

47  
20



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

SIMULADOR DIDACTICO DE SIGNOS VITALES  
EMPLEANDO UN MICROCONTROLADOR

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

**JORGE FERNANDO VELOZ ORTIZ**

ASESOR: JORGE BUENDIA GOMEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1984

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR O. N. A. M.  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Simulador Didáctico de Signos Vitales Empleando un  
Microcontrolador".

que presenta el pasante: Jorge Fernando Veloz Ortíz  
con número de cuenta: 8000419-0 para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 13 de Junio de 1994

PRESIDENTE	<u>Ing. Ubaldo Ramírez Urizar</u>	<u>[Firma]</u> <u>21/06/94</u>
VOCAL	<u>Ing. Nicolás Calva Tapia</u>	<u>[Firma]</u> <u>21/06/94</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Jorge Buendía Gómez</u>	<u>[Firma]</u> <u>20/06/94</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Ma. de Lourdes Maldonado López</u>	<u>[Firma]</u> <u>21/06/94</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Juan González Vega</u>	<u>[Firma]</u> <u>15/06/94</u>

*A Dios, por darme el regalo de la vida y por todo lo que poseo;  
y a Cristo, por ser mi luz, mi guía y mi amigo.*

*A mis padres Efrén y Gloria, por su Amor, educación, aliento y amistad; a quienes debo también las enseñanzas para afrontar la vida, y de la misma manera saber brindar siempre lo mejor de mí.*

*Por formar una gran familia, sin la cual, hubiera podido llegar hasta donde estoy.*

*A mis hermanos Luis, Tabel y Susi, por su cariño, apoyo y consejos a lo largo de mi vida, ayudándome así, a salir adelante y a no sentirme nunca solo.*

*En especial agradezco a mi hermana Tabel, por su aportación económica para realizar el presente trabajo.*

*A mi cuñada Vicky, y a mis sobrinos Ivonne, Luis y Susi, de quienes aprendo cada día más y a los cuales espero brindar lo que obtenga, por el constante empeño por ser mejor en la vida.*

*A mis tíos Güero y Lala, en quienes he encontrado muy buenos amigos con quien compartir lo que somos y poseemos.*

*A mis amigos Carlos Martínez, Vicky Castro, Aurora González, y Sabás Flores, por saber ser eso precisamente, "Amigos".*

*En especial a Carlos y a Vicky, por los momentos y detalles que hemos compartido, y por tolerar e impulsar mi forma de ser.*

*Al Ing. Jorge Buendía Gómez, mi asesor y amigo, por su ayuda en todo momento desinteresada para llevar a cabo este trabajo, y con lo cual, espero también le sirva como motivación para seguir adelante en su carrera.*

*Al Padre José de Jesús Aguilar, por su amistad y consejos en los momentos que más lo necesitaba.*

*Por fomentar la superación del ser humano con todas sus capacidades a través de la luz de la verdad comprendiendo las limitantes del ser humano.*

*A todos los profesores, que durante mi vida estudiantil de alguna forma pude tratar y con los que compartí algún momento especial de mi vida, por su colaboración altruista y siempre dispuesta.*

*Al ser humano, la máquina maravillosa, cuya diferencia a todo siempre será la capacidad más sublime dada por Dios, ..... de Amar.*

*A tí, junto con quien espero llegar a realizar una  
"Gran obra en esta vida".*

## CONTENIDO

### INDICE

1

ia.-	Características y síntomas del ser humano.	1
ia.-	Organos vitales.	2
ia.-	Aplicación y estudio de signos vitales.	4
ib.-	La electrónica como herramienta.	4
iib.-	Aplicaciones del Microcontrolador.	5
A)	Simuladores.	7
B)	Simulador didáctico.	7
	Finalidad	8

### CAPITULO I *SIGNOS VITALES*

10

	Antecedentes	10
1.1	Anatomía y fisiología del corazón.	14
	1.1a Aurículas.	17
	1.1b Ventriculos.	17
	1.1c Sistema de conducción.	19
	1.1c-1 Arterias y venas coronarias.	19
	1.1d Actividad del corazón.	20
	1.1d-1 Los ruidos cardíacos.	20
	1.1d-2 Desdoblamiento del 2º ruido.	21
	1.1d-3 Ruido de galope.	22
	1.1d-4 Gasto cardíaco.	22
	1.1e Frecuencia cardíaca.	22
	1.1e-1 Medición de la frecuencia..	23
	Fisiología de la circulación.	
1.2	Características	25
	1.2a Circulación.	26
	1.2b Propiedades del flujo sanguíneo.	29
	1.2c El pulso.	30
	1.2c-1 Pulso central.	31
	1.2c-2 Pulso yugular.	31
	1.2c-3 Medición.	31

	El ojo humano.	
1.3	Composición.	33
	1.3a La córnea y la esclerótica.	34
	1.3b El cuerpo ciliar, iris y coroides.	35
	1.3c El cristalino.	36
	1.3d El Humor vítreo.	36
	1.3e La retina.	36
	1.3f Organos accesorios del ojo.	38
	1.3-1 La pupila.	40
	1.3-1a Isocórica	41
	1.3-1b Miótricas.	41
	1.3-1c Midriáticas.	42
	1.3-1d Anisocótricas.	42
	1.3-2 Enfermedades.	42
	Diagnóstico de emergencia.	43
1.4	Diagnóstico de temperatura y respiración.	43
	1.4-1 Diagnóstico de frecuencia cardíaca.	44
	1.4-2 Diagnóstico de pulsación.	44
	1.4-3 Diagnóstico de reflejos.	45

## **CAPITULO II    DISPOSITIVOS OPTOELECTRONICOS    47**

2.1	Propiedades.	47
	2.1a El diodo emisor de luz (LED).	48
	2.1b Celdas fotoconductoras.	49
2.2	Circuito de sensibilidad a la luz.	50
2.3	Circuito sensor de posición.	51
	2.3a Razones de uso.	51
	2.3b Funcionamiento.	52
	2.3c Método de posicionamiento.	54
2.4	Circuitos de visualización.	56
	2.4a Display a 7 segmentos.	56

## **CAPITULO III    CIRCUITOS DE LATIDO Y PULSACION    58**

3.1	Circuito de latido.	58
	3.1a Propiedades.	58
	3.1b Trabajo y función del circuito.	59
3.2	Circuito pulsador.	61
	3.2a Rasgos generales.	61
	3.2b Reproducción del pulso.	62
3.3	Circuito selector.	63



## CAPITULO IV *EL MOTOR DE PASOS O MOTOR PASO A PASO* 65

4.1	El motor de pasos.	65
	4.1a Modelo y movimiento.	65
	4.1b Estructura y propiedades.	67
	4.1c Funcionamiento.	70
	4.1d Razón de utilización del motor de pasos.	72
	Círculo de potencia.	
4.2	Justificación y funcionamiento.	73

## CAPITULO V *CIRCUITOS DIGITALES*

76

	Introducción.	76
5.1	Sistemas y códigos.	78
	5.1a Sistema binario.	78
	5.1b Sistema BCD.	78
	5.1c Sistema hexadecimal.	79
5.2	Familias Lógicas.	
	5.2a La Familia TTL.	80
	5.2a-1 TTL de baja energía.	81
	5.2a-2 TTL de alta velocidad.	82
	5.2a-3 TTL de Schottky.	82
	5.2a-4 TTL Schottky de baja potencia.	82
	5.2a-5 Otras características.	82
	5.2b La Familia MOS.	83
	5.2b-1 El MOSFET.	83
	5.2b-2 Lógica CMOS.	84
	5.2b-3 Características adicionales.	84
5.3	Circuitos de acoplamiento.	
	5.3a Circuito Inversor.	85
	5.3b Circuito Buffer.	85
	5.3c Contadores BCD.	86
	5.3d Decodificadores de BCD a 7 Segmentos.	87
5.4	Circuito Selector.	88
	5.4a Timer. (555)	88
	5.4b Interruptor.	89
	5.4b-1 Elementos del circuito.	91
	5.4b-2 Forma de trabajo.	92

	Introducción.	94
	Unidad Central de Proceso (CPU).	
6.1	Modelo para programadores.	96
	6.1a Acumuladores.	96
	6.1b Registros de índice (IX,IY).	97
	6.1c Puntero de pila (SP).	97
	6.1d Contador de programa (PC).	98
	6.1e Registro de condición de código.	98
6.2	Modo de direccionamiento.	99
	6.2a Modos de direccionamiento inmediato.	99
	6.2b Modo extendido.	99
	6.2c Modo directo.	100
	6.2d MODO indexado	100
	6.2e Modo inherente.	100
	6.2f Modo relativo.	101
6.3	Pines de conexión y salidas.	102
	6.3a Voltaje de alimentación.	102
	6.3b Modo de selección.	103
	6.3c Reloj y oscilador.	104
	Reestablecimiento e interrupciones.	
6.4	Reestablecimiento.	105
	6.4a CPU.	107
	6.4b Mapeo de memoria.	107
	6.4c I/O Paralelas.	108
	6.4d Timer.	108
	6.4e Interrupción en tiempo real.	108
	6.4f Pulso de acumulador.	109
	6.4g COP(cálculo de operación correcta).	109
	6.4h Interface serial de comunicación.	109
	6.4i La interface serial periférica.	109
	6.4j El convertidor analógico digital.	110
	6.4-1a Causas del reset.	110
6.5	Interrupciones.	111
	6.5a Interrupciones (XIRQ,IRQ).	111
	6.5b Interrupciones no mascarables.	112
	6.5c Interrupciones mascarables.	113
	6.5d Interrupciones posibles.	113
	Puertos Paralelos de I/O.	
6.6	Registros de puertos y control de bits.	115
	6.6a Puerto A.	116
	6.6b Puerto B y puerto C, STRA y STRB.	117

6.6b-1 Puerto B.	117
6.6b-2 Puerto C.	118
6.6b-3 STRA.	119
6.6b-4 STRB.	119
Puerto D.	
6.6c Características.	120
6.6c-1 PD2 y PD3.	120
6.6c-2 PD4.	120
6.6c-3 PD5.	121
6.6d Puerto E y referencia A/D.	121
6.6d-1 Port E.	122
6.7 Interface Serial Periférica. Transferencia de formatos.	122
Interface Asíncrona de Comunicaciones.	
6.8 SCI	124
6.8a Transmisor y receptor.	125
6.8b Registros y bits de control.	126
6.9 Memoria	128
6.9a ROM	128
6.9b Memoria RAM.	129
6.9b-1 Mapeo.	129
6.9b-2 Memoria de espera.	129
6.9c EEPROM.	130
6.9c-1 Organización lógica y física.	130
6.9c-2 Sistema a través de Bus de 2 Mhz.	131
6.9c-3 Registro de prog. de la EEPROM.	131
6.9c-4 Modo opcional de seg. de la EEPROM.	132

## **CAPITULO VII SIMULADOR DIDACTICO DE SIGNOS VITALES 100**

Simulador didáctico de signos vitales.	
7.1 Elementos.	133
7.1a El Microcontrolador.	133
7.1b Simulador.	134
7.2 Modo de operación del SDSV.	134
7.2a Selección.	135
7.2b Opción ojos.	136
7.2c Opción latido.	139
7.2d Opción pulso.	140
7.2 e Reestablecimiento.	140
7.3 Diagrama de flujo y programa.	142

**CONCLUSIONES**

**149**

**BIBLIOGRAFIA**

**152**

**APENDICE A**

Optoelectronicos.

**APENDICE B**

Digitales.

**APENDICE C**

Microcontrolador.

**APENDICE D**

Circuito Final.

## PROLOGO

---

El Gran avance y desarrollo tecnológico de la electrónica a propiciado su estudio en diversos campos, dando como resultado la utilización de dispositivos electrónicos en forma cotidiana en casi todos los ámbitos. En algunos casos, unos de ellos son dispositivos de gran complejidad, utilidad, y de fácil alcance y manejo, proporcionando así, opciones muy variadas de aplicación para una mejor y más cómoda forma de vivir.

Uno de los terrenos que destaca por su importancia y atención hacia la electrónica en los últimos años es indudablemente el de la medicina. Encontramos un vasto grupo de artículos electrónicos en muchas de sus áreas, pero cabe destacar, que la rama correspondiente a la medicina que más utiliza la electrónica es la instrumentación médica. Esto quizás se debe a la complejidad y delicadeza necesaria en la mayoría de los casos, ya que se deben cumplir con algunas características y requisitos.

Para la instrumentación en medicina es indispensable el uso de dispositivos confiables, precisos, y de fácil acceso y utilización para todos sus casos, por lo que, la aplicación de la electrónica va muy acorde a los requerimientos imprescindibles, y cumpliendo con las necesidades de aplicación en forma aceptable.

Cabe mencionar que dentro de la instrumentación electrónica aplicada a la medicina se tienen también dispositivos útiles no solo para el diagnóstico y aplicación a los síntomas de un individuo, sino para el entrenamiento, estudio y simulación de síntomas presentes en el ser humano.

Este tipo de dispositivos sirven para investigación, avance médico, y una mayor y mejor preparación del personal, ya que en muchos de los casos los síntomas presentes en una persona, se estudian y analizan teóricamente o sólo se pueden encontrar en casos aislados.

Por otra parte, es difícil encontrar en la práctica algunos casos sin llegar a afectar de alguna manera el estado de salud del individuo del que se trate.

Una vez visto lo anterior, se observa que no se necesita haber estudiado algo sobre electrónica o estar directamente relacionado con el área de electrónica para utilizar un dispositivo electrónico, y que su ayuda a la medicina a influido notablemente para mejorarla y apoyarla en todos aspectos.

El objetivo de este simulador es precisamente el de proporcionar un dispositivo electrónico útil, económico, práctico y de fácil manejo, sin necesidad de ningún conocimiento de electrónica por parte del usuario; enfocado principalmente hacia estudiantes de medicina, así como, enfermeras y paramédicos que necesiten práctica y capacitación para el diagnóstico de signos vitales, proporcionando casos reales, normales y graves, sin daño alguno a terceros y con la certeza de que están fielmente reproducidos para una preparación confiable y eficaz que en muchos casos es difícil de encontrar.

En el capítulo I, y para un posterior entendimiento del simulador, se describen en forma general los signos vitales que presenta un ser humano como son: Respiración, tensión arterial, pulso, reacción pupilar y temperatura. Cabe mencionar que aunque se describe la temperatura de una persona como parte de los signos vitales el dispositivo no realiza dicha simulación, debido a la extensa variedad de posibilidades que se presentan en diferentes zonas del cuerpo para un mismo caso, y por los factores externos (clima, lugar de localización de la persona, origen, raza, etc.).

El simulador está fabricado para un diagnóstico externo rápido, y que proporcione los posibles métodos a seguir para un estudio posterior orientado a casos de emergencia. Se describen y se explican los estados normales y anormales encontrados en una persona adulta, y los variados síntomas y signos presentes en alguno, o en varios de sus signos vitales. Se mencionan también sus reacciones y su diagnóstico, y se describe de manera general el trabajo que realizan, el Corazón, los Pulmones y el Cerebro; los cuales, forman el soporte básico de la vida.

En el capítulo II se describen los elementos optoelectrónicos utilizados para los circuitos de sensibilidad a la luz para la reacción pupilar y el de posicionamiento para la apertura y cierre

de la pupila que toma en cuenta el control de giro de inicio y condiciones fisiológicas vistas en el capítulo I.

Los diferentes dispositivos electrónicos utilizados para la reproducción del sonido y el movimiento producido por la circulación sanguínea se describen en el capítulo III, presentándose las características, comportamiento, y principal utilización de estos, así como las razones de uso. Se describe el circuito diseñado para reproducir el sonido de los latidos del corazón para los diferentes casos estudiados en el capítulo I, los cuales son proporcionados mediante el Microcontrolador, así como, el circuito que reproduce el movimiento para la simulación del pulso.

El motor utilizado para la simulación del movimiento pupilar es un motor de pasos o a pasos, y su comportamiento, estructura, forma de trabajo y manejo, se describen en el capítulo IV. Se menciona la razón de su utilización y la diferencia al posible empleo de otro tipo de motor, condiciones y propiedades. Se explica también el circuito y componentes de potencia empleados para el movimiento de giro del motor de pasos.

El modo en el cual se despliegan los datos mediante la interacción del Microcontrolador, circuitos digitales, contadores, timers y otros elementos, así como, las características y forma de trabajo de éstos, los encontramos descritos en el capítulo V.

El manejo del simulador por el usuario lo realiza a través de displays a 8 segmentos, botones, y switches (selectores); que nos presentan por medio de números y letras desplegados, las diferentes posibilidades de combinación o variados síntomas a reproducir.

El corazón y cerebro del dispositivo simulador, por hacer una similitud con lo reproducido lo forma el Microcontrolador.

Para el simulador a diseñar, se utiliza el M68HC11EVBU o tarjeta de prueba con Microcontrolador integrado, programable y borrable a través de PC, IBM o compatible, que es fabricado por MOTOROLA. La tarjeta está conformada por circuitos de alta tecnología que proporcionan la máxima capacidad del Microcontrolador. Un modo muy accesible y una extensa variedad de posibilidades de uso ayudan a trabajar con el dispositivo para el fin que se busca en el diseño del simulador.

El Microcontrolador en sí realiza la mayor labor efectuada por el simulador. Su forma de empleo, trabajo, programación y adquisición, junto con la razón de dicha elección son

describas también en el capítulo VI.

Por último en el capítulo VII se explica la construcción y el modo de funcionamiento del dispositivo simulador, comenzando con la descripción del programa utilizado por el Microcontrolador para controlar los diferentes circuitos externos, y la forma de comunicación que se tiene con el usuario; el proceso seguido para darle instrucciones y el desempeño que realiza en sus diferentes circuitos que lo conforman para que pueda reproducir los distintos estados de los signos vitales con los que trabaja el simulador.

Se da a su vez, el modo de operación del circuito completo; el orden y construcción de éste, y para el usuario se proporciona el pequeño instructivo o manual para su empleo.



# INTRODUCCION

## **Ia.- CARACTERISTICAS Y SINTOMAS DEL SER HUMANO.**

El ser humano en un estado normal, posee una sensación de bienestar y tranquilidad, debido al comportamiento correcto de todos los órganos que lo conforman.

En este estado, puede realizar innumerables tareas y actividades, respondiendo únicamente después de un gran esfuerzo, a un síntoma de cansancio natural, sin que este síntoma llegue a alterar su normal funcionamiento, en todos, o algunos de sus órganos.

Además posee un sistema de comunicación interrelacionado entre cada uno de sus órganos y el cerebro, que cualquier modificación en el funcionamiento correcto de alguno de ellos, produce una señal de alerta que notifica al cerebro dicho problema.

Las señales que dan aviso de funcionamiento incorrecto se producen principalmente a través del sistema nervioso del cual, provienen la mayoría de los órganos, y terminan hasta el cerebro. En algunas ocasiones utilizan algún otro órgano cercano que sirva de medio para dicha comunicación.

En muchos de los casos, el cuerpo humano trata de corregir esa anomalía por sí mismo, provocando reacciones de los órganos involucrados que tratan de volver a su estado normal; por ejemplo, la náusea o vómito que se produce al ingerir algún producto que afecte al estómago u otro órgano relacionado con éste, o la extradiatación del corazón cuando se realiza algún ejercicio o se utilizan varios órganos en común, etc.

En otros casos, en los que el daño no puede ser reparado instantáneamente, o por alguna

acción inmediata; el organismo presenta síntomas que producen una sensación de dolor, como al quemarnos, cortarnos, inflamaciones, dolores de cabeza y estómago, etc. Estos son síntomas que notifican el daño o mal funcionamiento del órgano afectado, y de esta manera presentan una mayor gravedad, debido a la imposibilidad de arreglo inmediato por parte del organismo y originando una necesaria intervención.

Por otra parte, existen anomalías o mal funcionamiento de algunos órganos, que tardan mucho más tiempo en producir un daño considerable, o cuya reacción presenta una alteración paulatina en diversos órganos, muchos de ellos muy delicados, y que por esta razón son de difícil percepción; sin embargo, en muchas ocasiones son mucho más susceptibles y de más complicada curación como el cáncer, diabetes, hipertensión, etc.

