is to be operated is a factor; and, of course, tube cost is important. Each of these limitations is known only to the individual designer or experimenter. Accordingly, the tube types indicated for the different applications should be considered as representative of those which are used in that area.

General Application Description	General Function	Typical Application Areas	Frequently Used Photodetectors
Densitometry	The measurement of optical density of photographic negatives, neutral density filters, and similar materials.	Film processing, film manufacture, chemical industry, atomic energy laboratories, and university laboratories.	1P21 4473 931A 4572 934 8571 4471 C-7075J 4472
Colorimetry	The quantitative color comparison of surfaces (reflectance) and solutions (transmission).	Industrial, clinical, and scientific establishments concerned with paints and finishes, blood and tissue analysis, and chemical reactions producing color changes.	1P21 4472 1P22 4473 1P39 4552 931A 8571 934 C-31025B 4471 C-34001
Photometry	The measurement of illumination and/or brightness (luminance).	Photography and astronomy	1P21 7102 931A 8571 4471 C-7164R 4472 C-31025B 4473
Radiometry	The measurement of irradiance and/or radiance.	Space programs and astronomy	1P21 7102 1P28 8571 1P28A 8645 1P28/V1 C-31022 1P28A/V1 C-31025C PF1011 C-31034, A
Spectrophotometry (Specific types of spectrophotometers are listed below)	The measurement of radiant power in narrow wavelength regions of the radiation spectrum. Photomultipliers are useful in the 120 to 1200 nanometer range.	Extremely widespread usage in many scientific and industrial laboratories. Used in process control, element identification, and in all kinds of chemical and metallurgical analysis.	
Emission Spectrophotometers	The measurement of wavelength and intensity of characteristic spectral emission lines of elements when an electric spark, arc, or glow discharge is used for excitation.	Useful in qualitative and quantitative chemical analysis. An example is rapid "on-line" analysis of alloying elements and impurities in steel production.	
Absorption Spectrophotometers	The measurement of distinct transmission and absorption bands in transparent solutions and gases, or translucent suspensions, emulsions, or slices of tissue. Also used in reflection mode for opaque materials.	Widely used in biological research, food industry and organic chemical production.	1P21 1P28 1P28A 1P28/V1 1P28A/V1 931A
Atomic-Absorption Spectrophotometers	By vaporizing the sample in flame, the elements in the sample are ionized and absorb energy in narrow spectral lines, rather than in spectral bands. This type of instrument is sometimes called a Flame Spectrophotometer.	Useful for qualitative and quantitative chemical analysis. Generally more sensitive than emission spectrophotometry but requires use of light sources (discharge lamps) having spectral output at the absorption wavelengths.	7102 8571 C-7151U, W, Y, and Z C-31022 C-31025B, C, and J C-31034, A C-70128
Fluorescence Spectrophotometers	By producing fluorescence in the sample (usually by UV excitation), detection of certain contaminants or impurities at extremely low concentrations is practical.	Useful in synthetic polymer research. For example, fluorescence analysis is used for detecting, identifying and measuring an additive, plasticizer, or impurity in polymer films.	
Raman Spectrophotometers	Provides information on molecular structure and bonding energy by measuring the amount of wavelength shift of scattered photons from a highly monochromatic source such as a laser.	Scientific and industrial laboratories	7326 C-7164R 8850 C-31025B, C 8852 C-31034, A 8853 C-70042K, R C-7151W PF1011 PF1012
Photon Counting	A method of detecting photons by counting single photoelectrons released from the photocathode.	Astronomy and scientific laboratories	8575 8852 8850 8853 8854 C-31034, A
High Speed Inspection	Small objects such as fruits, vegetables, seeds, candy, toys, paper products and even glass, metal, and other industrial parts can be examined for color and defects as they move past one or more photomultiplier tubes at high speed. An airstream can be used, for example, to separate the defective items from the acceptable ones.	Food processing plants, agricultural experimentation stations, and manufacturing plants	1P21 6199 931A 6342A 4517 7102 7767
Process Control	The measurement of transmitted or reflected light in continuous flow processes using solids, liquids, or gases. Detects flaws, improper marking, and changes in color and optical density. By using scintillators and radioactive sources, photomultipliers can be used for weight and thickness control of opaque materials.	Steel mills, paper mills, chemical plants, oil refineries, and glass factories	931A 8054 4517 8055 4518 8575 4523 8850 4524 C-7151A A 4525 C-31000AJ 6199 C-31016G 6342A C-70042S 8053