Por ello, el ser humano debe estar en constante "chequeo" médico (estudio de sus signos vitales), para prevenir cualquier anomalía presente, y para una correcta y oportuna intervención en caso necesario. Algunos de los órganos que pueden trabajar mal y que son de difícil diagnóstico, los encontramos muy dentro de nuestro organismo, ya sea, ocultos por otro órgano o son de difícil acceso; como el páncreas, hígado, globo ocular, apéndice, etc. Es por ello, que en muchas ocasiones su estudio es una tarea bastante complicada.

De esta manera, fue como comenzó el estudio de los signos vitales que, como su nombre lo indica, proporciona el comportamiento o los signos presentes en órganos determinados en una persona viva sus características, y sus posibles patologías.

## **IIa.- ORGANOS VITALES.**

Los órganos principales del cuerpo humano considerados como órganos vitales son :

El corazón, los pulmones, el cerebro, y el sistema de la circulación.

Estos órganos forman en conjunto, un comportamiento general con características comunes entre sí conocido como signos vitales.

El corazón es uno de los órganos más valiosos, debido a la tarea de bombear sangre, oxigenar, nutrir al organismo, y por la estrecha relación que guarda con los pulmones y los diversos órganos del cuerpo indirectamente. Además colabora con la función de múltiples órganos.

Por su comportamiento presenta características directamente relacionadas con el estado normal o anormal del individuo dependiendo de su patología. Su forma de trabajo es constante y de relativamente fácil estudio y medición, por lo que proporciona una ayuda muy útil en el diagnóstico de los signos vitales.

La circulación por el contacto que tiene con la mayoría de los órganos del cuerpo y por su fácil acceso externo para su estudio y medición, es un sistema muy importante para el análisis de los signos vitales, ya que además, trabaja directamente interrelacionada con los principales órganos de la vida.

Como se mencionó anteriormente, la comunicación del funcionamiento correcto de los múltiples órganos del ser humano se realiza a través de los nervios que vierten todas sus indicaciones en el cerebro, que es el centro de información general, y aunque son de difícil acceso algunos de ellos, trabajan conjuntamente con algún órgano que proporciona alguna reacción dependiendo de la orden dada por el cerebro para un determinado caso, brindando así, información útil para diagnosticar el comportamiento presente en alguno de los órganos llamados como vitales.

La temperatura si bien es importante para un diagnóstico de signo vital completo, no siempre es requerida, y en la mayoría de los casos, se puede prescindir de ella y obtenerse un buen resultado en el diagnóstico de los signos vitales, además de que en la mayoría de los casos su estudio puede no requerir de instrumentos.

Por otra parte, comentaremos que en muchos de los sucesos, por la simple observación o comprobación táctil, el síntoma de la temperatura puede ser definido con una buena exactitud y obtenerse de esta forma la información necesaria para el estudio del síntoma dado.

### **IIIa.- APLICACION Y ESTUDIO DE SIGNOS VITALES.**

Existen diferentes casos en los que se pueden presentar estudios de los signos vitales, los cuales van desde una simple inspección o examen médico, hasta algunos estudios o análisis más complicados, en donde su diagnóstico, se presenta como parte de una emergencia motivada por una alteración repentina que modifique el estado de salud de la persona en una forma delicada.

De lo anterior podemos entender, que desde una clase de teoría en una escuela de enfermería o universidad, hasta un caso práctico, ocurrido en un hospital o en la calle, un estudio o diagnóstico de los signos vitales se encuentra presente.

Por tal motivo, el análisis de los signos vitales es la herramienta básica principal de toda persona que está relacionada con la medicina, y es necesario su estudio y comprensión correcta, ya que, del tipo de síntoma o síntomas presentes en los órganos vitales, se puede encontrar la posible ayuda y en muchos casos, hasta la posible solución al tipo de alteración o patología presente en un paciente, junto con su probable método de curación o estudio.

Para un rescatista o paramédico, la práctica resulta más difícil aún ya que por lo regular, el tipo de casos que se les presentan a éstos, resulta ser más delicado y menos frecuente pero sobretodo, encontramos que depende en muchas ocasiones de la capacidad y destreza de éstos, debido a las muchas carencias en el momento de efectuar dicha labor y la necesaria rapidez de intervención, pues de ellos depende, con experiencia o no, la vida de una o varias personas; y por lo tanto, no se puede practicar en un caso así.

### **IIIb.- LA ELECTRONICA COMO HERRAMIENTA.**

Existen actualmente infinidad de circuitos electrónicos y aplicaciones de la electrónica

en todo nuestro alrededor; sin embargo, por falta de promoción, o falta de información, la gente sólo ve su aplicación en aparatos de sonido, televisiones, calculadoras y computadoras.

En la mayoría de los casos, este hecho ha originado un escaso aprovechamiento y difusión de dispositivos electrónicos útiles en terrenos no relacionados directamente con la electrónica o aplicaciones antes mencionadas, como lo es en el campo de la medicina.

A pesar de ello actualmente no existe ningún hospital que no tenga por lo menos, un dispositivo de medición electrónico que ayude a resolver o diagnosticar algún síntoma del cuerpo humano. La confiabilidad y utilidad en el trabajo y manejo de tales dispositivos es tal, que para muchos casos, el diagnóstico realizado por dichos aparatos es suficiente para determinar si existe una alteración o patología en el paciente, y su solución al problema depende únicamente del análisis realizado por dicha herramienta.

A su vez, cabe mencionar que en áreas determinadas de la medicina como lo es la radiometría, y la oncología, así como en estudios de electrocardiogramas (de aquí su nombre), la existencia de dichos aparatos va íntimamente ligada con el área de estudio, y de no ser por dichos aparatos, tales terrenos no existirían.

La electrónica por lo general se caracteriza, por utilizar dispositivos de fácil manejo y de reducido tamaño, lo cual da como resultado, que su uso sea práctico y sencillo.

#### **lib.- APLICACIONES DEL MICROCONTROLADOR.**

Cumpliendo con las características anteriores, los microcontroladores son dispositivos electrónicos pequeños de gran utilidad y de infinidad de aplicaciones.

Encontramos en medicina un sinnúmero de formas de utilización de tales dispositivos que van, desde la medición del contenido y combinación exacta de una solución aplicada a un paciente en forma intravenosa, hasta la aplicación de tales dispositivos multitareas que controlan el haz de rayos gamma de un aparato utilizado contra tumores, u operaciones a través de láser.

El microcontrolador como su nombre lo indica, controla diversos parámetros electrónicos que pueden manejar diversos dispositivos como los anteriores, y convertirlos a través de transductores, a innumerables aplicaciones que trabajen en forma entendible y palpable para el médico.

Para el caso de los signos vitales, el microcontrolador produce pulsos que mediante otros dispositivos electrónicos son traducidos en el sonido emitido por el corazón. El movimiento producido por la dilatación en las venas originado por el bombeo y circulación de sangre es reproducido similarmente al anterior por medio de transductores que reproducen dicho movimiento, y la reacción originada por un estímulo luminoso en la pupila se obtiene por medio de motores y diafragmas. Para ello, necesitamos una herramienta que pueda reproducir el sonido emitido por el corazón, debido a las contracciones y dilataciones presentes en forma normal y anormal.

También en el caso de la dilatación de las venas, como el movimiento de las pupilas, necesitamos algún transductor que pueda reproducir fielmente dicho efecto.

El microcontrolador puede emitir diferentes frecuencias a través de cambios lógicos de señal por medio de conteos, y así, sacarlos al exterior por medio de puertos o señales de salida y en esta forma, pueden ser convertidos y amplificados a señales analógicas reproducidas por una bocina.

El movimiento de una vena puede ser reproducido por un relevador, que de igual manera que la bocina, obedecen a señales producidas a una determinada frecuencia emitida por el microcontrolador.

El movimiento de las pupilas puede ser simulado mediante diafragmas que se abren y se cierran de acuerdo al tipo de reacción del que se trate, movimientos producidos por pequeños motores controlados por pulsos emitidos por el microcontrolador.

## **OBJETIVO**

### **A) SIMULADORES.**

Existen actualmente simuladores en muchos terrenos de la ciencia, los cuales, tienen la característica de proporcionar información idéntica a la de un caso real, imitando sin llegar a afectar ni dañar, al que, o lo que se simula.

Tales dispositivos son empleados para entrenar gente, prevenir consecuencias graves, proporcionar datos útiles para el desarrollo de la ciencia, y estudiar diversos fenómenos. Los simuladores pueden ser sencillos o complejos, según sea el caso a reproducir.

### **B) SIMULADOR DIDACTICO.**

En el caso de que un paciente por su propio medio acuda al examen o diagnóstico de sus signos vitales, ya sea, por recomendación médica, o siendo el propio paciente el que pueda por sí mismo acudir a tal caso; implica una investigación rigurosa y exhaustiva sin mucha presión de tiempo. Para tal caso se puede contar con la asesoría y los medios para la realización de dicho análisis.

En un caso grave por el contrario, la alteración de algún signo vital del ser humano que le impida acudir por sí mismo a dicho estudio, podemos notar, que el tiempo es el factor más importante, y por esta razón el procedimiento seguido para obtener la mayor información acerca del síntoma presente en la persona debe ser obtenido por observación, análisis del

comportamiento del corazón y pulso del paciente, así como, sus reflejos o respuesta a estímulos del medio en que se encuentre sin llegar a ser tan exhaustivo y tardado en tal estudio.

Los datos que se estudian de los signos vitales en un caso grave son los proporcionados por el corazón, la respiración, y el pulso, como también en algunas ocasiones los reflejos y respuestas a estímulos.

El estudio de la respiración puede obtenerse en primera instancia por medio visual, observando su comportamiento y siendo de suficiente utilidad el sólo hecho de analizar si es normal o anormal para el conjunto de información del diagnóstico. Los reflejos pueden o no ser aplicados para el estudio, dependiendo de la causa y el estado del paciente, ya sea, si la razón es accidental, o se debe a la existencia de una alteración repentina; sin embargo, como la anterior en muchas ocasiones basta con la información obtenida por medio visual.

El simulador didáctico de signos vitales reproducirá los signos de vida más importantes a considerar en un caso grave, cuando el tiempo es el factor más valioso y proporciona los estados críticos de vitalidad sin provocar ni un perjuicio o daño.

## **JUSTIFICACION**

### **FINALIDAD.**

A medida que la ciencia fue avanzando y que muchos estudios fueron más intensos a este respecto, se logró ir descubriendo el comportamiento de diferentes enfermedades y sus síntomas,



así como, su posible diagnóstico observando la reacción del organismo aún en órganos no afectados directamente, pero que fueran de más fácil estudio y también en las reacciones generales del cuerpo humano.

Escuelas técnicas y colegios de enfermería, así como, universidades de medicina, clínicas y hospitales; proporcionan el aprendizaje, estudio y aplicación del diagnóstico de este comportamiento.

A su vez en empresas, oficinas, medios de transporte, e innumerables sitios más, encontramos algún doctor que nos proporcione un estudio de nuestros signos vitales, y que a pesar de ello, quizás en muchas ocasiones no le damos la importancia ni la utilidad que se requiere sobretodo, en materia de aprendizaje.

A este respecto decimos que es ocasional el hecho de encontrar casos de alteración de los sistemas vitales, sobre todo graves, en una escuela de medicina, y por tal motivo los estudiantes pronto tienen que acudir a un hospital para aplicar sus conocimientos teóricos y también así, para poder adquirir experiencia en tal ramo; sin embargo, este hecho es con mucha frecuencia difícil y tardado, ya que los problemas más delicados y de menor ocurrencia son resueltos por lo regular por gente con más experiencia o mayor responsabilidad, y la práctica para estos casos es escasa.

Un simulador de signos vitales que reproduzca los síntomas de un paciente en forma normal podría no ser de tanta utilidad, pues el comportamiento de estos es más fácil de hallar en un ser humano sin tener que acudir a dicho dispositivo; pero un simulador de signos vitales que pueda imitar los síntomas de un caso grave en forma real sin poner en peligro la salud de ningún individuo es una herramienta muy útil y de gran ayuda a todos aquellos quienes deseen estudiar y estar preparados para este tipo de sucesos.

Dicho simulador es de un sencillo manejo y funcionalidad, útil y acorde a los requerimientos de las personas que lo van a emplear, ya que como su nombre lo indica se aprovecha como herramienta para enseñar y aprender, según sea el caso.

Además, el costo y tamaño de dicho simulador son dos de las ventajas más sobresalientes

de tal dispositivo, y la versatilidad de dicho aparato a ser usado por mucha gente de diferentes estudios y niveles proporcionan una herramienta muy productiva.

# CAPITULO

# 1

## SIGNOS VITALES

### ANTECEDENTES

Los signos vitales son síntomas y comportamientos de los principales órganos que posee una persona viva ya sea, en forma natural, o con alguna posible alteración en su funcionamiento sin que este hecho la prive de la vida.

Es precisamente por esta última razón por lo que, merece especial atención y estudio, ya que del comportamiento del organismo depende el conocer si su funcionamiento es adecuado o si presenta alguna anomalía que pueda originar alguna molestia, un mal estado de la persona e incluso la muerte.

Este estudio se realiza mediante la aplicación de un diagnóstico que ayude a prevenir un posible malestar o que recomiende una determinada intervención mediante la cual, se pueda hacer volver a la persona a su estado normal si es que éste se encuentra alterado.

Los signos vitales son producidos por los siguientes órganos que se consideran como los principales; y son :

El corazón, los pulmones, y el cerebro.

Los cuales producen los siguientes comportamientos :

Respiración, tensión arterial, pulso, reflejos y temperatura.

El diagnóstico está basado en estudios del comportamiento de los principales órganos como el corazón, los pulmones, el cerebro, etc. los cuales al interrelacionarse producen algún

efecto característico.

El corazón y los pulmones, son órganos que trabajan conjuntamente para llevar a cabo la función de oxigenación por todo el cuerpo y a todos los órganos, por lo que su funcionamiento es muy delicado ya que, cualquier perturbación afecta directamente a todos, o a un órgano en particular según sea el caso. Debido al comportamiento del corazón es fácil diagnosticar una posible falla su origen en algunos casos, y las consecuencias, así como, la posible intervención que ayude a restablecer la posible perturbación.

La aparición de los ruidos cardíacos, los movimientos precordiales y tanto los pulsos arteriales como los venosos, son consecuencia de la dinámica cardiovascular y es por ello que están en estrecha relación con la fisiología cardiovascular y de sus alteraciones que provocan la enfermedad.

En lo que respecta al corazón normal del ser humano, este funciona independiente de cualquier órgano e incluso si se le provee de suficiente oxígeno y sustancias nutritivas puede seguir trabajando aún siendo separado del organismo, por lo cual, se le considera un órgano automático.

Como se sabe, el corazón bombea sangre a todo el cuerpo mediante un complejo aparato de comunicación conocido con el nombre de aparato circulatorio, el cual, nos puede dar el comportamiento del corazón que es un órgano interno, por medio de las venas que se pueden llamar como órganos externos de más fácil acceso a instrumentos de medición, o diagnóstico utilizados por el hombre.

Mediante el sistema circulatorio y las principales venas externas se proporciona la información del comportamiento de algunos órganos internos de difícil acceso, por medio de los órganos externos ya mencionados.

Para que el cerebro haga algún órgano trabajar en forma correcta, es necesario que exista comunicación entre éste, y el órgano que recibe las órdenes para realizar una determinada función, esto sucede a través de un vasto sistema de comunicación conocido como sistema nervioso.

El sistema nervioso corre a través de los órganos más importantes tanto internos, como externos, proporcionando al cerebro toda la información requerida y en caso de una posible falla se produce un estado de alerta en el cerebro, el cual, responde proporcionando las instrucciones para tratar de solucionar dicha alteración.

Cuando existe una falla en el sistema de comunicación esta queda interrumpida y se presenta una alteración en el funcionamiento que origina el que un órgano pueda trabajar mal y pueda provocar algún otro daño o malestar.

Uno de los principales conductos de comunicación que existe entre el cerebro y un órgano externo sensible es el nervio óptico, el cual, puede brindar información del interior al exterior y viceversa.

Es debido a esta característica, por lo cual, es un medio de gran utilidad para el diagnóstico de una posible alteración nerviosa originada en algún órgano del interior del cuerpo humano y su posible causa, así como, la forma de curación más adecuada.

Este diagnóstico se realiza a través del comportamiento de la pupila para un reflejo producido del exterior, ya que es la vía u órgano de comunicación entre el cerebro y el ojo, por medio del nervio óptico que se comporta según las instrucciones de reacción proporcionadas por el cerebro ante posibles perturbaciones como se verá más adelante.

## EL CORAZON

## 1.1 ANATOMIA Y FISIOLOGIA DEL CORAZON.

El corazón se localiza en el mediastino<sup>1</sup> medio, apoyado sobre el diafragma.

Es de forma cónica y tiene una inclinación de su vértice hacia la izquierda y hacia abajo, de modo que dos tercios del corazón están a la izquierda de la línea media y el vértice se sitúa a nivel del 5º espacio intercostal izquierdo en intersección con la línea medio-clavicular en donde normalmente puede ser palpable su funcionamiento.

En la siguiente figura se puede observar lo anterior.

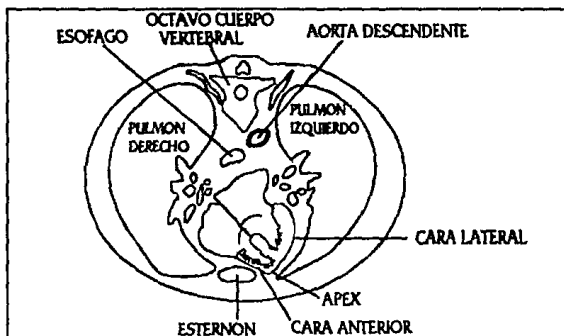


FIG. 1.1

<sup>1</sup>MEDIASTINO : Parte central e intercostal del cuerpo humano.

En esta figura se muestran las relaciones más importantes del corazón con las estructuras vecinas.

Por la proyección de la columna hacia la cavidad torácica, el diámetro antero-posterior del tórax es relativamente pequeño y prácticamente todo este espacio lo llena el corazón y los grandes vasos.

Del mismo modo que los pulmones, el corazón está protegido por una cavidad cerosa llamada cavidad pleural y la cual contiene unos 35 cm cúbicos de líquido ceroso.

Merece atención el hecho de que sólo una pequeña superficie ventricular está en contacto con la pared del tórax, ya que el resto se encuentra cubierto por tejido pulmonar y sólo es accesible por los espacios intercostales.

Su estructura es hueca y se encuentra dividida en cuatro cavidades con función de bomba:

2 aurículas en la parte superior y 2 ventrículos en la parte inferior.

El tamaño del corazón depende del individuo, pero es aproximadamente igual al de su puño cerrado y pesa aproximadamente 310 gr. en el hombre y 260 gr. en la mujer.

El corazón cuenta con un sistema complejo de válvulas en sus cuatro cámaras, que requieren para contraerse en una hora 4,200 veces y más de 100,000 veces cada día, del armazón central, el cual, soporta tal trabajo y está compuesto por el "esqueleto fibroso del corazón", que es constituido por cuatro anillos fibrosos.

En la figura 1.2 se muestra tal composición. El corazón es un órgano muscular.

Está formado por distintos planos de fibras musculares que le dan una enorme fuerza contráctil, y constituye el grueso de su pared.

Algunas de sus propiedades son excitabilidad, contractibilidad y elasticidad.

Cada contracción del corazón, o de una de sus partes se llama sístole, y cada relajación, diástole.

Entre una diástole y la siguiente sístole se establece una pausa cardíaca.

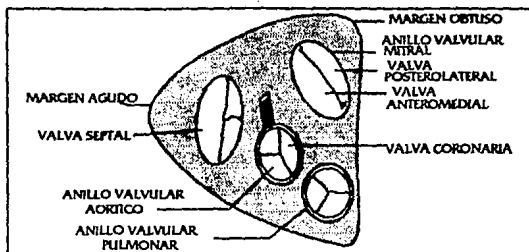


FIG. 1.2

El lado derecho del corazón impulsa sangre venosa a la circulación arterial pulmonar de presión baja (que forma el círculo pequeño), y el lado izquierdo impulsa sangre arterial propiamente dicha, a la circulación arterial sistémica<sup>2</sup> de presión elevada (que forma el círculo grande).

Cabe destacar que no existe comunicación sanguínea directa, entre el lado derecho y el izquierdo.

A continuación se muestra una figura esquemática.

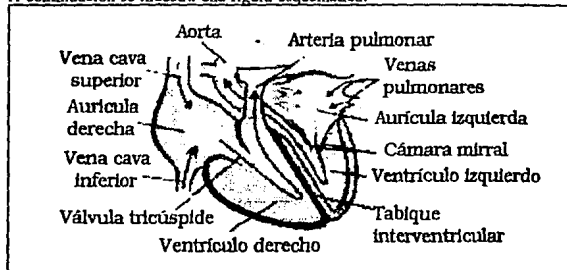


FIG 1.3

<sup>2</sup>Sistema externo de circulación o sangre oxigenada.



En la forma del corazón encontramos una base que corresponde a superficies ventriculares, el ápex o punta del corazón, que forma el ventrículo izquierdo y tres caras; una de las cuales es la cara diafragmática que corresponde a la superficie ventricular.

Los movimientos cardíacos comienzan en el nódulo sinusal y alcanzan primero ambas aurículas, y después, ambos ventrículos.

### **1.1a AURICULAS.**

Las dos aurículas<sup>3</sup> que posee el corazón son cámaras de pared delgada, ya que además de bomba funcionan como reservorio; y su vaciamiento hacia los ventrículos<sup>4</sup> encuentra mínima o nula resistencia.

La aurícula derecha normal, recibe a las venas cavas superior e inferior que proceden del resto del organismo, y al seno coronario, cuyo contenido confluye a la región posterior.

La aurícula izquierda se caracteriza por ser lisa y carecer de cresta, la cual, recibe a cuatro venas pulmonares (que llevan sangre arterial).

Por lo regular existe mayor presión de cerrado en la aurícula izquierda que en la derecha.

En la figura 1.4, se muestran las dos caras del corazón con sus aurículas y ventrículos.

### **1.1b VENTRICULOS.**

Existen a su vez como se muestra en la figura 1.4, dos ventrículos en el corazón, en los cuales encontramos que el ventrículo derecho, tiene una masa menor a la del izquierdo, y sus

---

<sup>3</sup>Aurícula: Cavidad superior del corazón

<sup>4</sup>Ventrículo: Cavidad inferior del corazón.

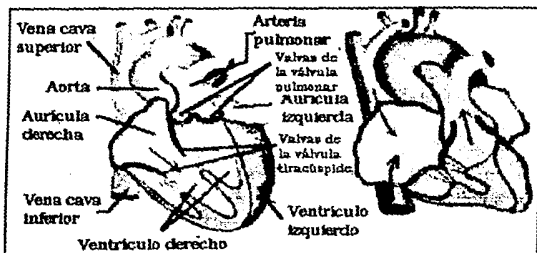


FIG. 1.4

paredes tienen 4 a 5 mm de grosor. El ventrículo derecho tiene forma de media luna que tiende a abrazar al izquierdo, el cual presenta una forma circular como se muestra en la figura 1.5.

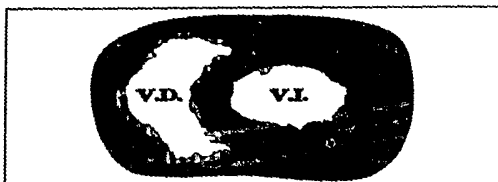


FIG. 1.5

El ventrículo izquierdo tiene un grosor en sus paredes de 9 a 15 mm, que dan lugar a una cavidad en forma de esfera elipsoidal.

Es liso en sus dos tercios superiores aunque presenta una tabécula carnosa en el espacio restante.

Ambos ventrículos actúan a modo de bomba y contienen dos válvulas, una entre aurícula y ventrículo; y la otra en la porción inicial que se inicia en los vasos del mismo.

### 1.1c SISTEMA DE CONDUCCION.

Se llama así, a las estructuras formadas por células diferentes a la célula contráctil miocárdica<sup>5</sup>, y su función es la de formar impulsos y regular la conducción de estos a todo el corazón por medio de las arterias y venas coronarias.

#### 1.1c-1 ARTERIAS Y VENAS CORONARIAS.

Fue Galeno en el año 130 A.C. quien le puso el nombre de coronarias a estos vasos sanguíneos que salen de los ventrículos. La coronaria derecha pasa debajo de la orejuela derecha, cerca del surco aurículo-ventricular por el que corre y llega a la cruz del corazón y se divide en varias ramas como se muestra en la figura .

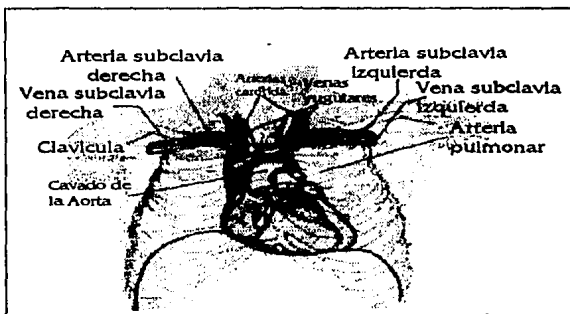


FIG 1.6

<sup>5</sup>Miocárdica: músculo del corazón.

La arteria que parte del ventrículo derecho hacia el pulmón lleva sangre rica en ácido carbónico.

La gran arteria coronaria izquierda conocida como Aorta se inicia en el ventrículo izquierdo del corazón dividiéndose después en todas las demás arterias.

Su pared consta de musculatura y túnica elástica y es gracias a esa elasticidad a la que percibimos la contracción rítmica del corazón como una serie de ondas pulsátiles.

### **1.1d ACTIVIDAD DEL CORAZON**

La variabilidad de las necesidades de sangre del organismo obliga a que el corazón se adapte a ellas, bien, latiendo más rápidamente con lo que en un mismo tiempo expulsa más veces su contenido, o bien, admitiendo más sangre cada sístole con lo que resulta más copiosa.

Esto ocurre gracias a los nervios del corazón que pueden estimular o inhibir su actividad automática.

Los nervios proceden del vago y el simpático, en donde este último actúa como estimulante; por lo que es llamado nervio acelerador, y el vago como inhibidor.

#### **1.1d-1 LOS RUIDOS CARDIACOS.**

El factor principal en la producción del ruido es el cierre de las válvulas aurículo-ventriculares, y esto sucede cuando la presión intraventricular cruza la presión auricular iniciando el fenómeno de sístole auscultatoria<sup>6</sup>.

Posteriormente aumenta la presión intraventricular, ya que la cavidad ventricular está

---

<sup>6</sup>Medición del sonido producido por la contracción del corazón.

cerrada, hasta alcanzar la presión aórtica y con ello abrir las válvulas sigmoideas<sup>7</sup>; en este momento los ventrículos son capaces de expulsar su contenido sanguíneo hacia los grandes vasos, y cuando ambos ventrículos hayan vaciado la mayor parte de sangre, se inicia la relajación de sus fibras.

Cuando la presión cae por debajo de la de los grandes vasos viene el cierre de las válvulas sigmoideas provocando el segundo ruido cardíaco y con este fenómeno termina la sístole auscultatoria.

La presión intraventricular continua descendiendo hasta caer un poco por debajo de la presión auricular; cuando se realiza este cruce de presiones se abren las válvulas auriculo-ventriculares y en este momento se inicia la diástole hemodinámica<sup>8</sup> con la precipitación de la sangre contenida en la aurícula, hacia el ventrículo completamente relajado; fenómeno pasivo que provoca un tercer ruido que rara vez se escucha.

Posteriormente, los ventrículos continúan su llenado pasivo hasta el final de la diástole, en la que una contracción auricular activamente llena a los ventrículos con la sangre residual contenida en ellas, originando un cuarto ruido cardíaco difícil de escuchar.

### 1.1d-2 DESDOBLAMIENTO DEL 2º RUIDO.

Con la inspiración aumenta el retorno venoso al corazón y con ello el llenado de la aurícula y ventrículo derechos, el volumen expulsado en sístole es mayor y por lo tanto, el tiempo será mayor, así el cierre pulmonar se retrasa.

Por el contrario ocurre en la inspiración del lado de la aurícula y ventrículo izquierdos provocando que el cierre aórtico se anticipe.

---

<sup>7</sup>Válvulas parecidas a la letra sigma.

<sup>8</sup>Fenómeno de dilatación del corazón.

Durante la espiración disminuye el retorno venoso al corazón y por lo tanto el llenado de cavidades derechas disminuye, así, el tiempo de expulsión también disminuye y el cierre pulmonar se anticipa. En las cavidades izquierdas se incrementa el llenado, el tiempo de expulsión se prolonga y el cierre aórtico se retrasa.

Notando que a pesar de ser procesos inversos para la inspiración y espiración, en cada lado del corazón provoca que los dos componentes del fenómeno tiendan a juntarse y originen un único ruido.

#### **1.1d-3 RUIDO DE GALOPE.**

Se debe de llamar ruido de galope cuando el tercer y cuarto ruido se hacen notoriamente presentes, y que son generalmente producidos por taquicardia.

Se caracteriza por la producción de un ruido a destiempo que se repite muy rápidamente.

#### **1.1d-4 GASTO CARDIACO.**

El gasto cardíaco, constituye la resultante final de todos los mecanismos que normalmente se ponen en juego (frecuencia cardíaca, contractilidad, precarga y postcarga). De esta manera, se comprende cómo en presencia de enfermedad cardíaca, la tendencia a la disminución de gasto cardíaco sirve para diagnosticar el origen del fallo y su posible tratamiento.

#### **1.1e FRECUENCIA CARDIACA.**

La frecuencia con la que el corazón bombea la sangre es conocida como frecuencia

cardíaca, y tiene algunas características que se dan a continuación.

La Taquicardia, es una propiedad que presenta el corazón al latir aceleradamente, es decir, su ritmo cardíaco entre sístoles es muy rápido; originado por diversas razones, algunas de las cuales pueden ser normales (ejercicio, emoción, etc.), y en otros casos provocados por alteraciones graves o fallas del corazón.

La Bradicardia, contrariamente a la anterior, es un comportamiento del corazón que se caracteriza con el consecuente ritmo lento de bombeo por debajo de un estado normal o de relajación, y que generalmente se debe a perturbaciones del corazón.

La Arritmia, es también otra característica, producida por la variación que existe en los latidos del corazón, y que se producen a destiempo, es decir, se produce un ritmo rápido durante la inspiración y un ritmo lento durante la espiración.

En este tipo de casos llegamos a notar grandes frecuencias producidas por alteraciones del corazón o patologías.

### **1.1e-1 MEDICION DE LA FRECUENCIA.**

Para medir las pulsaciones, o el ritmo del corazón, existen diferentes aparatos que nos pueden brindar alguna información, o todo un estudio completo, según sea el caso o la necesidad.

Para un estudio rápido y práctico el estetoscopio, es una herramienta útil y eficiente que nos puede proporcionar la información suficiente requerida.

Para los casos anteriormente mencionados, como la taquicardia y la bradicardia, la toma del pulso puede ser bastante.

En caso de la existencia de alguna duda, el estetoscopio puede facilitarnos la indagación necesaria para salir de ella, sin embargo, cuando un síntoma posible de arritmia se encuentre presente, es indispensable el uso del estetoscopio para analizar el comportamiento del corazón.

Esta información conjuntamente con la obtenida por medio del pulso, nos brindará la

suficiente utilidad para hacer un diagnóstico preciso y eficaz.

Cabe mencionar, el hecho de que el volumen del corazón varía según el esfuerzo que realiza el paciente al desarrollar alguna actividad a la hora de su medición, y que en muchos casos, se debe considerar un tiempo corto en el cual se pueda recuperar la estabilidad, o normal comportamiento, antes de poder determinar su estado real.

En la siguiente figura se muestra el estetoscopio en su forma física.



FIG 1.7



## **FISIOLOGIA DE LA CIRCULACION**

### **1.2 CARACTERISTICAS.**

La circulación de la sangre se lleva a cabo mediante el concurso de los tres componentes fundamentales del sistema circulatorio:

- a) El corazón.
- b) El sistema arterial.
- c) El sistema venoso.

La circulación aunque es un sólo sistema, está compuesta por dos circuitos sanguíneos que se denominan : Gran circulación y pequeña circulación.

La gran circulación está conformada por todas las grandes arterias que llevan desde el corazón, a los tejidos y órganos del cuerpo la sangre, incluso a los pulmones; y por las venas que traen la sangre venosa de los órganos, incluso de los pulmones, al corazón.

La pequeña circulación, la conforman todas las arterias que llevan la sangre venosa del corazón a los pulmones, y de aquellas que llevan sangre oxigenada de los pulmones, al corazón, para ingresar a la gran circulación como se muestra en la figura 1.8.

Se dice, pero no con toda exactitud, que las arterias llevan sangre oxigenada y las venas sangre rica en anhídrido carbónico.

En realidad las arterias son todos aquellos vasos que salen desde el corazón y las venas son aquellos que vuelven a él.

El sistema nervioso constituye el centro rector del organismo, y por tanto, es el que regula el aporte de sustancias a través de la circulación sanguínea.

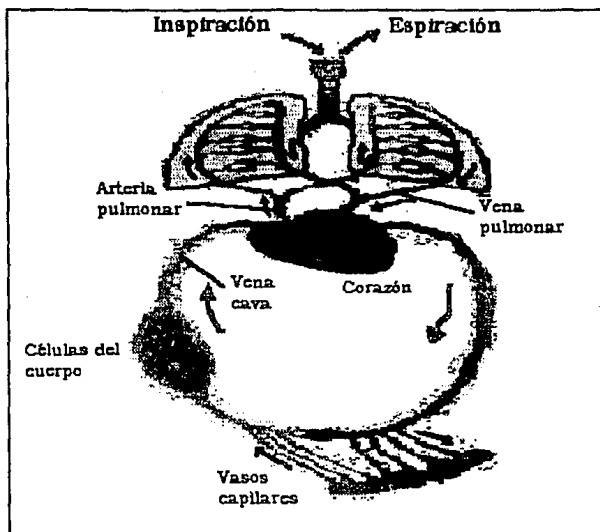


FIG 1.8

### 1.2a CIRCULACION.

El corazón impulsa la sangre hacia las arterias en contra de una resistencia a su vaciamiento impuesta por las arteriolas<sup>9</sup>; la interacción entre ambas fuerzas genera la presión reinante dentro del sistema arterial.

<sup>9</sup>Arteriola: Arteria pequeña.

La interacción simultánea, de la contracción o dilatación de las vénulas<sup>10</sup> provocada por la fuerza de succión proveniente de las venas cavas, y la presión de llenado del ventrículo derecho, determina la presión reinante dentro del sistema venoso que constituye la presión venosa central. Estos tres factores influidos por el sistema nervioso autónomo, a través, especialmente de secreción adrenérgica<sup>11</sup>, es lo que determina el flujo sanguíneo y la irrigación de los diversos órganos, lo cual culmina con la oxigenación tisular.

Una vez oxigenados los tejidos, el sistema venoso recoge la sangre desaturada de oxígeno y concentrada de CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico), como producto final del metabolismo celular para llevarla en contra de la gravedad hasta el corazón; este movimiento de la sangre se llama retorno venoso y está influido por la cantidad de sangre dentro del sistema circulatorio.

La sangre llegada al ventrículo derecho es impulsada hacia los pulmones para su oxigenación. La captación y distribución del oxígeno constituyen la labor más importante.

Hay una ramificación que conduce a una parte del intestino a cuyo nivel se divide en múltiples capilares y termina confluyendo en la vena porta, la gran vena portadora que se dirige al hígado.

Lo particular de esta circulación, es que, una vez en el hígado, se divide en una serie de vasos capilares los cuales, van a parar en la vena cava.

Esto significa que la circulación sanguínea transporta al hígado las sustancias nutritivas absorbidas por el intestino.

Una segunda circulación conduce a los riñones, en los cuales, se forma a partir de la sangre, la orina, que contiene los restos de la desintegración albuminoidea (urea y ácido úrico), juntamente con otras muchas sustancias.

Existen también otros circuitos secundarios como el de las glándulas tiroideas, que suministran a la circulación la tiroxina, indispensable para el desarrollo normal de la actividad

---

<sup>10</sup>Vénula: Vena pequeña.

<sup>11</sup>Secreción de adrenalina.

orgánica y otros circuitos que van al bazo, glándulas suprarrenales, hipófisis, etc.

En la siguiente figura se muestra el esquema de la circulación sanguínea del cuerpo humano.

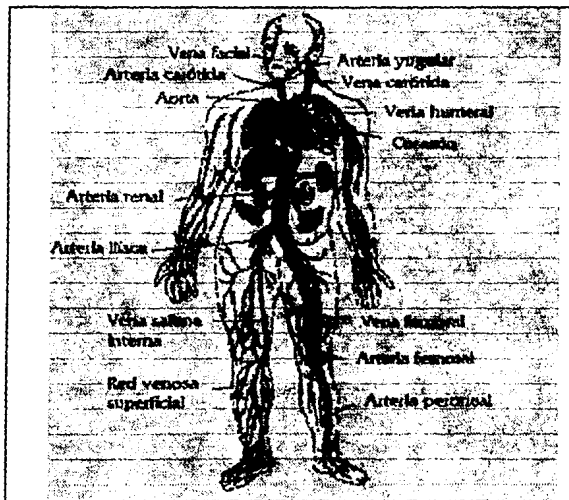


FIG. 1.9

La longitud desarrollada de los vasos sanguíneos varía, pero se puede extender hasta los cien mil kilómetros.

### 1.2b PROPIEDADES DEL FLUJO SANGUÍNEO.

La sangre que es recogida de todo el cuerpo por la aurícula derecha penetra en el ventrículo derecho, el cual la vacía a través de la arteria pulmonar en los pulmones. Allí toma el oxígeno del aire que ha ingresado durante la respiración y se desprende del ácido carbónico. La coloración de la sangre cuando procede del organismo es rojo oscuro y adquiere una tonalidad de rojo claro al oxigenarse.

El flujo de sangre de los vasos es laminar, así, en el centro de la arteria la velocidad es más rápida, y conforme aumenta el radio la velocidad disminuye. El flujo laminar tiene la ventaja de que opone menos resistencia a la circulación de la sangre. Durante el recorrido sanguíneo existen zonas con vasos de diámetro menor que otras para frenar o acelerar, la velocidad de intercambio de sustancias.

El tiempo que tarda la sangre en dar una vuelta completa a través del circuito sanguíneo se puede calcular a partir del volumen sanguíneo impulsado por unidad de tiempo, y de la cantidad total de sangre existente; que resulta ser de un minuto a un minuto y medio.

La cantidad de sangre de un ser humano es de aproximadamente 5 litros, sin embargo, es insuficiente para proporcionar la máxima irrigación a cada una de las partes del cuerpo.

La distribución de la sangre a través de la circulación no es uniforme, ya que, un órgano en plena actividad necesita más sangre que otro que esté en reposo, y su regularización la llevan a cabo los nervios vasomotores. Estos nervios ejercen su acción sobre diversas ramificaciones arteriales dejando que se llenen o impidiendo su llenado, según sea el caso necesario.

Una parte de la sangre (aproximadamente 1/5), permanece en los depósitos sanguíneos del hígado y del bazo, y sólo en caso de necesidad esta sangre almacenada entra en circulación.

Durante la sístole ventricular, la sangre es impulsada hacia las arteriolas y la llegada del volumen las distiende; ello condiciona una contracción refleja de la capa media de las mismas es arteriolas, lo cual, provoca una inversión del flujo sanguíneo, que ahora tiene una dirección

retrograda contribuyendo al cierre aórtico.

La mayor presión que se registra la presenta en la aorta, desde la cual decrece paulatinamente hasta llegar a cero en las venas cavas.

La sangre, de la misma manera que reparte las sustancias, distribuye uniformemente por el cuerpo el calor.

Cuando la piel está ricamente vascularizada se produce una sensación de calor, tomando una coloración sonrojada, y en ambientes fríos, para proteger al organismo, los vasos superficiales se estrechan quedando la piel fría y pálida.

La presión de llenado del ventrículo derecho cuando es normal no se opone a la llegada de sangre, pero cuando se eleva por falla contráctil de dicho ventrículo, se dificulta el ingreso de sangre al corazón y se opone el retorno venoso, elevando la presión del sistema.