General Application Description	General Function	Typical Application Areas	Frequently Used Photodetectors	
Imaging Devices	A cathode-ray tube or moving mirrors can be used as a light source to sequentially illuminate a film positive or negative, or a printed page. This system is used in (1) optical character recognition, (2) scanning of printed or written material for transmission by telephone (3) parts inspection, and (4) reproduction of motion pictures, slides, and educational material on a TV receiver (color or black and white). This latter application is referred to as a Video Playback System.	Office equipment, accounting equipment, military equipment, home entertainment, education, and manufacturing plants.	931A 2020 4463 4955 6199 6342A 8053	8054 8055 C7151W C7164R, S C3102B
Laser Detection	Lasers provide unique light sources; they are spectrally pure and produce very narrow collimated beams. They can be very intense, and can be made to produce light pulses of extremely short time duration. The PMT provides time resolution in the nanosecond and subnanosecond ranges and is capable of detecting very low light levels such as those received from weak reflected laser light pulses.	Construction companies, machine tool manufacturers, military (range finders), space exploration, communications, chemical industry, and universities.	4576 7102 7265 8644 8645 8575 8850 8852 8853 C7151W	C7164R C31004A C31025K, M, and N C31034, A, B, C, and D C70007A C70042K C7102B
Scintillation Counting	Under Normal Environmental Conditions The measurement of nuclear radiation by detecting light emitted from a scintillating material receiving nuclear radiation. Used for radiological survey instruments and the identification of radio-isotopes. Under Severe Environmental Conditions The measurement of nuclear radiation by detecting light emitted from a scintillating material receiving nuclear radiation. Used for radiological survey instruments and the identification of radio-isotopes.	Atomic energy laboratories, atomic power plants, hospitals, clinics, research laboratories, and universities. High-Temperature Applications Deep oil-well logging or geological exploration, and steel mills. Mechanical Applications Space programs, extraterrestrial radiation detection.	4516 4517 4518 4522 4523 4524 4525 6199 C7151AA C31000A J C31016G C70042S 4460 4461 8664 8575 C7151N, Q C31009, A, B, and C	6342A 8053 8054 8055 8575 8850 8854 4802 C31012, A, B, and C C31016F C70102E, M C70114F C70132B
Time Measurement	In nuclear experiments the "time of flight" of nuclear particles is important. Photomultipliers permit time measurement down to a fraction of a nanosecond.	Atomic energy laboratories and universities.	8575 8850 C31024 C70045C, D	
Pollution Monitoring	The analysis of the level and the nature of contaminants in solutions, gases, and other waste materials.	General industrial plants, waste treatment plants, governmental agencies, and university laboratories.	4507 4518 4526 7265 8575	8853 C7164R, S C31000B C31025B, C
Thermoluminescent Dosimetry (TLD)	The direct determination of X, Gamma, and Beta-radiation doses to afford personnel protection and to determine routine dosage levels in medical and biological treatments and studies. Energy stored in TLD's is proportional to dosage over a very wide range.	Hospitals, governmental agencies and laboratories, atomic power plants, industrial and biological laboratories	4507 4518 8575	

The listed photomultipliers are typical of those finding use in the different equipments. The listing is not all-inclusive and is intended to serve only as a general guide for initial type selection. Other photomultipliers may be satisfactory for the specified applications when all system requirements are considered.

Voltage-Distribution Considerations

The voltage distributions specified for the individual tube types are typical average distributions which are used to measure the tabulated characteristic values.

A complete discussion of all phases of voltage-divider design is contained in the RCA Photomultiplier Manual, PT-61. A few salient considerations are described below.

Interstage voltages for the tube electrodes may be supplied by individual sources but are usually obtained from resistive voltage-divider networks placed across the high-voltage supply. The power ratings of the individual resistors making up the network should be approximately twice that of the calculated dissipation values for circuit safety reasons. Resistors having tolerances of about 5% are satisfactory in most systems for circular-cage and focused in-line photomultipliers. Resistors having 10% tolerances may be used with venetian-blind tubes.

The voltage-divider arrangement should be located so that it will not affect tube operating temperature. Head-on type photomultipliers sometimes use zener diodes between cathode and dynode No. 1 to provide constant voltage when tube sensitivity is varied by adjustment of supply voltage.