El retorno al corazón se facilita por el efecto aspirante de las inspiraciones profundas, con lo cual se consigue una mejor circulación y una mayor irrigación del cerebro, además, existen también algunas contracciones musculares que ayudan a la circulación.

### 1.2c EL PULSO.

El pulso se origina por la contracción rítmica del corazón.

Como el sistema vascular no es rígido sino que posee una determinada elasticidad, puede transformar el empuje rítmico discontinuo del corazón, en una corriente uniforme mucho más suave.

Este movimiento es palpable en las grandes arterias especialmente en la radial, ubicada en la articulación de la muñeca, en la temporal, o en la del dorso del pie.

La sacudida experimentada por la columna sanguínea se transmite más rápidamente al sistema arterial en forma de onda perceptible como pulsación. La velocidad de la onda pulsátil se mide con el reloj, para lo cual se compara el pulso en una arteria alejada, con el ciclo de la

contracción cardíaca.

### **1.2c-1 PULSO CENTRAL.**

Es el registro del pulso aórtico a nivel de hueco supraesternal, en donde su ascenso vibrado puede descubrir una estenosis aórtica<sup>13</sup> que no deforma el pulso carotídeo. Su morfología es útil para el diagnóstico de obstrucción valvular y es medido generalmente con el estetoscopio.

### **1.2c-2 PULSO YUGULAR.**

El registro de pulso venoso yugular es de gran utilidad para el diagnóstico, debido a que descubre la dinámica de la aurícula derecha, y con ello, puede hacernos evidentes signos que traducen alteraciones hemodinámicas<sup>14</sup>.

### **1.2c-3 MEDICION.**

La medición del pulso, se realiza generalmente en las arterias de la muñeca, debido a su relativo fácil acceso y comodidad.

Se hace tomando la muñeca del paciente y presionando suavemente la yema del dedo pulgar o índice sobre la arteria, hasta percibir tal pulsación como se muestra en la figura 1.10.

Se debe de tomar en cuenta si el estado de la persona es normal, o esta alterado por alguna causa al momento de la medición; y cuales son las condiciones del medio ambiente que pudieran haber influido anteriormente al llevar a cabo dicha medición.

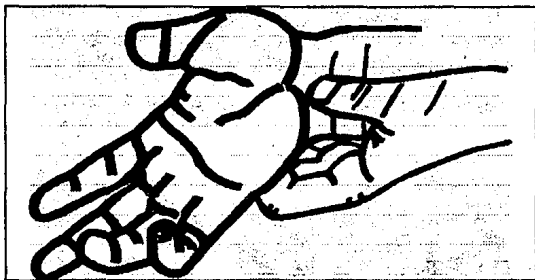


FIG. 1.10

Otro aspecto importante a considerar, es el hecho, de que la altura, con respecto al nivel del mar a la que se encuentre el paciente desempeña un papel importante para el comportamiento de la presión en las venas.

El pulso presente en un adulto sano en reposo, es de 70 o 72 pulsaciones por minuto, pero aún entre el límite de 50 a 90 pulsaciones por minuto se puede considerar como normal.

El ejercicio puede duplicar dicho ritmo, así como también alguna emoción o disgusto, sin embargo, se debe volver a un estado normal anterior, tras un corto período de descanso para no encontrar ninguna anomalía, ya que de lo contrario, puede existir un síntoma patológico.

Un pulso de 30 a 40 pulsaciones por minuto indica una falla del corazón, y una pulsación más allá de 140 por minuto, también se puede deber a un mal funcionamiento.

Un aspecto que se debe tomar en cuenta por su utilidad como complemento de estudio y medición, es el de la respiración que se puede llevar a cabo mediante la observación del paciente, y que debe ser de 15 a 20 veces por minuto en un adulto; pero también como las pulsaciones, pueden ser alterados por ejercicio o alguna emoción.



## EL OJO HUMANO

## 1.3 COMPOSICION.

El ojo humano es un órgano sensorial que sirve para captar las impresiones luminosas en donde el verdadero órgano de la vista lo forma el globo ocular.

El ojo consta del globo ocular (bulbo), y de órganos accesorios para la protección del mismo y mantener adecuadamente sus funciones.

El globo ocular es movido por los músculos oculares, además, está protegido por una cavidad orbitaria de estructura ósea en forma de embudo la cual, se encuentra rodeada de tejido adiposo.

La pared del ojo está formada por la esclerótica, membrana blanca y dura que por delante se continúa por la córnea, transparente y de forma de vidrio de reloj.

En la parte interna de la esclerótica se encuentra la coroides, rica en vasos, en cuya cara interna yace, a su vez, la retina sensible a la luz. Las fibras de la retina se continúan con el nervio óptico sin solución de continuidad. En la siguiente figura se muestra un corte anatómico del ojo y se explican a continuación sus partes que lo conforman.

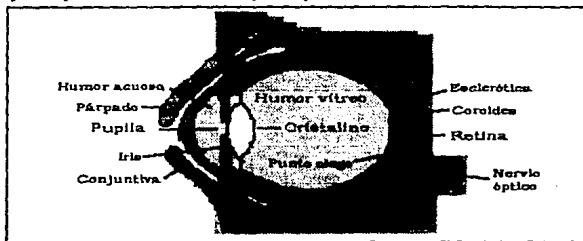


FIG. 1.11

El nervio óptico sale del ojo por su polo posterior, orientado algo hacia el plano nasal por un orificio de la esclerótica que se ensancha hacia afuera y sigue hacia el cerebro por un canal. La coroides se extiende desde la salida del nervio óptico por la esclerótica hasta cerca del limbo esclerocorneal, donde se continua con el iris, el cual, en su base de inserción, se dirige al interior del ojo, perpendicularmente a su eje longitudinal.

El iris es una membrana anular, en cuyo centro limita la pupila. Detrás del iris se encuentra el cristalino, que está suspendido de fibras muy delgadas procedentes del cuerpo ciliar. Detrás del cristalino en el interior del ojo, está el humor vítreo, masa gelatinosa transparente que mantiene la adecuada tensión del ojo.

Delante, limitada por la superficie posterior de la córnea, la anterior del iris y la posterior del cristalino, libre, correspondiente a la pupila, se encuentra la cámara anterior del ojo, y entre la superficie posterior del iris, los bordes del cristalino, el cuerpo ciliar, el humor vítreo y el ligamento suspensor del cristalino. La cámara posterior, es un espacio de forma anular que se extiende alrededor del cristalino.

Ambas cámaras están unidas por una estrecha hendidura entre el iris y el cristalino y llenas de un líquido : el humor acuoso.

El diámetro del globo ocular alcanza en el adulto los 23 mm.

### **1.3a LA CORNEA Y LA ESCLEROTICA.**

La córnea aunque es sumamente delgada, está formada por varias capas de láminas córneas, en donde la principal es una membrana vítrea que se halla protegida por un revestimiento de células, y la esclerótica es una membrana blanca y opaca de tejido fibroso, ambas son las cubiertas resistentes y conjuntivas que dan la forma y la firmeza al ojo.

La córnea está más encorvada que la esclerótica; su espesor es de 0.8 mm en el centro y 1 mm en el borde; orienta los rayos incidentes percibidos hacia el polo posterior del ojo; consta

de cinco capas que no poseen ni vasos linfáticos ni sanguíneos, pero es rica en nervios, lo que explica los agudos dolores que se presentan en las heridas y enfermedades de la córnea.

En el transcurso de un sólo día estas células se desgastan; de noche, mientras dormimos, otras células reemplazan a las primeras, es decir, que cada día se reconstruye la córnea.

La esclerótica es de estructura tendinosa, pobre en vasos, de aspecto normalmente blanco y tiene un espesor por delante de 0.5 a 0.6 mm y por detrás de 1 mm aproximadamente. Su función consiste en proteger a las otras membranas y proporcionar la estabilidad necesaria al ojo. En el polo, algo orientado hacia el plano nasal, se encuentra el canal de salida del nervio óptico, que tiene forma de tejido reticular y sirve para el paso de las fibras nerviosas aisladas.

### **1.3b EL CUERPO CILIAR, IRIS Y COROIDES.**

La túnica vascular consta de coroides, cuerpo ciliar e iris; es rica en vasos sanguíneos y provee la nutrición de la retina, del humor vítreo y del cristalino.

El cuerpo ciliar tiene numerosos procesos, a modo de cuerdas o dientes, a cuyos vasos, como de una glándula, se segrega el humor acuoso. Además el cuerpo ciliar posee la porción anular del músculo ciliar perteneciente a los músculos intrínsecos del ojo, el cual sirve para enfocar, pues al contraerse determina una tensión del ligamento suspensor del cristalino y consecuentemente una mayor curvatura.

El contenido pigmentario del iris determina el color de los ojos, esto es debido a la pigmentación de las fibras musculares.

Cuando en el iris falta el pigmento se transparenta el color rojizo de la coroides rica en vasos, pero cuando es escasa el color de los ojos es claro. Su función es destinada a proteger al ojo de la luz excesiva.

La coroides es una membrana rica en vasos sanguíneos de color muy negro. Directamente detrás de la córnea, la coroides forma un especie de diafragma circular constituido

por fibras musculares, de las cuales algunas de ellas se hallan dispuestas como los radios de una rueda, en tanto otras forman círculos concéntricos.

### **1.3c EL CRISTALINO.**

El cristalino consta de un núcleo transparente de forma lenticular o lente biconvexa, rodeado de una cápsula elástica. Sirve como la córnea para la refracción de la luz que llega al ojo, aunque su tarea principal consiste en hacer posible el enfoque, lo que ocurre al engrosarse pues entonces los rayos incidentes se refractan con más intensidad.

Las células planas de la parte anterior, se corresponden con células alargadas de la parte posterior y viceversa, así los rayos de luz que atraviesan la pupila se quiebran precisamente donde se encuentran células de diferente tipo.

El cristalino tiene aproximadamente 1 cm. de diámetro y un espesor de 4 mm.

### **1.3d HUMOR VITREO.**

El humor vítreo está formado por una membrana del mismo nombre; es de estructura gelatinosa y a veces más líquida, especialmente en la miopía acentuada.

### **1.3e LA RETINA.**

La retina es una porción de cerebro salida del interior de la cavidad craneal, y representa con el nervio óptico un solo órgano. Es un tejido nervioso delicadísimo y de estructura singular.

La luz que incide sobre la retina atraviesa las capas internas y medias antes de llegar a

las células sensoriales propiamente dichas llamadas :

**Conos y Bastones.**

Los Conos proporcionan la visión durante el día y el reconocimiento de los colores, los Bastones proporcionan la visión con la luz crepuscular, en la dirección del eje del globo.

La retina está deprimida en forma de foseta en un lugar donde sólo existen Conos. Esta zona está especialmente diferenciada y sirve para la visión nítida.

Desde el centro, a la periferia, la estructura anatómica de la retina se vuelve cada vez más tosca, de manera que las zonas más cercanas al borde, sólo sirven para reconocer objetos y movimientos, así como, en el campo visual y por su contenido de bastoncitos para ver en el crepúsculo. La desembocadura del nervio óptico se encuentra algo hacia el plano nasal respecto al centro de la retina y es un "punto ciego" (no hay imágenes que reproducir).

Las impresiones visuales son conducidas por el nervio óptico hacia el centro de la visión del cerebro, allí el curso de las fibras del nervio óptico es tan exacto como en la retina.

Las impresiones captadas por la mitad externa de la retina son conducidas por la porción externa, y las captadas por la mitad interna lo son por la parte interna también; ocurriendo así hasta la base del cerebro, la hipófisis.

En este lugar se cruzan las fibras internas de ambos nervios ópticos como se muestra en la figura 1.12.

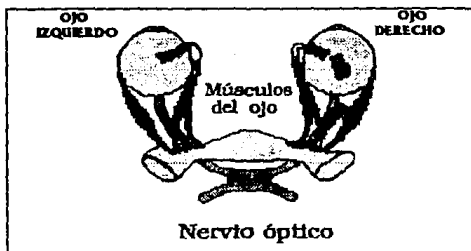


FIG. 1.12

### 1.3f ORGANOS ACCESORIOS DEL OJO.

Los órganos accesorios del ojo son :

El aparato lagrimal, los párpados con la conjuntiva, los músculos oculares, los nervios y los vasos.

La glándula lagrimal tiene el tamaño y la forma de una almendra grande, y se encuentra situada fuera del saco conjuntival hacia arriba y afuera, en una fosita de la órbita. Cuando se tira del párpado superior fuertemente hacia arriba y afuera, se puede ver la glándula lagrimal a modo de una prominencia.

Esta glándula segrega el líquido lagrimal en el saco conjuntival, desde el que, mediante el parpadeo ( tres a siete veces por minuto), es repartido a toda la superficie del ojo. Normalmente sólo se segregan las lágrimas imprescindibles para humedecer el ojo (escasamente un gramo en 24 hrs.), pero hay diversos excitantes que aumentan notablemente la secreción lagrimal (tristeza, dolor, risa, irritación de las mucosas nasal y conjuntival, etc.).

Las lágrimas se reúnen en el ángulo interno del ojo, desde el cual, por ambos conductos lagrimales (uno en cada párpado), alcanzan el saco lagrimal gracias a la presión de los músculos de los párpados y por aspiración.

El saco lagrimal se encuentra en el interior junto a la hendidura palpebral, en una depresión del hueso lagrimal, en la zona del dorso de la nariz.

Los párpados cierran el globo ocular protegiéndolo del exterior; constan de varias capas superpuestas. Por fuera se encuentra la piel, y por dentro, en contacto con el ojo, se encuentra la conjuntiva.

Ambas se continúan en el borde libre. En este se hallan las pestañas, dispuestas en dos o tres hileras y fijadas bastante profundamente en los párpados.

Cada pestaña tiene en su raíz unas pequeñas glándulas sebáceas, y debajo de la piel se localizan una capa de fibras musculares; a su vez, debajo de estos, una lámina conjuntiva, el

cartilago tarso, que da consistencia al párpado.

En esta lámina hay glándulas que segregan el sebo palpebral.

El cierre de los párpados se verifica por un músculo orbicular (como se muestra en la fig. 1.13), que se encuentra entre la piel y el tarso, además el párpado superior posee su propio músculo elevador.

La conjuntiva, de un transparente turbio y en sí incolora, es una mucosa que reviste la superficie interna de los párpados, se refleja a forma de un saco espacioso, sobre la esclerótica y recubre hacia adelante, la superficie del ojo hasta el limbo corneal.

La lámina palpebral de la conjuntiva contiene numerosos nódulos linfáticos que pueden ser el origen de distintas inflamaciones.

Los músculos extrínsecos del ojo sirven para moverlo. Se distinguen cuatro músculos rectos y dos oblicuos.

Los músculos oculares mueven al ojo en todas direcciones, y son coordinados por estímulos cerebrales únicamente para ambos lados por lo que sólo pueden moverse simultáneamente en la misma dirección, aunque en ocasiones por un posible trastorno en algún músculo se puede ver doble.

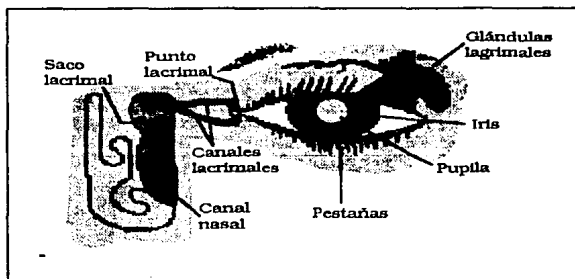


FIG. 1.13

En la figura anterior se muestra la disposición de los órganos accesorios del ojo.

El ojo posee un vasto sistema vascular en donde casi todo el flujo de la sangre es llevado por las venas vorticosas y parte por los vasos retinianos. Los nervios sensitivos del ojo proceden de la primera rama del trigémino y los pertenecientes a los músculos por los nervios III, IV y VI craneales.

### **1.3-1 LA PUPILA.**

Casi en el centro del iris se encuentra la pupila, orificio a través del cual penetra la luz en el interior del ojo, su diámetro aumenta o disminuye por la contracción de las fibras musculares del iris. El tamaño de la pupila cambia continuamente y bajo influencias muy diversas, lo hace por la acción de los músculos dilatador y constrictor.

Se contrae al enfocar el ojo, y por la luz; y se dilata en la oscuridad o por excitaciones psíquicas intensas.

La pupila del hombre viejo es generalmente más pequeña. Es de color normalmente negro intenso. La pupila en estado normal si es estimulada mediante una excitación luminosa, reaccionan casi instantáneamente, aunque con el paso de los años en una persona, o por fallas del ojo, provocan la disminución de la rapidez de la reacción y en algunos casos, la respuesta al estímulo y la variación pueden ser mínimas.

La ausencia o disminución de las reacciones pupilares tiene gran importancia para el diagnóstico de las enfermedades nerviosas; esto se debe a que dos nervios principales, provenientes del cerebro, actúan reaccionando mediante impulsos sobre los músculos que mueven la pupila.

Existen tres tamaños básicos en las pupilas de una persona:

- a) Contraídas (con un radio pequeño).



b) Normales (con un radio medio).

c) Dilatadas (con un radio grande).

A continuación se dan las principales reacciones y sus posibles causas patológicas.

### **1.3-1a ISOCORICAS.**

El estado natural sin estímulo luminoso es el de pupila normal, y al aplicar un estímulo, la reacción también debe ser normal (dependiendo de la edad de la persona), tomando en cuenta el estado de salud de los ojos del paciente.

No existe exactamente un tiempo predeterminado para saber si su reacción es normal o no y depende mucho del estado de salud del paciente, así, como de las reacciones externas del estímulo y del medio ambiente en el que se haga el estudio; pero sí es notable la diferencia, cuando la reacción es anormal (lenta al estímulo).

Si se presenta una reacción lenta, esta puede ser originada por alguna alteración en el sistema nervioso, pero es muy difícil determinar el estado de salud únicamente por la reacción de las pupilas, y lo más recomendable en este caso es diagnosticar conjuntamente con otros síntomas, para así, poder determinar el estado de salud de la persona.

### **1.3-1b MIOTICAS.**

Se presenta cuando las pupilas están contraídas, y no presentan reacción alguna ante estímulos. Su posible causa es la intoxicación por morfina, mala utilización de medicamentos estimulantes o calmantes, así como, por alguna alteración en la presión intraocular.

**1.3-1c MIDRIATICAS.**

Estado de dilatación de la pupila a consecuencia de enfermedades, intoxicaciones, trastornos mentales (emociones, golpes, etc.), o por medicamentos utilizados para la iritis (inflamación del iris) en la que se puede observar el posible enrojecimiento del ojo, y para la exploración interna del ojo.

Si existe reacción, por lo regular lenta, existe inhibición en el sistema nervioso o un problema depresivo.

Si no hay reacción indica un posible problema cardíaco.

**1.3-1d ANISOCORICAS. •**

Se llama así al estado de una pupila dilatada y otra contraída, esto se debe a fallas posibles del encéfalo; sin embargo, existen casos que presentan este síntoma y son perfectamente normales, por lo que no se considera un caso patológico (de enfermedad), y se deberá comparar con los demás síntomas que presente el paciente.

**1.3-2 ENFERMEDADES.**

Algunas de las enfermedades posibles de diagnosticar o presentes en el ojo son : Glaucoma, Catarata, Miopía, Hipermetropía, Afecciones renales, nerviosas o de la sangre, diabetes, intoxicación, lesiones, enfriamientos, impurezas, infecciones, etc., que se deberán tratar según sea el caso.

## **DIAGNOSTICO DE EMERGENCIA**

El diagnóstico de los signos vitales de emergencia es un análisis que nos brinda la mayor información con un reducido número de estudios y en el menor tiempo posible, para determinar la causa de alteración y el método de atención indicado para su posible remedio.

La causa del problema, por lo regular, se encuentra en casos de accidentes, emergencias o urgencias, ubicados en hospitales, clínicas, oficinas, la calle, etc.

Por su delicadeza y la necesidad de algún tipo especial de intervención, según la gravedad y el caso del que se trate, el diagnóstico debe ser, general y rápido para dictaminarse, por lo que, no es muy exhaustivo, ni requiere una auscultación completa.