An important consideration is that the voltage-divider current should be maintained at a value of at least 10 times that of the expected average value of anode current. If this consider-

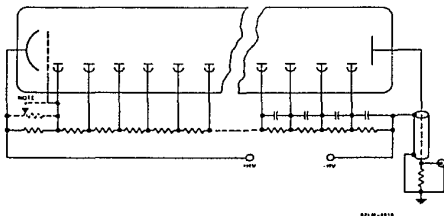
ation is not observed, deviation from linearity and limitations on anode-current response to pulsed light may occur. The latter effect may be reduced by connecting capacitors between the tube socket terminals for the last 3 or 4 dynode stages and anode return. The values of the capacitors will depend upon the shape and the amplitude of the anode-current pulse, and the time duration of the pulse, or train of pulses. When the output pulse is assumed to be rectangular in shape, the following formula applies:

$$C = 100 \frac{i \cdot t}{V}$$

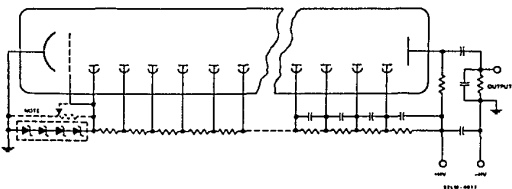
where C is in farads, i is the amplitude of the anode current in amperes, V is the voltage across the capacitor in volts, and t is the time duration of the pulse in seconds.

This formula applies for the anode-to-final dynode capacitor. The factor 100 is used to limit the voltage change across the capacitor to 1% maximum during a pulse. Capacitor values for preceding stages should take into account the smaller values of dynode currents in these stages. Conservatively, a factor of approximately 2 per stage is used. Capacitors are not required across those dynode stages where the dynode current is less than 1/10 of the current through the voltage-divider network.

Typical Voltage-Divider Arrangement for Fast Pulse Response and High Peak Current Systems.
Anode Return at Ground Potential.



Typical Voltage-Divider Arrangement for Scintillation Counting Systems.
Photocathode at Ground Potential.



Note:

In modern photomultipliers, the focusing electrode is normally connected to dynode No. 1. In older tube types, the focusing electrode may be connected to the arm of a potentiometer, between cathode and dynode No. 1, to permit adjustment for maximum anode current.

Cathode-to-Anode Voltage Distribution Chart

Distribution Code	Number of Stages	Voltage Distribution K, Dy1, Dy2, Dy3, P
A	5	2, 1, 1, 1, 0.5, 0.83 [♠] , and 0.18 [▲]
B	6	2, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
C	9	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
D	10	2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
E		1.2, 1.2, 1.7, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
F		1.1, 1.2, 1.7, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
G		1.7, 1.3, 1.3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
H		1.8, 1.4, 1.5, 1.2, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
J		2, 1.4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
K		3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
L	11	1, 1.4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
M	12	1.2, 1.2, 1.7, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
N		2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
P		1, 1, 1.7, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
Q		2, 1.4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
R		4, 1, 1.4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
S		6, 1, 1.4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
T		660 [★] , 1, 1.4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
U		3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
V		2, 1, 1.4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
W	14	2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1.25, 1.5, 1.75, and 2
X		3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, and 1
Y		See technical data sheet for voltage distribution

♠ Between dynode No.5 and suppressor grid

▲ Between suppressor grid and ground

★ 660 volts

K, cathode; Dy, dynode; and P, anode

RCA Photomultipliers

Photomultipliers with Integral Voltage-Divider Networks and Integral Voltage-Divider Networks and Shields (Special Line Series)

Almost all RCA photomultipliers can be supplied with integral electrostatic-magnetic shielding and/or voltage-divider networks. Those shown below are typical examples. Photomultipliers of the Special-Line Series supplied without shielding are classified as configuration 1, those with shielding as configuration 2. Three basic voltage-divider arrangements are available and are classified as arrangement A, arrangement B, and arrangement C. Arrangement A provides a voltage-divider network current of approximately $20\mu\text{A}$; B, $100\mu\text{A}$; and C, $1000\mu\text{A}$. The average values of anode current drawn from the tube should be 1/10 of these values. Capacitors are connected across the latter stages of the tubes. These voltage-divider distributions can be modified, on special request, to meet specific customer needs.