Los elementos primarios, necesarios para efectuar un dictamen, son :

- a) Diagnóstico de Temperatura.
- b) Diagnóstico de Respiración.
- c) Diagnóstico de Frecuencia cardíaca.
- d) Diagnóstico de Pulsación.
- e) Diagnóstico de Reflejos.

### **1.4 DIAGNOSTICO DE TEMPERATURA Y RESPIRACION.**

El diagnóstico de la temperatura es por lo general de tipo perceptible, determinando si existe alguna anomalía que se pueda comprobar por análisis a simple vista (sudor, calofríos,

tremborina, etc.), y si es posible, tomando en cuenta la causa que motivó dicha alteración (herida, infección, intoxicación, etc.).

La respiración, de igual forma que la anterior, debe ser un dato tomado por deducción visual, asumiendo el origen del malestar, así como el medio y el estado anímico del paciente en el momento del estudio.

Para este caso bastará con observar si es agitado, normal ó dificultoso, para poder determinar su fuente.

#### **1.4-1 DIAGNOSTICO DE FRECUENCIA CARDIACA.**

La medición de la frecuencia cardíaca se hace utilizando el estetoscopio, y analizando los siguientes rangos normales de frecuencia en una persona :

- 1.- Normal: Latido de *70 a 90* por minuto, con un límite de *60 a 95* latidos por minuto.
- 2.- Falla del corazón: De *30 a 45* latidos por minuto, posible bradicardia.
- 3.- Falla que afecta el funcionamiento cardíaco: De *135* latidos por minuto en adelante, posible taquicardia.

#### **1.4-2 DIAGNOSTICO DE PULSACION.**

El pulso se mide tomando la muñeca del paciente, como se explicó en el capítulo **1.2c-3**, y observando los rangos que se muestran a continuación.

- 1.- Normal: Pulsaciones de *70 a 72* por minuto, con tolerancia de *50 a 90* por minuto.

2.- Baja: Pulsaciones de **30 a 40** por minuto.

3.- Alta: Pulsaciones de **140** por minuto, en adelante.

En algunos casos, no es posible tomar el pulso en la muñeca, pero se puede tomar en el cuello, el brazo, o la pierna, siguiendo la trayectoria de una de las venas principales del cuerpo.

#### **1.4-3 DIAGNOSTICO DE REFLEJOS.**

La respuesta a estímulos se utiliza, cuando no existe comunicación oral ni móvil con el paciente, debido a alguna alteración nerviosa. En otros casos, ayuda a determinar la salud psíquica de la persona o a establecer si existe alguna contusión interna, sobretodo de la cabeza, y se hace utilizando una lamparita, que provoque una reacción en la pupila al acercarla al ojo del paciente, si es que no existe ningún problema, o determinar en cual de los casos descritos en el capítulo 1.3-1, se encuentra.

Otro aspecto muy importante a tomar en cuenta, es la observación de dolor, inflamación o contusión, nausea, etc., producida por el mal estado del paciente. Una vez obtenidos los datos de los diferentes estudios y diagnósticos, el personal sabrá en que forma actuar para erradicar el problema, o la atención necesaria que se deberá brindar al paciente en cuestión.

**FALTA PAGINA**

**No.**

4/6

# CAPITULO 2

## DISPOSITIVOS OPTOELECTRONICOS

### PROPIEDADES.

Los dispositivos optoelectrónicos como su nombre lo indica, son elementos electrónicos que responden a la luz realizando una determinada función, como fotoceldas, fotodiodos, fotorresistencias, diodos emisores de luz, fototransistores, etc.

Existen infinidad de circuitos que tienen diversidad de aplicaciones, tanto en elementos sencillos, como en circuitos muy complicados de gran escala por ejemplo, proyectiles autopropulsados, satélites, televisión, sistemas de cómputo, secadoras, etc.

Casi en todas las aplicaciones en las que se les utiliza existe el control de algún elemento importante, ya que su respuesta a la energía lumínica brinda un medio seguro y fácil de obtener en la mayoría de los ambientes en que se emplea, así como, confiabilidad, seguridad y rápida respuesta.

Los dispositivos optoelectrónicos generalmente se clasifican en dos :

Emisores de luz y fotodetectores.

Los primeros convierten la energía eléctrica en luminosa como los láser, los diodos emisores de luz (LED), etc. Los fotodetectores convierten la energía luminosa incidente en energía eléctrica.

Cualquier tipo de celda fotoconductoras ó fotorresistiva posee una resistencia variable en función

de la luz, y se fabrican por lo general de germanio, silicio y selenio.

### 2.1a EL LED (diodo emisor de luz).

El diodo emisor de luz está construido a base de material semiconductor como el arseniuro de galio (GaAs), Fosforo de galio (GaP) y el arseniurofosforo de galio (GaAsP) de forma similar al diodo, es decir, con capas P-N; las cuales, emiten energía luminosa (fotones) al perder electrones por recombinación cuando se aplica un voltaje polarizado directamente en sus extremos.

El diodo construido a base de GaAs emite radiación infrarroja, invisible para el ojo humano y que generalmente se aplica en circuitos de alarma.

El tiempo de respuesta de estos circuitos es sumamente corto (de algunos nanosegundos), además de que poseen una larga vida en comparación a las lámparas en general. Operan con voltajes muy bajos compartiendo los valores manejados por los circuitos integrados haciéndose compatibles con estos, aunque hay que tener cuidado con la temperatura y los niveles de sobretensión de voltaje.

A continuación se muestra el símbolo del LED.



FIG. 2.1



**2.1b CELDAS FOTOCONDUCTORAS.**

Las celdas fotoconductoras se fabrican a base de semiconductores como, germanio, selenio y silicio con compuestos de cadmio. Consisten en una delgada capa de material depositado sobre un sustrato con terminales metálicas conductoras.

Se utiliza una cubierta de vidrio para permitir la incidencia de luz sobre el material y en la mayoría de las ocasiones sirve para dirigir la luz sobre este punto.

Cuando la luz incide sobre el material, los fotones comunican energía a los electrones formando colisiones y reduciendo el ancho de banda entre las uniones P-N, permitiendo así, el paso de corriente a través de ellos.

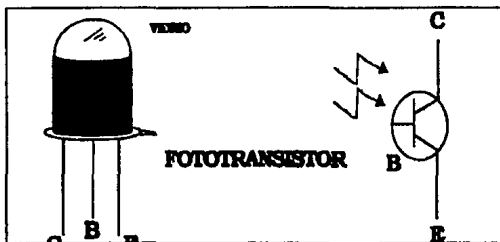


FIG 2.2

En la figura arriba mostrada se da el símbolo de un fototransistor y su forma física.

La respuesta de las combinaciones de los materiales antes mencionados es diferente para distintos colores de luz, por lo que se debe tomar en cuenta que tipo de dispositivo será el más recomendable para una determinada aplicación.

Por otra parte, se debe considerar el medio en el cual va a trabajar el dispositivo para que no influya en el funcionamiento del elemento.

## 2.2 CIRCUITO DE SENSIBILIDAD A LA LUZ.

El circuito de sensibilidad a la luz, sirve para detectar la luminosidad de una lámpara y efectuar el movimiento correspondiente a la reacción de la pupila que realiza el simulador, es decir, que efectúa la sensibilización de un estímulo luminoso y su consecuente acción pupilar cuando se lleva a cabo la prueba de reflejos vista en el capítulo L.

El circuito consta de un fototransistor (FTR1), con sus respectivas resistencias de polarización (R1 y R2), en acople como divisor de tensión R1 a Vcc (5 Volts)-colector, y R2 colector-tierra, con su salida tomada en el emisor y conectada a un circuito inversor (11a). La razón de conexión de la salida del emisor a un circuito inversor (74LS04) se debe a que la corriente producida por el fototransistor es muy baja y al conectarse directamente al puerto PA3 del Microcontrolador produce una caída en el voltaje originada por la carga, por lo que, para tener una corriente más grande y un voltaje constante se conecta al circuito inversor TTL.

La configuración utilizada es de tipo usual en la mayoría de los transistores de tipo básico. El circuito se muestra en la siguiente figura.

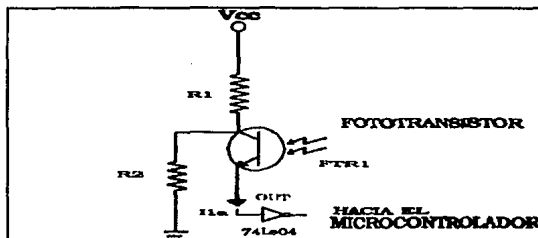


FIG. 2.3

El modo de funcionamiento es el siguiente :

El Vcc polariza a la resistencia **R1** y la salida del emisor se conecta a un circuito inversor (74Ls04), dando como resultado un voltaje en la salida del Inversor de **VHigh**, por estar el fototransistor en corte y la salida del emisor en **VLow**.

Si se recibe un estímulo luminoso en el fototransistor, como se estudió en el tema **2.1b**, este se polariza debido a la reducción de su capa **P-N**, permitiendo el paso de corriente y obteniéndose un voltaje de salida del emisor de **VHigh** con un voltaje a la salida del inversor de **VLow**.

Esta salida de voltaje se mantiene mientras haya incidencia de luz en el fototransistor y cuando deja de existir vuelve automáticamente a su estado inicial.

El Microcontrolador recibe un pulso en el puerto **PA3** una vez que hay incidencia de luz en el fototransistor y efectúa la tarea del programa de sensibilización que se ve en el capítulo **VII**.

## **CIRCUITO SENSOR DE POSICION.**

### **2.3a RAZONES DE USO.**

Para hacer girar el motor, ya sea, hacia la izquierda ó hacia la derecha; produciendo el cierre ó la apertura del diafragma que simula la reacción pupilar, así como, el movimiento de

posición inicial que debe tener el motor, dependiendo del sfntorna a producir, se necesita un determinado número de pasos (pulsos), que lo lleven a tomar su respectiva posición, y así, poder efectuar el tipo de acción a simular.

La velocidad con la que se efectúa el giro del motor es determinada por la opción que el usuario elija dentro del programa del Microcontrolador, pero la posición en la que se encuentre el motor, puede resultar no ser la misma siempre que se inicie cada simulación, por lo que, se necesita inicializar la posición del motor aunque esta tarea la realice de forma automática y transparente para el usuario.

Es aquí donde interviene el sensor de posición, ya que su tarea es notificar en que posición se encuentra el motor y hacia donde deberá de producir el giro.

Un esquema del optoacoplador visto físicamente y sus componentes se muestran en la figura siguiente.

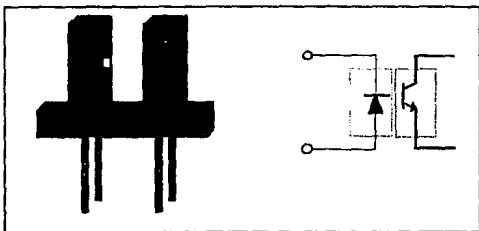


FIG. 2.4

### 2.3b FUNCIONAMIENTO.

El circuito sensor es muy sencillo y utiliza un optoacoplador electrónico para llevar a cabo

tal tarea. Un optoacoplador es un dispositivo que se divide en dos partes: Una emisora y la otra receptora.

El emisor del optoacoplador (E), es un pequeño LED de rayos infrarrojos que cumple con las propiedades descritas en el tema 2.1a, el cual emite luz de alta frecuencia (infrarroja) hacia el receptor ubicado a una pequeña distancia de este (1.3 cm).

El receptor del optoacoplador (R), es un fototransistor muy sensible a la luz infrarroja producida por el emisor y cumple con las propiedades indicadas en el tema 2.1b. Las propiedades del optoacoplador se muestran en el apéndice A. A continuación se muestra el circuito sensor de posición.

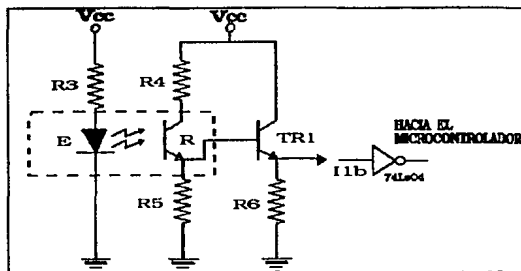


FIG. 2.5

El circuito sensor de posición trabaja de la siguiente manera; el lado izquierdo que esta formado por un circuito básico de LED compuesto por la resistencia R3 alimentada con Vcc (5 Volts), al ser polarizada emite rayos infrarrojos hacia la base del fototransistor, donde se localiza el fototransistor sensible a rayos infrarrojos, que se encuentra polarizado como un transistor normal a Vcc (5 Volts) a través de la resistencia R4, y su emisor a través de R5 a tierra.

En el emisor del fototransistor se halla la salida del receptor, en la cual, una vez que se

detecta la interrupción del paso de luz incidente en el fototransistor provoca un estado de corte.

Este efecto dura mientras no exista luz infrarroja incidiendo en el fototransistor y como en el caso del circuito de sensibilidad a la luz las corrientes producidas por este circuito son muy pequeñas, por lo tanto, es necesario la conexión a la base, de un transistor NPN 547 para lograr la amplificación de la salida.

El transistor **TR1** se polariza en forma típica de emisor común con el colector a Vec (5 Volts) y el emisor a través de **R6** a tierra, así, la salida se obtiene en el emisor del transistor **TR1** y dependiendo de la señal en la base, la salida se satura ó se corta, produciendo de esta manera el pulso de VHigh que va al circuito inversor **I1b** (74LS04) para obtener después de este, su respectiva salida hacia el puerto **PA7** del Microcontrolador.

### 2.3c METODO DE POSICIONAMIENTO.

Independientemente de la posición en la que se encuentra el motor antes de realizar la opción escogida a simular, este siempre se mueve hacia un punto que se denomina origen, el cual, será el punto de partida o referencia para efectuar los distintos tipos de condiciones a imitar.

Este punto es muy importante, ya que del sitio en que se localice desplazado inicialmente dependerá el hecho de girar hacia la izquierda o hacia la derecha para abrir o cerrar el diafragma para su correcta simulación.

Debemos tomar en cuenta que también se debe determinar cuantos pulsos a partir del origen deben hacer girar el motor, ya que de lo contrario siempre estará girando o girará a posiciones diferentes cada vez.

El diafragma que se utiliza para simular el cierre o abertura de la pupila se mueve con una parte muy pequeña de un ciclo completo de motor, por lo que, para simular la abertura total o el cierre total de la pupila, sólo se necesita un determinado número de pulsos y al llegar a su posición correspondiente detenerse.

Con un cartón semicircular sujeto al motor se corta la luz incidente del circuito sensor mostrado anteriormente cuando pasa por este circuito al efectuar el giro, de esta manera, se lleva a cabo el ajuste de posición, ya que, al ser interrumpido el haz de luz infrarroja se manda una señal al puerto PA7 del Microcontrolador informando que ha llegado a su posición extrema deteniendo el giro del motor, o efectuando un movimiento de reajuste de posición, según sea el caso como se ve en el capítulo VII.

La siguiente es una figura esquemática del proceso.

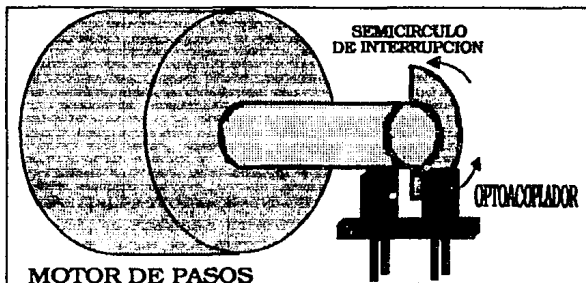


FIG. 2.6

De esta manera, el motor sólo girará hasta llegar a una posición que no permita seguir abriendo o cerrando más de lo debido al diafragma de simulación pupilar, ya que basándose en el cambio de nivel de la señal al generarse una interrupción del haz de luz, el Microcontrolador recibe un pulso que le informa que tiene que dejar de girar en ese sentido por que ha llegado al punto máximo o mínimo de posición.

## CIRCUITOS DE VISUALIZACION

## 2.4a DISPLAY A 7 SEGMENTOS.

El display a 7 segmentos es un circuito de visualización de datos, el cual, está compuesto de 7 barras (y en ocasiones 1 o 2 puntos decimales) que funcionan como leds y comparten todas sus uniones de tipo P ó de tipo N.

Cuando las uniones compartidas son de tipo P se le conoce como "*Display de Cátodo Común*", y cuando las uniones compartidas son de tipo N se llama "*Display de Anodo común*".

Dependiendo de cual sea su unión compartida, las barras se encienden al recibir en sus patas de conexión, un "cer" lógico para cátodo común, o un "uno" lógico para ánodo común.

Las características de los displays utilizados están contenidas en el apéndice A.

En la siguiente figura se muestra un display físicamente.

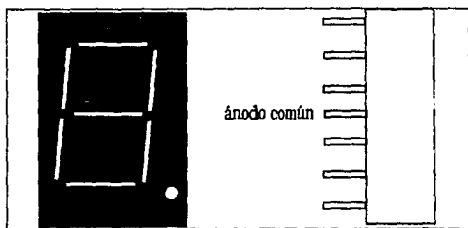


FIG. 2.7

Como se puede notar si se alimenta por combinación de las letras de las barras, el display



despliega un número en decimal.

Por ejemplo, si se quiere observar el número 3, se alimentan las terminales de las letras a, b, c, d, y g.

Como se verá en el capítulo V la forma de desplegar los números por el simulador, proviene de las señales de algunos circuitos digitales contadores y de un interruptor selector.

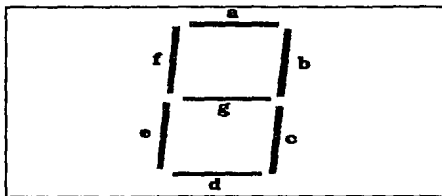


FIG. 2.8

En el esquema anterior se muestra el orden de las barras lumínicas.

# CAPITULO

## 3

# CIRCUITOS DE LATIDO Y PULSACION

## CIRCUITO DE LATIDO.

### 3.1a PROPIEDADES.

El circuito de latido del corazón está construido mediante un circuito de audio que se utiliza para reproducir las señales provenientes del puerto PD4 del Microcontrolador, las cuales, son señales de pulsos digitales que se convierten por medio de un amplificador, y a su salida una bocina, que produce un sonido con cadencia similar a la que se escucha en el estetoscopio al auscultar el corazón.

Existen infinidad de formas y circuitos de audio con diferentes propiedades como :

- a) Potencia.
- b) Ganancia.
- c) Fidelidad.
- d) Bajo consumo, etc.

que se pueden utilizar para este fin.

Para el dispositivo simulador realmente no importa tanto la mayoría de las características

anteriores debido a la sencillez que se requiere, distancia de audición, y también, a que el ancho de banda del sonido a reproducir se encuentra en baja frecuencia, 30 a 200 Hz; la mayoría de los circuitos de audio son capaces de reproducir con una amplificación grande o pequeña (según el tipo), los cuales pueden satisfacer los requerimientos pedidos.

El circuito que se utiliza tiene características ideales para todo proyecto, como lo son :

- 1.- Bajo costo.
- 2.- Tamaño pequeño.
- 3.- Potencia suficiente para amplificación.
- 4.- Alimentación mínima para su funcionamiento.
- 5.- Sencillez.

Se determinó utilizar el C.I. LM386 al investigar en el manual de LINEAR (NSM)<sup>1</sup>, los circuitos amplificadores de audio contenidos. Las propiedades de trabajo se encuentran en el apéndice A; el costo, facilidad de obtención y a la recomendación para su construcción completa que hace el fabricante son suficientes para su uso.

A continuación se describe en forma breve, la forma de trabajo del circuito para nuestro dispositivo.

### 3.1b TRABAJO Y FUNCION DEL CIRCUITO.

Para el funcionamiento del circuito reproductor de los latidos del corazón, se utiliza el C.I. LM386, que es un circuito amplificador de audio diseñado para consumo mínimo y ganancia variable entre 20 y 200, según la configuración de elementos externos que utilice.

---

NATIONAL SEMICONDUCTOR LINEAR 3 DATABOOK (1990) . .

Trabaja con una alimentación que fluctúa entre 4 y 12 Volts, o entre 5 y 18 Volts. Su reproducción de sonido se localiza en un rango que va de 20 Hz a 100k Hz.

Tiene baja distorsión y necesita pocos elementos pasivos, así como, un offset de 2.5 mVolts a la entrada y 50 mVolts a la salida, sin embargo, si se conectan resistencias menores a 10 K en su salida, puede disminuir aún más el nivel de offset.

Otra de las ventajas de este circuito es el hecho de no necesitar disipador de potencia, lo cual, ayuda a disminuir espacio y reduce el calentamiento.

Tiene la propiedad de trabajar con circuitos alimentados con batería, aunque en este caso no sea necesario.

En el siguiente esquema se muestra el circuito amplificador.

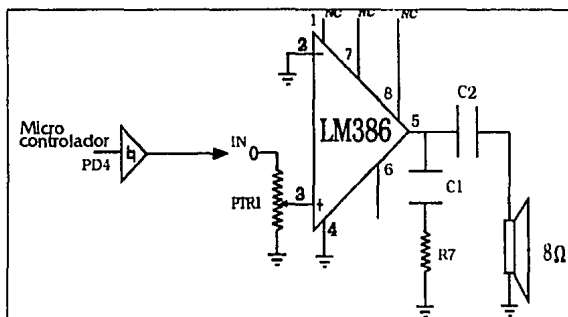


FIG. 3.1

La señal proveniente de la salida del puerto PD4 del Microcontrolador que envía pulsos de diferente frecuencia (dependiendo del rango elegido por el simulador), se conecta al Buffer<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Buffer: Véase capítulo V tema 5.3b.

Bfa (74Ls125) que funciona como selector<sup>3</sup>; y a la salida de este se conecta el potenciómetro PTR1 que conforma la entrada al circuito de audio en la terminal 3 del LM386.

Los pulsos generados pasan a través del divisor de voltaje de entrada que es el volumen del circuito amplificador y son reproducidos a la salida de este por la bocina (recomendada por el fabricante) que se utiliza para propagar los pulsos, y que es de 8 ohms y 2 Watts.

## CIRCUITO PULSADOR.

### 3.2a RASGOS GENERALES.

El circuito reproductor del pulso sanguíneo es el circuito más sencillo utilizado por el simulador, ya que cuenta con un solo relevador conectado a la salida del puerto D (PD4) del Microcontrolador a través del inversor I4, que produce un movimiento semejante a la sensación de circulación sanguínea al tacto.

Como se menciona en el capítulo I, la forma de tomar el pulso se realiza generalmente en las arterias de la muñeca, tomando esta por el lado anterior y presionando suavemente la yema del dedo pulgar o índice sobre la arteria más sobresaliente hasta percibir tal pulsación<sup>4</sup>.

En este caso el trabajo más importante vuelve a radicar en el Microcontrolador, ya que este determina la velocidad de pulsación. Para la reproducción del pulso se utiliza un sencillo

---

Véase Tema 3.3.

Véase Capítulo I, Tema 1.4-1.

relevador.

En el siguiente subtema se explica su funcionamiento.

### 3.2b REPRODUCCION DEL PULSO.

El circuito reproductor del pulso se muestra en la figura 3.2, y como se puede observar, consta de únicamente 2 elementos : un Inversor y un relevador.

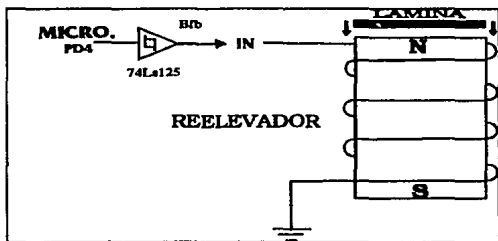


FIG. 3.2

La salida del puerto PD4 del Microcontrolador se conecta a través del B7b (del circuito 74LS125), este elemento se utiliza debido a la caída de tensión que existiría en el relevador si este se conectara directamente al puerto del Microcontrolador, además, sirve para mandar los pulsos con más amplitud, y así, el relevador tenga un mayor movimiento.

El pequeño relevador funciona con Vcc (5 Volts CD) y tiene una bobina con selenoide electromagnético que al ser alimentado con un pulso atrae una lámina delgada, la cual, produce el pequeño movimiento o ritmo de simulación.

Cabe mencionar que para realizar el diseño, se trata de producir un movimiento muy tenue

pero suficientemente sensible, para hacerlo lo más cercano a la realidad.

### 3.3 CIRCUITO SELECTOR.

El circuito selector se utiliza debido a que la frecuencia de los latidos del corazón y las pulsaciones coinciden, pudiéndose utilizar de esta manera una sola salida proveniente del Microcontrolador para ambos circuitos, pero seleccionada por un interruptor, el cual, envía la señal al circuito de pulsación ó al de simulación de latidos del corazón según la opción que se elija.

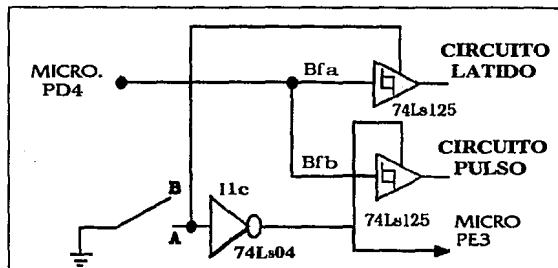


FIG. 3.3

En la figura arriba indicada se muestran dos buffers del C.I. 74LS125 (Bfa y Bfb), y un inversor del C.I. 74LS04 (I1c), los cuales conforman el circuito interruptor de selección de pulso.

El interruptor se conecta a la entrada de habilitación del buffer Bfa y a la entrada del inversor I1c cuya salida se conecta a la entrada de habilitación del buffer Bfb.

La salida del puerto PD4 del Microcontrolador se conecta a las entradas de los buffers Bfa y Bfb cuyas salidas se conectan al circuito de simulación de latidos, y circuito de

simulación de pulsos respectivamente.

Cuando el interruptor está en la posición 'B', se manda un "cero" lógico a la salida del inversor **I1c** (74Ls04) dando como resultado que el buffer **Bf1a** se habilite y los pulsos generados por el Microcontrolador salgan hacia el circuito de latidos del corazón, mientras que el buffer **Bf1b** queda deshabilitado, obteniéndose un estado de salida hacia el circuito de pulsación como alta impedancia.

Si el interruptor ocupa la posición "A" que genere un "uno" lógico a la salida del inversor **I1c** (74Ls04), el buffer **Bf1b** se activará, obteniéndose la salida de los pulsos provenientes del Microcontrolador hacia el circuito pulsador mientras que el buffer **Bf1a** queda deshabilitado, obteniéndose un estado de alta impedancia a la entrada del circuito de los latidos del corazón.

Además, la salida del inversor **I1c** se conecta también a la entrada del puerto E (PE3) del Microcontrolador para mandar una señal que le indique cual de las dos opciones es la que se va a reproducir y así mostrar en el display **D1** que opción es la que se lleva a cabo, por medio de una 'L' para latido y una 'P' para pulso.



# CAPITULO

# 4

## EL MOTOR DE PASOS O MOTOR PASO A PASO.

### 4.1a MODELO Y MOVIMIENTO.

Un motor de pasos puede ser comparado con una serie de electromagnetos o solenoides dispuestos en círculo como se muestra en la siguiente figura.

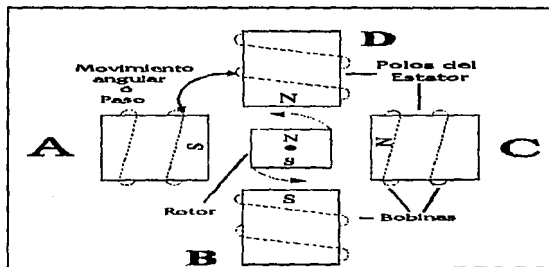


FIG. 4.1

Cuando se energizan los electromagnetos en forma secuencial, es decir, mediante el cambio sucesivo de la dirección de flujo de corriente o polaridad de cada polo del estator, como por ejemplo A, B, C, D, se produce una reacción en cada uno de estos con respecto al rotor, lo cual, da como resultado, el giro del motor en el sentido que se lleve la secuencia de energización

de los electromagnetos.

Tal como se ha definido, este motor es denominado de imán permanente, pero se puede sustituir el rotor de imán, por un simple rotor de hierro dulce que será atraído por los campos sucesivos de las bobinas. Es entonces cuando se tiene un motor paso a paso de reluctancia variable.

Aumentando el número de bobinas se reduce, en la misma proporción, el ángulo de cada paso, pero ello presenta un inconveniente.

Cada bobina utiliza solamente una parte del cobre de los arrollamientos, por lo que, para obtener el mismo par, se necesita un motor más grande.

Estos motores cuentan con un ángulo de paso que depende del tipo de motor, el cual, nos indica el desplazamiento angular al aplicarle un pulso (como se muestra en la figura anterior), que es generalmente determinado por el fabricante. Como se puede notar, el motor de pasos puede trabajar con la información digital (señales de pulsos), para traducirla en un movimiento mecánico proporcional utilizando directamente los impulsos de control, lo que evita el empleo de un sistema realimentado.

Algunas de las aplicaciones que podemos mencionar sobre el motor de pasos son :

- Tornos,
- Controladores de disco magnético,
- Impresoras,
- Máquinas de escribir,
- Graficadores,
- Control de flujo de combustibles, etc.

En todas ellas notamos que la característica del control de movimiento existe como algo en común. Algunas de las ventajas de este tipo de motores es que tienen un fácil posicionamiento, son confiables y precisos. A su vez existen diferentes tipos de motores por su construcción como :

- a) Motores de imán permanente.
- b) Motores de reluctancia variable.
- c) Motores Híbridos o mixtos.

Para su suministro de energía, requiere de una alimentación de CD por pulsos, conmutación, o algún switch; con lo que se consigue el movimiento de paso a paso efectuado por el motor. Los polos son fijos; su número es limitado, debido a las características de material magnético.

La velocidad de la secuencia de las bobinas del estator, determina la velocidad del campo rotatorio y a su vez determina la velocidad del rotor.

Es importante destacar este hecho, ya que, un motor de pasos no puede funcionar con una frecuencia muy elevada, es decir, el motor efectúa una serie de oscilaciones alrededor de su nueva posición de equilibrio antes de su detección definitiva a la espera del impulso siguiente y al aumentar la frecuencia estos fenómenos de oscilación se hacen molestos, por lo que habrá que modificar el modo de alimentación del motor, para reducir estas oscilaciones parásitas.

En segundo lugar, si alimentamos el motor a una frecuencia muy elevada, el segundo impulso podrá ser calculado para presentarse justo después del paso del rotor por su posición de equilibrio, lo que provoca un patinaje o una detención del motor y una posible alteración en la secuencia.

A su vez, el motor no puede ser parado bruscamente ni invertir su rotación en forma repentina, sino en una forma paulatina.

#### **4.1b ESTRUCTURA Y PROPIEDADES.**

Como se observa en la figura siguiente el estator está compuesto por electroimanes, los cuales, pueden tener uno o dos arrollamientos; según su método de fabricación, una terminal de

entrada y una de salida para los motores bipolares; y una terminal de entrada, otra de salida y una derivación central, para los motores unipolares.

Con un rotor de imán permanente como en el de la figura 4.1 se obtienen únicamente ángulos de pasos muy grandes, sin embargo, es posible obtener ángulos menores, con el empleo de estatores, como los mostrados en la figura 4.2.

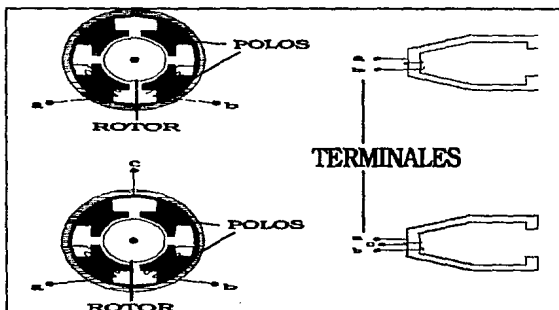


FIG. 4.2

El rotor lo forma un imán permanente cilíndrico con polos fijos norte y sur, el cual es excitado por los polos del estator. Existen algunos motores de los cuales comprenden entre  $1.8^\circ$  hasta  $15^\circ$  de ángulo por paso. Para el cálculo del valor de paso de este tipo de motor, se aplica la siguiente ecuación :

$$X = \frac{360}{f \times n}$$

donde :

$X$  = es el valor de paso, en grados.

$f$  = es el número de fases.

$n$  = es el número de dientes del rotor.

En motores de una fase, la secuencia de paso puede ser en orden ascendente o descendente por la sencillez de construcción de los polos, pero en motores de dos o más fases, la secuencia depende del orden de arrollamiento de los polos, por lo que puede no ser una secuencia sucesiva.

La forma de tomar el número de revoluciones por pulsos generados es, sacando el ángulo de fase y contando los pulsos para completar un giro, por ejemplo, en un motor de pasos de  $15^\circ$ , se necesitan 24 pulsos para completar una revolución, y el tiempo que se lleva en realizarla es función de la velocidad o la frecuencia con la que se generan los pulsos.

El campo fijo del rotor sigue al campo giratorio aparente, de acuerdo a la regla de atracción y repulsión de los polos magnéticos.

El ángulo de paso, depende de la relación entre el número de polos magnéticos en el estator, y el número de polos magnéticos en el rotor.

Como se observa, un motor de pasos trabaja con señales lógicas, por lo que se puede decir que es un tipo de motor muy recomendable para aplicaciones digitales.

Existen un par de inconvenientes en el motor de pasos, como el hecho de estar siempre polarizado, este girando o en reposo, y por lo tanto, consumir energía.

Además los cambios repentinos de polaridad pueden hacer que se atasque, o frecuencias muy altas, producen un cierto movimiento de patinaje, dando como resultado un cierto error de posicionamiento, por lo que se deben de tomar en cuenta los casos anteriores, para el uso requerido del motor.

Por otra parte, debido a la carencia de información acerca de los motores de pasos, y a que en el lugar donde se consiguen no dan información de características y fabricante, algunas de las propiedades del motor utilizado para el simulador, no se conocen exactamente, sin embargo, por medio de pruebas realizadas en laboratorio, se sacaron algunos valores característicos de operación y propiedades del motor que se dan a continuación:

$$X = 9^{\circ}$$

$$f = 4$$

$$n = 10$$

**X** = es el valor de paso, en grados.

**f** = es el número de fases.

**n** = es el número de dientes del rotor.

**20** pulsos para completar una revolución.

#### 4.1c FUNCIONAMIENTO.

El motor de pasos que utiliza el simulador, sirve para abrir y cerrar un diafragma mecánico, el cual, realiza la simulación de la reacción pupilar. El motor puede producir giros en ambas direcciones, y estos son controlados mediante pulsos provenientes del Microcontrolador, estos pulsos generan una polarización en forma sucesivamente ordenada resultando el giro continuo del motor.

Las características estáticas del motor son de polarización permanente del estator, debido a la alimentación y a partir del punto en que se localice, se mueve repentinamente en forma brusca, hasta llegar a su nueva posición.

Las características dinámicas del motor dependen de la carga, del rozamiento y la inercia. Para este caso la carga es casi nula, ya que la pieza a mover del diafragma es sumamente débil, por lo que no representa una variable a considerar. Por lo anterior, el rozamiento del motor es nulo y su composición es óptima. En el caso de la inercia, también es una variable no considerada ya que la frecuencia de trabajo es muy pequeña.

Con un programa contenido en el Microcontrolador, el cual se muestra en el capítulo VI, se elige cual síntoma simular y así escoger la velocidad y secuencia mediante 4 bits de salida del puerto D, provocan la polarización del motor, y utilizando una combinación de bits tal, que produzca un campo magnético rotatorio, ya sea, hacia la izquierda o hacia la derecha, se origina el cierre ó la abertura del diafragma respectivamente.

El orden de los bits producidos por el puerto D del Microcontrolador para las direcciones izquierda y derecha, se muestran en las siguientes tablas :

TABLA 4.1

BITD3	BITD2	BITD1	BITD0	HEXADECIMAL
1	1	0	1	D
1	1	1	0	E
1	0	1	1	B
0	1	1	1	7

Movimiento hacia la Izquierda

TABLA 4.2

BITD3	BITD2	BITD1	BITD0	HEXADECIMAL
1	1	1	0	E
1	1	0	1	D
0	1	1	1	7
1	0	1	1	B

Movimiento hacia la Derecha.

Como se observa en la última columna, se da el número en representación hexadecimal.

La velocidad con la que se produce el giro, depende de la elección del programa de ejecución que nos indica cual es la simulación a realizar, esta no es de un valor que represente exactamente una rapidez determinada, pero si produce una diferencia entre una velocidad baja o reacción lenta, y una velocidad alta o reacción normal.

#### **4.1d RAZON DE UTILIZACION DEL MOTOR DE PASOS.**

Los motores de paso pueden girar de forma continua con velocidad variable, ser sincronizados entre si y obedecer a secuencias complejas de funcionamiento.

El motivo de utilizar este tipo de motores en lugar de otros en el diseño, se da debido a las siguientes características, en donde se muestran sus ventajas y desventajas, así como una comparación al final con varios tipos de motor.

La forma de alimentación empleada por el motor, se conoce como bifásica con un rendimiento excelente y un calentamiento mínimo, pero un circuito de control más complejo.

#### **VENTAJAS.**

- 1.- Trabaja con pulsos (en este caso digitales).
- 2.- Tamaño reducido.
- 3.- Alimentación de 5 Volts de CD.
- 4.- Es preciso.
- 5.- Fácil posicionamiento.
- 6.- Silencioso.
- 7.- Sencillo manejo.



**DESVENTAJAS.**

- 1.- Consumo constante de energía.
- 2.- Se patina con cambios repentinos de polaridad.
- 3.- Costo relativamente elevado.

No era muy aconsejable utilizar un motor de CA ya que todos los circuitos son digitales y se hubiera requerido de algunos elementos de interconexión adicionales. No se tendría control directo, pues se necesitarían más circuitos, y no son precisos, ni silenciosos.

Un motor de CD tampoco serviría por su falta de precisión, difícil control directo, y necesidad de más circuitos.

**CIRCUITO DE POTENCIA.****4.2 JUSTIFICACION Y FUNCIONAMIENTO.**

A pesar del pequeño valor de voltaje de alimentación requerido por el motor de pasos, como casi todos los motores eléctricos, consume bastante corriente (300 mA aproximadamente), que es necesaria para alimentar todos sus devanados y realizar un movimiento mecánico, sin embargo, debido a que la mayoría de los circuitos que se emplean en el dispositivo simulador consumen muy poca corriente (40 mA cuando mucho), comparada con la que absorbe el motor,

causa que los pulsos que genera el Microcontrolador no sean suficientes para polarizar los polos, o sean muy débiles para provocar el campo de giro en el motor.

Por esta razón, una etapa amplificadora o de potencia es necesaria para proporcionar la corriente requerida para que los pulsos puedan producir un campo giratorio en el motor.

El elemento que conforma esta etapa está constituido por un C.I. de colector abierto<sup>1</sup> (74Ls06), el cual, es un circuito muy simple y de reducido tamaño que ofrece la corriente necesaria al motor para su movimiento por medio de la alimentación V+ (5 Volts) a través de las resistencias de salida.

Este circuito está conformado por resistencias de alimentación a la salida del circuito AMP1, cuyas características se encuentran en el apéndice B. El siguiente diagrama nos muestra la composición del circuito, sus salidas y conexiones.

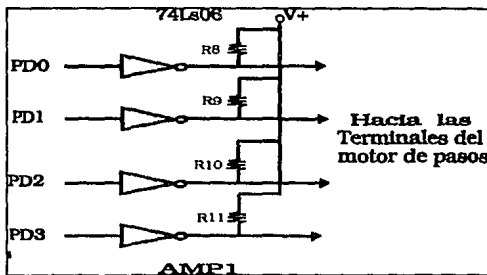


FIG. 4.3

Las salidas que producen los pulsos secuenciales del puerto D (PDO, PD1, PD2, PD3) del Microcontrolador, se conectan al circuito AMP1 (74Ls06), para invertir sus valores debido a la forma de polarización requerida por el motor, como se vio en el tema 4.1c y se conectan las

salidas alimentando directamente al motor originando el giro para la dirección determinada por el programa de control del Microcontrolador.