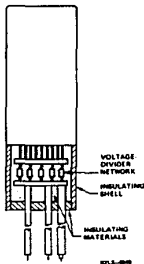
Tubes Without Shielding Configuration 1

1A — Integral voltage-divider network only. Uses high value resistors in network and is recommended for applications requiring minimum power-supply drain. The average anode current drawn from the tube should be $2\mu\text{A}$, or less.



1B — Integral voltage-divider network only. Uses intermediate value resistors in network and is recommended for most applications. The average anode current drawn from the tube should be $10\mu\text{A}$, or less.

1C — Integral voltage-divider network only. Uses low value resistors in network and is recommended for applications requiring high linear average output current capability. The average anode current drawn from the tube should be $100\mu\text{A}$, or less.



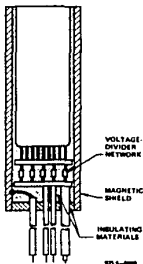
Tubes With Shielding Configuration 2

2A — Integral voltage-divider network and shielding. Uses high value resistors in network and is recommended for applications requiring minimum power-supply drain. The average anode current drawn from the tube should be $2\mu\text{A}$, or less.



2B — Integral voltage-divider network and shielding. Uses intermediate value resistors in network and is recommended for most applications. The average anode current drawn from the tube should be $10\mu\text{A}$, or less.

2C — Integral voltage-divider network and shielding. Use low value resistors in network and is recommended for applications requiring high linear average output current capability. The average anode current drawn from the tube should be $100\mu\text{A}$, or less.

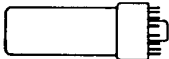


As examples, the designation 7767/2C defines an RCA type 7767 having an integral shield and a voltage-divider arrangement providing a divider network current of $1000\mu\text{A}$. The designation 7767/1A defines a 7767 having a voltage-divider arrangement only which provides a divider network current of $20\mu\text{A}$.

Basing Variants

RCA Photomultiplier Tubes are provided in the following basing configurations:

(1) Permanent Base Types



(2) Temporary Base Types



(3) Semiflexible Lead Types



Basing Variants of the basic configurations are available upon request. Specify the type number and one of the following modification (M) numbers:

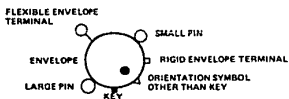
- M1 - Remove base; leads tinned (change to configuration 3)
- M2 - Drop base to a minimum of 2" (change to configuration 2)
- M5 - Remove base; leads untinned (change to configuration 3)
- M7 - Base attached, but not cemented
- M8 - Base attached, but not cemented; leads tinned close to tube
- M9 - Remove base and ship with tube (change to configuration 3)

- M9 - Remove base and ship with tube (change to configuration 3)
- M10 - Attach base permanently (change to configuration 1)

- M3 - Attach permanent base (change to configuration 1)
- M4 - Solder additional wires to existing leads
- M6 - Attach temporary base (change to configuration 2)

Key to Terminal Connection Diagrams

Diagrams show terminals viewed from the base end of the tube.



- C_b - Balancing capacitance
- DY - Dynode
- G - Grid
- IC - Internal connection (do not use)
- NC - No connection
- P - Anode
- K - Photocathode
- U - Unit
- - Gas-type tube

Key to Socket and Shield Manufacturers

Socket Manufacturers

- AL - Alden Products Company, 112 North Main Street, Brockton, MA 02403
- AM - Amphenol Corporation, Amphenol Industrial Division, 1830 S. 54th Ave., Chicago, IL 60650
- C - Cinch Manufacturing Company, 1501 Morse Ave., Elk Grove Village, IL 60007
- E - Hugh H. Eby Co., 4701 Germantown Ave., Philadelphia, PA 19144
- G - Garlock Inc., 602 North 10th St., Camden, NJ 08102
- L - Loranger Manufacturing Corp., Box 948, Warren, PA 16365
- RCA - RCA Corporation, Photomultiplier Marketing, Lancaster, PA 17604

Shield Manufacturers

- J - JAN Hardware Manufacturing Company, Inc., 47-27 36th St., Long Island City, NY 11101
- M - James Millen Mfg. Co., Inc., 150 Exchange St., Malden, MA 02148
- P - Magnetic Shield Division, Perfection Mica Company, 740 Thomas Drive, Bensenville, IL 60106