# CAPITULO

# 5

## CIRCUITOS

## DIGITALES

### INTRODUCCION

El modo en el que se despliegan los datos de selección e información de la simulación, se lleva a cabo por medio de números, los cuales, para ser mostrados en forma secuencial requieren de circuitos digitales que produzcan como resultado esta forma de presentación.

Los circuitos utilizados para este fin son circuitos TTL, que representan un costo pequeño tanto de energía como en el aspecto económico además de ser muy conocidos y utilizados.

Los circuitos integrados empleados son contadores, que trabajan realizando un conteo de forma decimal, hexadecimal, o utilizando un código de funcionamiento basado en sistemas binarios.

Los circuitos inversores y buffers (descritos en el presente capítulo), son manejados en materias y laboratorios de la carrera, por lo que su familiaridad también representa una ventaja al trabajar con ellos, en los siguientes capítulos se proporciona la información general adecuada para el trabajo específico que se realiza.

El circuito que efectúa la tarea más importante en el simulador se explica en el capítulo siguiente, sin embargo, debido a la utilización de componentes digitales de tipo MOS<sup>1</sup>, se pensó

---

MOS: Circuitos de Metal-Oxide Semiconductor.

aprovechar este capítulo para describir sus propiedades y características propias de los circuitos de este tipo, su funcionamiento y la comparación con los circuitos digitales TTL.

Por otro lado es importante el mencionar la utilización de un circuito muy utilizado en electrónica como lo es el Timer NE555 que lleva a cabo la selección de conteo utilizada para uno de los displays que se conectan a un selector o interruptor, el cual realiza la función para seleccionar las diferentes opciones de latido y pulsación.

Este timer es un circuito integrado que combina la función analógica de las señales recibidas a través de dos amplificadores operacionales cuyas señales se conectan a un Flip-Flop que produce una señal pulsante a su salida (todo esto internamente), la cual se conecta a los circuitos TTL anteriormente citados y es por este motivo por el que se describe su trabajo y sus características propias en este capítulo.

## SISTEMAS Y CODIGOS

### 5.1a SISTEMA BINARIO.

El sistema numérico binario, cuenta con solamente dos símbolos o posibles valores digitales (0 y 1), sin embargo, es un sistema posicional donde cada dígito binario (bit), tiene un cierto valor, basado en su posición relativa al bit significativo al que se refiere y de esta manera representar cualquier cantidad que se quiera. La utilización de un sistema binario, es indispensable, debido a que en electrónica, existen dos valores posibles de conseguir con facilidad.

Cualquier dígito binario, puede convertirse a su equivalente decimal, y viceversa. El problema de la utilización de este tipo de numeración, es la excesiva longitud de datos necesarios para denotar un número relativamente grande, por ejemplo :

$$25_{10} = 11001_2$$

número decimal = número binario

### 5.1b SISTEMA BCD.

Cuando números, letras o palabras se representan por medio de un grupo especial de símbolos, este proceso se denomina codificación; y al grupo de símbolos se le llama código.

Si cada dígito de un número decimal se representa con su equivalente binario, esto

produce un código llamado decimal codificado en binario (BCD). Ya que un dígito decimal puede ser tan grande como un 9, se necesitan 4 bits para codificar cada dígito, como se muestra en el siguiente ejemplo :

8    7    4    (decimal)  
1000 0111 0100 (BCD)

Es importante entender, que el BCD no es otro sistema numérico como el binario, y además debemos diferenciar que un número en código BCD, no es el mismo que en binario, como se muestra a continuación :

$137_{10} = 10001001_2$  (binario)  
 $137_{10} = 0001\ 0011\ 0111$  (BCD)

### 5.1c SISTEMA HEXADECIMAL.

El sistema hexadecimal, emplea la base 16. De esta forma, tiene 16 símbolos digitales, debido a que utiliza los números del 0 al 9, y las letras A, B, C, D, E, F, como los símbolos que completan dicha numeración.

Una de las propiedades de este tipo de numeración, es la de formar un número hexadecimal, con cuatro dígitos binarios y la conversión entre ambos tipos de numeración es sencilla, ya que como se muestra en el siguiente ejemplo, ayuda a reducir la longitud del número binario :

$101110100110_2 = 1011\ 1010\ 0110$   
B    A    6<sub>16</sub>

## FAMILIAS LOGICAS

## 5.2a LA FAMILIA TTL.

Esta familia cuyas siglas son TTL (lógica de transistor transistor) actualmente disfruta de un extenso uso en aplicaciones que requieren dispositivos de SSI<sup>2</sup> y MSI<sup>3</sup>. El circuito básico TTL es la compuerta NAND.

Su diagrama de circuito detallado se muestra en la figura 5.1.

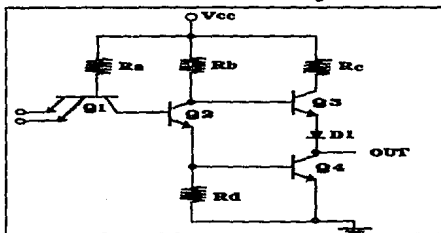


FIG. 5.1

La entrada de cualquier circuito TTL será el emisor de un transistor NPN o bien, el cátodo de un diodo.

En el año de 1964 la compañía Texas Instruments presentó la primera línea estándar de circuitos TTL.

La serie 74XX/54XX como se le conoce, ha sido una de las familias lógicas de circuitos

---

SSI: Small Scale Integrated (C.I. de pequeña escala)

MSI: Medium Scale Integrated (C.I. de mediana escala)



integrados más ampliamente utilizada, y nos referiremos a ella como 74XX, ya que la diferencia es que la serie 54XX es para uso militar.

En la siguiente tabla encontramos los valores de voltaje manejados por este tipo de circuitos.

	Mínimo	Normal	Máximo
$V_{OL}$	-	0.2	0.4
$V_{OH}$	2.4	3.6	-
$V_L$	-	-	0.8
$V_H$	2.0	-	-

**TABLA 5.1**

Esta familia ofrece circuitos integrados con una combinación de velocidad y disipación de energía, adecuada a muchas aplicaciones, y con alguna variación en sus siglas, proporcionan algunas características adicionales como se explica a continuación.

### **5.2\*1 TTL DE BAJA ENERGIA (74LXX).**

En esencia, tienen el mismo circuito básico, excepto que todos los valores de las resistencias se incrementan, lo cual produce menores requisitos de energía, aunque el tiempo de propagación aumenta.

**5.2a-2 TTL DE ALTA VELOCIDAD (74HXX).**

También cuenta con el circuito básico TTL a excepción de que emplea valores menores de resistencia y el transistor emisor seguidor es reemplazado por un par Darlington. Estas diferencias producen una velocidad mayor, pero, aumentan el consumo de energía.

**5.2a-3 TTL DE SCHOTTKY (74SXX).**

Este tipo de serie utiliza una barrera de Schottky entre la base y el colector de cada transistor, reduciendo la demora entre el cambio de saturación del transistor, además de reducir los valores de las resistencias y utilizar un par Darlington como la serie anterior, lo cual produce una muy alta velocidad de respuesta.

**5.2a-4 TTL SCHOTTKY DE BAJA POTENCIA (74LSXX).**

Esta serie, utiliza valores de schottky limitados en la barrera, y resistencias mayores, reduciendo el consumo de energía. De ésta manera, esta serie se convierte en el soporte principal de la familia TTL y se encuentra en casi todos los diseños nuevos.

**5.2a-5 OTRAS CARACTERISTICAS.**

Cualquier entrada de un circuito TTL que se deja desconectada, actúa exactamente como

un "uno" lógico aplicado a su entrada. debido a que la unión con base-emisor en la entrada. no será polarizada en sentido directo. Este tipo de entradas recibe el nombre de flotante.

Existen algunos circuitos conocidos como circuitos de "colector abierto", los cuales necesitan para trabajar y polarizar su compuerta de salida de una resistencia con un voltaje externo que varía entre 5 a 30 Volts.

Este tipo de circuitos se utilizan. cuando la demanda de corriente es relativamente grande (60 mA en adelante) y cuando se utiliza un voltaje mayor a 5 Volts.

### 5.2h LA FAMILIA MOS.

La tecnología MOS (semiconductor de óxido metálico) deriva su nombre de la estructura básica de un electrodo metálico. montado en un aislador de óxido. sobre una base semiconductor. Las ventajas de esta familia son :

Relativamente simples y poco costosas de fabricar. pequeñas y de consumo bajo de energía.

Las desventajas son :

Su relativa lentitud, aunque en muchas ocasiones no es una propiedad muy preponderante.

#### 5.2h-1 EL MOSFET.

A diferencia de la familia TTL, el transistor utilizado es un FET (transistor de efecto de campo) que trabaja a base de canales "P" ó "N". con una alta resistencia de inversa entre compuerta y canal. Los circuitos MOSFET se dividen en tres categorías :

P-MOS, N-MOS, y CMOS ó MOS complementaria.

### 5.2b-2 LOGICA CMOS.

Utiliza la lógica de P-MOS y N-MOS al mismo tiempo, volviéndola mas rápida y de menor consumo de energía que otras familias.

Debido a las propiedades de alta resistencia, el circuito funciona como un inversor, puesto que a una entrada baja produce una señal alta, y a una entrada alta se produce una señal baja.

La primera serie fue producida por la compañía RCA utilizando la numeración 4000, pero posteriormente la compañía MOTOROLA, comenzó a fabricar este tipo de circuitos agregando las siglas MC1400 a sus circuitos.

El voltaje de alimentación a diferencia de otras familias, varia entre el rango de 3 a 15 Volts, y a diferencia de las entradas TTL, las entradas CMOS nunca deben dejarse desconectadas y se deben polarizar siempre a "uno" ó a "cero" lógico.

### 5.2b-3 CARACTERISTICAS ADICIONALES.

La resistencia alta a las entradas de un circuito CMOS lo hace propenso a una acumulación progresiva de cargas estáticas, que pueden producir voltajes suficientes para romper el aislamiento dieléctrico, por lo cual, requieren de un manejo cuidadoso y de un almacenamiento en metal.

## CIRCUITOS DE ACOPLAMIENTO

## 5.3a CIRCUITO INVERSOR.

Este circuito siempre tiene una sola entrada, y su nivel lógico de salida, es siempre contrario al nivel lógico de entrada.

El C.I. utilizado en el dispositivo simulador es el 74Ls04 y sus características se dan en el apéndice B. En la siguiente figura se muestra su símbolo lógico y algebraico.

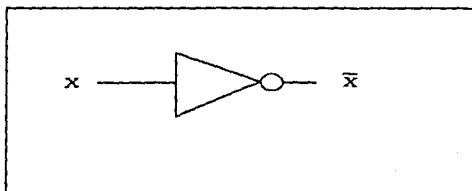


FIG. 5.2

## 5.3b EL CIRCUITO BUFFER.

En este tipo de elementos se deja pasar una señal hacia la salida, tal y como entra, sólo que mediante una señal extra que sirve como habilitador (E), se escoge si se utiliza el paso en una dirección específica, o se pone un estado de alta impedancia en su salida.

Una señal de transición lenta puede ser acentuada pasándola a través de un circuito

Schmitt de disparo (*Schmitt Trigger*). Un circuito Schmitt de disparo produce transiciones de salida muy rápidas independientemente de los tiempos de transición de entrada. Este circuito responde confiablemente a señales de cambio lento y en caso contrario no lo hará. Nótese el símbolo característico de este tipo de circuitos dentro del dibujo representativo. A continuación se muestra el símbolo de este elemento.

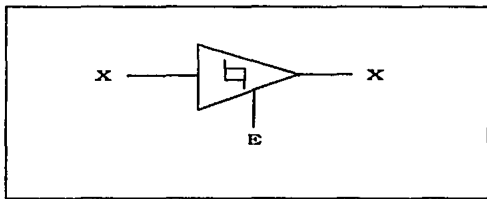


FIG. 5.3

El C.I. que se utiliza en nuestro simulador es el 74125 y sus características están contenidas en el apéndice B.

### 5.3c CONTADORES BCD.

El contador BCD, se conoce también, como contador de decenas. De hecho cualquier contador que tiene diez estados diferentes, independientemente de la secuencia, es un contador de decenas.

El contador se denomina BCD, puesto que cuenta una sucesión entre 0000 (cero) a 1001 (nueve, decimal), puesto que utiliza los grupos de coligo 0000, 0001, 0010.....1001.

Los contadores de tipo BCD se utilizan ampliamente en aplicaciones donde las pulsaciones o sucesos se conectan y los resultados se exhiben en algún tipo de visualización numérica

decimal.

Un circuito contador es el 74Ls93 que es un contador binario de 4 Bits (BCD1), cuyas propiedades se encuentran en el apéndice B.

Este contador produce una secuencia sucesiva ordenada del cero al 15 binario, sin embargo, solo se utiliza el conteo del cero al 9 binario, ya que es el rango establecido para realizar la simulación y para inicializar nuevamente el conteo se utiliza una compuerta AND que reestablece al circuito contador cuyas salidas se utilizan para activar un circuito decodificador BCD a 7 segmentos que despliega un dato como se estudia en el tema 5.4.

### 5.3d DECODIFICADORES DE BCD A 7 SEGMENTOS.

Muchas exhibiciones numéricas utilizan una configuración de 7 segmentos<sup>4</sup> para producir caracteres decimales entre 0-9 y algunas ocasiones caracteres alfanuméricos A-F.

Cada segmento esta construido de un material que emite luz cuando se polariza en sentido directo, como se explicó en el capítulo II.

Se utiliza un decodificador y conductor de BCD a 7 Segmentos para tomar una entrada BCD de 4 bits (circuito BCD1) y dar las salidas que polarizarán a través de los segmentos indicados y exhibir un caracter en forma decimal.

La lógica de este decodificador produce una salida para cada combinación de entrada. El circuito que realiza esta tarea es el 74Ls48 (DEC1). Las propiedades de este circuito se hallan en el apéndice B.

---

Como se vio en el capítulo II.

## CIRCUITO SELECTOR.

## 5.4a TIMER (NE555).

El circuito Timer NE555 empleado para enviar un pulso para seleccionar el número deseado para la simulación de latido y pulsación, es un C.I. monolítico timer capaz de reproducir retardos de tiempo u oscilaciones y puede ser una fuente compatible con circuitos TTL.

Tiene dos formas de trabajo que son :

- a) Monoestable y
- b) Astable.

Cuando trabaja en forma de monoestable el control del intervalo de tiempo de interrupción, se maneja a través de los valores que toman dos elementos (un capacitor y un resistor) externos.

En su configuración de Astable, la frecuencia y el ciclo de operación se controla mediante 2 resistencias para la frecuencia y un capacitor para el ciclo.

En el apéndice A, se encuentran sus propiedades.

En el circuito siguiente (figura 5.4) se muestra el NE555 y se explica su funcionamiento.

Los niveles de **THRESHOLD** y **TRIGGER**, son dos terceras partes y un tercio respectivamente de Vcc.

Estos niveles pueden cambiar mediante el uso de la terminal **5** (terminal voltaje).

Cuando la entrada de **TRIGGER** esta debajo del nivel de este, el **Flip-Flop** se activa en **SET** y la salida resultante en "alto", cuando la entrada de **THRESHOLD** fluctúa su nivel,



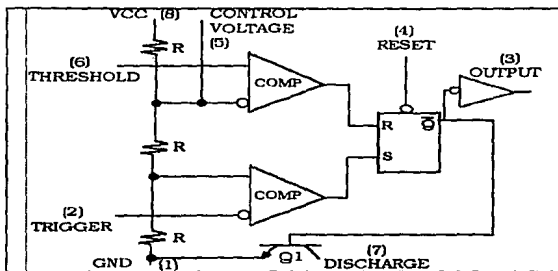


FIG. 5.4

se activa en Reset y la salida se obtiene en "bajo".

El **RESET** propio del circuito puede reiniciar un nuevo ciclo al activarse en un nivel "bajo".

La operación del circuito funciona con una alimentación de **5** hasta **15** volts. Para su operación en forma de Monoestable puede conectarse como en la figura 5.5a.

En esta forma una vez inicializado el funcionamiento, la entrada de voltaje de Trigger cae por debajo del valor de Threshold y se completa la secuencia hasta que el valor de Trigger es "alto", el cual depende de los valores del capacitor y la resistencia, y aplicando un pulso de disparo negativo simultáneamente en las terminales Trigger y Reset, durante un intervalo (algunos mseg.), se originará una descarga del capacitor reiniciando así un nuevo ciclo.

#### 5.4b INTERRUPTOR (SWITCH).

Es prácticamente imposible el obtener una sola transición de voltaje a partir de un interruptor mecánico debido al fenómeno de rebote de contacto.

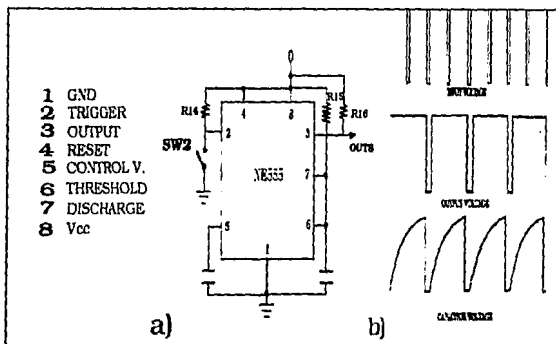


FIG. 5.5

Esto se entiende con la figura 5.6, donde el cierre del interruptor produce varias transiciones de voltaje entre 0 y 5 Volts, cuando los contactos del interruptor vibran entre abiertos y cerrados antes de quedar finalmente en el estado cerrado.

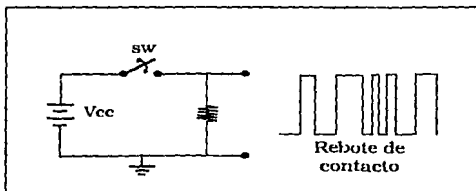


FIG. 5.6

La duración de este rebote, es por lo general sólo de un par de milisegundos o menos, según el tipo de interruptor.

Las múltiples transiciones de la señal de salida, pueden no aceptarse en muchas aplicaciones, de modo que tienen que emplearse algunos medios externos para normalizar el interruptor (como el circuito timer anteriormente explicado).

#### 5.4b-1 ELEMENTOS DEL CIRCUITO.

El circuito selector trabaja mediante un botón interruptor o seleccionador de opción, que activa algunos circuitos digitales que producen un cambio sucesivo en un display de 7 segmentos<sup>3</sup>, comenzando desde "0" y terminando en "9", el cual se utiliza para escoger el tipo de simulación a realizar.

Como se analizó en el tema anterior, un interruptor o botón de resorte genera un tren de pulsos que provoca un cambio de la misma forma en los circuitos digitales utilizados para desplegar los datos (contador BCD y Decodificador BCD a 7 segmentos), provocando el despliegue discontinuo por falta de estabilidad en los circuitos.

Como se estudió en el tema 5.4a mediante el uso del timer 555 se puede tener un pulso estable a partir del bloque anormal de pulsos proveniente del selector.

El circuito sirve para proporcionar un pulso normal, como producto de una señal de entrada en forma de un tren de pulsos anormales (proveniente del botón), como se muestra en la figura 5.5b, la cual genera un pulso de reloj que activa el circuito contador BCD (74Ls393) y que da como resultado un conteo en forma sucesiva, el cual, es la entrada del circuito decodificador BCD a 7 segmentos (74Ls48).

Debido a que la salida del circuito BCD a 7 segmentos es de ceros y el circuito

---

Ver capítulo II.

display es de cátodo común, es necesario el uso de un circuito inversor a las salidas que origine el despliegue correcto de datos, por lo que mediante un circuito 74LS244 se consigue este fin como se puede apreciar en el diagrama 5.7 del circuito selector mostrado.

A su vez, debido a la utilización de un circuito BCD de 4 bits (el cual cuenta de 0 a 16), es necesaria una compuerta AND que se habilite una vez que el conteo llega a "10" y que produce una señal de restablecimiento produciendo un nuevo conteo.

Por otra parte, la salida del circuito BCD también se conecta al puerto C del Microcontrolador, el cual proporciona el número seleccionado para la simulación.

#### **5.4b-2 FORMA DE TRABAJO.**

El botón selector (SW2), conectado entre la terminal 2 del TM1 y tierra, se encarga de mandar un pulso "bajo" a la terminal 1 del circuito contador (BCD1), la cual activa el pulso de reloj de este circuito y produce un incremento sucesivo que da como resultado una secuencia de entrada al circuito decodificador a 7 segmentos (DEC1), el cual, genera las salidas que se conectan a través del inversor y las resistencias limitadoras de corriente, que causan el despliegue de un dato en el display.

La utilización del circuito timer (TM1) es para obtener un único pulso como se estudió en el tema 5.4a. y se encarga de que sólo se incremente, de uno en uno, cada vez que el botón

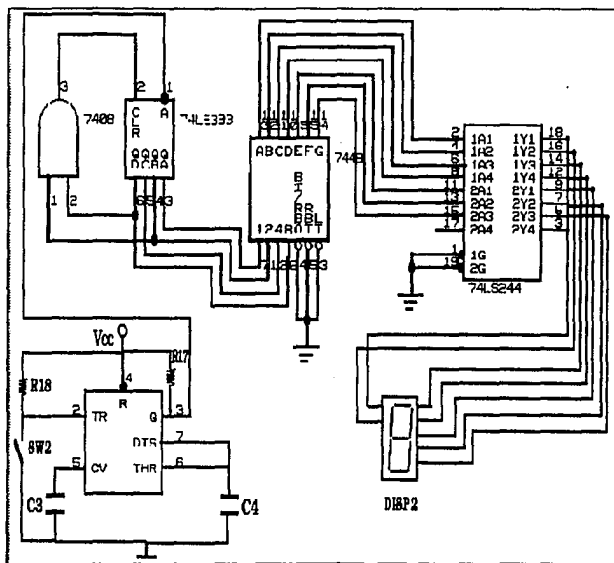


FIG. 5.7

# CAPITULO 6

## EL MICROCONTROLADOR

### MC68HC11E9

#### INTRODUCCION.

El Microcontrolador **MC68HC11E9** es un circuito integrado de 8 bits y 52 pines empacado en forma de "conductor plástico de soporte para chip" (PLCC) y con un bus de 2 MHz de velocidad.

Está fabricado con tecnología de semiconductor de alta densidad complementaria de oxido-metal (HCMOS), en donde las nuevas técnicas de diseño combinadas con el tamaño tan pequeño que presenta, proporcionan propiedades de bajo consumo, respuesta a altas velocidades y gran inmunidad al ruido.

Este MCU<sup>1</sup> incluye una memoria de sólo lectura (ROM<sup>2</sup>) de 12k bytes, una memoria eléctricamente borrable programable (EEPROM) de 512 bytes, y 512 bytes de memoria de acceso aleatorio (RAM<sup>3</sup>). Dentro de un amplio rango de funciones periféricas que posee el Microcontrolador, incluye también un convertidor analógico-digital (A/D) de 8 canales, una interface serial de comunicaciones (SCI) y una interface serial periférica (SPI).

---

**MCU** : Unidad de Microcontrolador

**ROM** : Read Only Memory

**RAM** : Random Access Memory

Posee interrupciones en tiempo real, 1 línea de comparación y 4 líneas de captura de entrada. Un circuito de monitoreo o cálculo de funcionamiento correcto (COP) incluido dentro del chip, actúa proporcionando un sistema de protección contra fallas de software, restablecimiento de reloj en caso de pérdida o corrida lenta y detección de código ilegal.

Posee además 91 instrucciones en código, 2 acumuladores de 8 bits (A y B) y 1 acumulador de 16 bits (D). Dentro de sus instrucciones existen 12 de manipulación que pueden operar en cualquier localidad de memoria y cuenta también con dos registros de índice (IX e IY).

En el diagrama de la figura 6.1 se muestran las características arriba mencionadas y aunque algunas de ellas se pierden al usar el circuito en forma expandida (combinado con otros circuitos), la tarjeta utilizada cuenta con un C.I. MC68HC68 que le proporciona nuevamente las características propias del MCU en forma normal.

En el apéndice C. se encuentra la asignación de las terminales, diagramas de tiempos y las propiedades del MC68HC11E9.

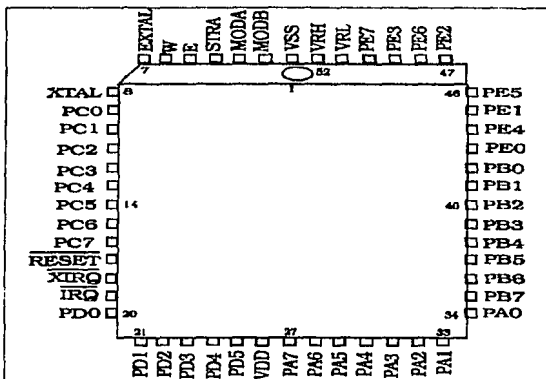


FIG. 6.1

## UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU)

### 6.1 MODELO PARA PROGRAMADORES.

Los registros son parte integral del CPU y no pueden ser direccionados como localidades de memoria. A continuación en la siguiente figura se muestra el esquema del modelo de programación, y se describe posteriormente, cada uno de los registros.

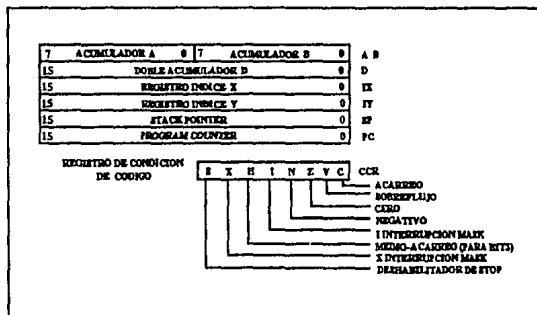


FIG. 6.2

#### 6.1a ACUMULADORES.

Los acumuladores A y B de 8 bits son de propósito general y se utilizan como operandos,



resultados y también en cálculos aritméticos y manipulaciones de datos. Existen algunas operaciones de 16 bits que pueden manejarse con el doble acumulador **D** contenido también dentro del **CPU**. Los acumuladores pueden operar a registros de 16 bits como **IX** e **IY** pero lo contrario no puede ser posible, a menos de que se trate del doble acumulador **D**.

Aunque son muy similares las instrucciones para cada uno de ellos, existen algunas instrucciones contenidas en las notas del "modelo de programación para usuario"<sup>4</sup>, proporcionado por el fabricante, en donde encontramos instrucciones que sólo son aplicables en una sola dirección, sobretodo, para el acumulador **A**.

#### **6.1b REGISTROS DE INDICE (IX,IY).**

Los registros índice de 16 bits son usados para el modo de indexación. Estos dividen sus datos en dos grupos de 8 bits, los cuales separan parte de la instrucción; por este motivo se debe tomar en cuenta que el código es más largo y los ciclos de ejecución son más tardados también.

Se utilizan especialmente como registros de movimiento y en manejo de tablas de cálculo, separadas entre otras aplicaciones como cargar datos en el doble acumulador.

#### **6.1c STACK POINTER (SP).**

El **CPU** cuenta con una pila<sup>5</sup>(**STACK**) localizada en cualquiera de los **64K** de espacio de

dirección, la cual puede ser tan grande como la memoria lo permita.

Normalmente el Stack es inicializado con una o muchas instrucciones de aplicación dependiendo del programa a realizar.

Cada vez que en el Stack se almacena un byte, se decrementa automáticamente creando un nuevo espacio, y en cada ocasión que se saca un byte del Stack se incrementa automáticamente también ocupando el espacio que se dejó libre.

El Stack se utiliza generalmente para llamadas a subrutinas, interrupciones y almacenamiento temporal de datos. Su funcionamiento y la forma en que lo lleva a cabo serán explicados en el capítulo de interrupciones más adelante.

Por otra parte cabe mencionar que lo más importante del Stack es que trabaja automáticamente y en forma transparente al usuario, y es por ello, que se debe tener especial cuidado con el espacio disponible en memoria RAM utilizada por este.

#### **6.1d CONTADOR DE PROGRAMA (PC).**

El contador de programa es un registro de 16 bits que toma la dirección de la siguiente instrucción a ser ejecutada.

#### **6.1e REGISTRO DE CONDICION DE CODIGO (CCR).**

Este registro contiene 5 estados indicadores, dos bits de interrupción y un bit deshabilitador de STOP.

Las 5 banderas de estado son el resultado de operaciones aritméticas y de otro tipo que presenta el CPU y las cuales son:

Half carry (H), negativo (N), cero (Z),

sobreflujo (V), y acarrea/pedir prestado (C).

Los dos bits de interrupción son **X e I**, los cuales habilitan o deshabilitan la posibilidad de interrupción del CPU.

## **6.2 MODOS DE DIRECCIONAMIENTO.**

### **6.2a MODOS DE DIRECCIONAMIENTO INMEDIATO (IMM).**

En este tipo de direccionamiento, el tamaño es guardado dentro de un byte inmediatamente siguiendo la instrucción en la cual el número de byte es el mismo que el número escrito. Las direcciones están compuestas por uno, dos, tres o cuatro bytes.

Para esta aplicación es necesario el uso del símbolo "#" antepuesto al número en hexadecimal y el código implícitamente asume la instrucción.

### **6.2b MODO EXTENDIDO (EXT).**

Si se utiliza este método la dirección efectiva aparece explícitamente en los dos bytes siguientes al símbolo "\$", en donde, como el anterior modo, puede ser formado por dos, tres o cuatro bytes cuidando especialmente la forma de escribir el byte, sobre todo, al utilizar los registros de 16 bits, ya que se forma por una parte alta (más significativa), y una parte baja (menos significativa).

### 6.2c MODO DIRECTO (DIR).

En este modo el byte menos significativo de la dirección efectiva de la instrucción aparece siguiendo el código de operación y si el byte más significativo no aparece, se asume el valor de \$00.

Las desventajas de este tipo de direccionamiento son el hecho de que en valores de dos bytes la instrucción se realiza con dos bytes, pero en direccionamiento de cuatro bytes el código aumenta y el consumo de memoria también.

### 6.2d MODO INDEXADO (INDX,INDY).

El modo de direccionamiento indexado con cualquiera de los dos registros **IX** e **IY** que se trabaja, se usa para cálculos de direcciones efectivos, y en este caso varían respecto al contenido de estos registros.

Este direccionamiento puede ser usado dentro de los **64K** de direcciones disponibles.

Por otro lado, una desventaja que se presenta, es que la manipulación de instrucciones soporta el modo de indexado directo pero no extendido y en forma similar a el modo anterior si aparece esta forma de direccionamiento, encontramos que es más largo su código de operación y el espacio consumido en memoria.

### 6.2e MODO INHERENTE (INH).

Cualquiera de las instrucciones necesarias del CPU son inherentemente conocidas, esto

significa, que muchas instrucciones utilizadas por uno o más registros, tales como operandos: originan algún cambio en otro operador como en el caso de la operación de adición entre acumuladores, el cual modifica al acumulador A, como resultado.

Para este proceso observaremos que las direcciones son modificadas como resultado de alguna operación.

A esta forma de direccionamiento se le conoce como inherente.

#### **6.2f MODO RELATIVO (REL).**

Este tipo de direccionamiento es utilizado cuando existe un "salto" a subrutina debido a una instrucción de comparación (Branch), y sólo existen entre el rango de -128 a +128 bytes respecto a la instrucción de comparación.

Si el Branch resulta negativo, el direccionamiento se efectúa en la dirección inmediata a este. Si existe este tipo de direccionamiento, se puede llevar a cabo tantas veces como se desee en el programa, hasta que exista un resultado falso.

**NOTA :** El conjunto de instrucciones junto con modo de operación, se encuentran en el apéndice dedicado al MCU.

## PINES DE CONEXION Y SALIDAS

6.3a VOLTAJE DE ALIMENTACION ( $V_{DD}$  y  $V_{SS}$ ).

Como se muestra en la figura 6.3, el MCU tiene alimentación por medio de un voltaje aplicado en el pin marcado con  $V_{DD}$  de únicamente 5 Volts de CD y el pin  $V_{SS}$  se conecta a tierra.

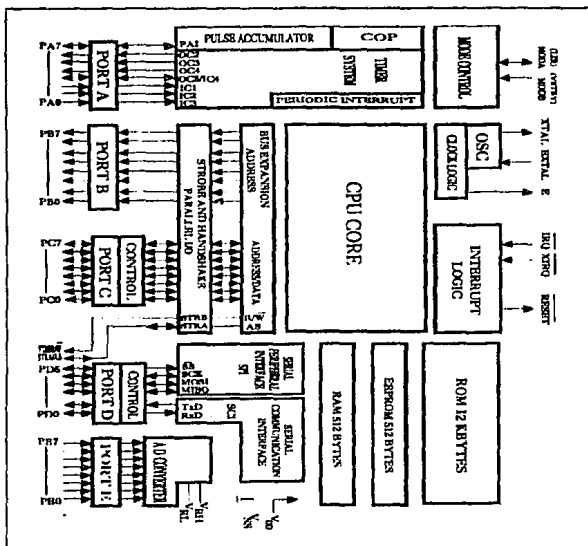


FIG. 6.3

Para algunas aplicaciones pueden existir valores de voltaje de suministro o de comparación dependiendo de la utilización y función realizada por el MCU en algunos pines, pero éstos siempre deben encontrarse en los 5 Volts +/- 10%

Por otra parte aún y cuando el MCU opere con un reloj "lento" (en comparación con algunos circuitos y microprocesadores actuales) existen señales de transición entre los pines de función de puertos, que pueden ser afectados por la calidad de la alimentación, por lo que se debe tener especial cuidado en el rizo del suministro de voltaje.

### 6.3b MODO DE SELECCION (MODB/V<sub>STBY</sub> Y MODA/LIR).

El MCU presenta dos modos de selección los cuales proporcionan la forma en la que se ejecutan los programas o instrucciones y la forma de reestablecimiento (RESET).

El modo B, se mantiene en Standby<sup>6</sup> una vez que el pin de alimentación manda una señal manteniendo a la RAM alimentada junto con el pin de V<sub>DD</sub> aún y cuando no opere en forma adecuada.

El modo A selecciona la forma de operación del MCU mientras se efectua el reestablecimiento (RESET) y opera como una señal de diagnóstico de salida mientras el MCU realiza las instrucciones de ejecución.

Estos dos bits de control, verdaderamente controlan los demás circuitos que envuelve el hardware.

El modo A selecciona entre la forma simple o expandida del CHIP<sup>7</sup> y el modo B selecciona entre la forma normal y variación especial.

---

Standby : Estado de espera.

CHIP : Circuito Integrado.

En la tabla siguiente se dan las combinaciones posibles de estos modos.

Inputs		Mode Description
MODE	MODA	
1	0	Normal Single Chip
1	1	Normal Expanded
0	0	Special Bootstrap
0	1	Special Test

FIG. 6.4

### 6.3c RELOJ Y OSCILADOR (EXTAL, XTAL Y E).

Los pines que van conectados al oscilador y al reloj trabajan con un cristal externo y la frecuencia aplicada a estos pines es cuatro veces más alta que la deseada en el bus de frecuencia E.

El pulso de reloj E proporciona las señales de tiempo para referencia al MCU, cuando E está en un nivel bajo un proceso interno ocurre y cuando E está en un nivel alto un dato está siendo direccionado.

En la figura 6.5 se muestra el circuito de reloj utilizado por la tarjeta del MCU.

La resistencia entre capacitores funciona para eliminar interferencia por radiofrecuencia generada y ayuda a la disminución de ruido.

El valor exacto de los elementos depende de su fabricación, pero estos deben encontrarse dentro del siguiente rango :

$$R_f = 1 \text{ M} - 20 \text{ M}$$



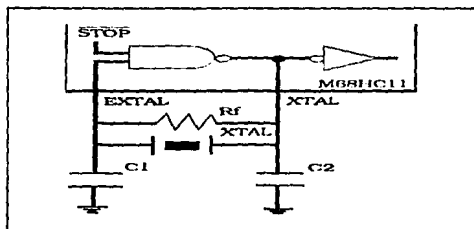


FIG. 6.5

$C1 = 5 \text{ pf}-25 \text{ pf}$

$C2 = 5 \text{ pf}-25 \text{ pf}$

Cabe mencionar que por pruebas realizadas por el fabricante; la velocidad a la que trabaja el MCU es ideal, debido a que en pruebas con mayor rapidez, se notó que apenas con voltajes de 1 Volt en  $V_{DD}$ , se localizaron grandes variaciones de las respuestas del MCU e instrucciones y el sistema tarda mucho en estabilizarse ocasionando como resultado un mal funcionamiento.

Para frecuencias menores a 1 MHz el sistema suministra variaciones directamente proporcionales con el voltaje alimentado, por lo que origina el mismo efecto que el anterior.

## REESTABLECIMIENTO E INTERRUPTIONES

### 6.4 REESTABLECIMIENTO (RESET).

El reestablecimiento (RESET) es una señal que fuerza al MCU a tomar un conjunto de

condiciones iniciales e instrucciones que comienzan en direcciones predeterminadas.

Para la mayoría de las aplicaciones las condiciones se llevan a cabo casi inmediatamente después de recibir la señal de "activo en bajo" en el pin correspondiente.

Algunas condiciones no se ejecutan hasta que un pulso de reloj es aplicado a su entrada; tal es el efecto del puerto B, que pone sus salidas a "0" durante el RESET y que necesitan de un pulso para ser habilitadas nuevamente; y sin un pulso de reloj que lo habilite, éste puerto puede trabajar incorrectamente. A su vez, también cabe mencionar que el MCU no puede trabajar sin los pulsos del reloj que habiliten las señales y todas las instrucciones a seguir que dependen de una secuencia.

El RESET es una señal bidireccional de control utilizada para inicializar el MC68HC11E9 al indicar que una falla ha sido detectada en el reloj del "monitor" (programa que ejecuta la inicialización y el funcionamiento y ejecución de instrucciones), de una señal que activa el calculador de operación correcta (COP) o por que un medio "manual" lo ha activado.

El RESET está diseñado para trabajar con niveles lógicos bajos. Proteje además, los 512 bytes de EEPROM por cualquier falla de software ó si el  $V_{DD}$  tiene alguna variación anormal que pudiera afectar los datos contenidos en ésta zona aún sin que éstos sean utilizados durante el funcionamiento del MCU.

Para la situación en que el  $V_{DD}$  pudiera variar por límites por debajo de su funcionamiento normal y se deseara cuidar los datos contenidos en la RAM, ésta y la entrada del RESET deben ser conectadas a la fuente de  $MODB/V_{STBY}$  la cual soporta niveles bajos de  $V_{DD}$  que sólo permiten la operación interna del MCU.

Una vez que el RESET es reconocido, registros internos y bits de control son forzados a su estado inicial provocando que los sistemas periféricos de I/O se vuelvan a un estado de no conocimiento, independientemente del modo de operación seleccionado.

En los renglones siguientes se explica las diferentes condiciones que presenta el MCU durante el RESET.

A continuación se muestra el diagrama del circuito de reestablecimiento (RESET).

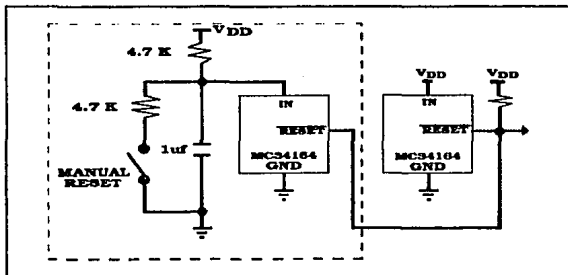


FIG. 6.6

### CONDICIONES INICIALES AL RESET

#### 6.4a CPU (Unidad Central de Proceso).

Después del RESET el CPU comienza a ejecutar las instrucciones desde la localidad \$FFFE, \$FFFF, durante los primeros tres ciclos.

El Stack Pointer y otros registros del CPU son determinados inmediatamente después del RESET, sin embargo las interrupciones mascarables y el modo de STOP son deshabilitadas durante este proceso para evitar problemas como se explicará más adelante.

#### 6.4b MAPEO DE MEMORIA.

La RAM y los puertos I/O son inicializados pero los 8K de ROM y los 512 bytes de

EEPROM pueden o no ser mapeados aún después de apagado o aplicado un **RESET**.

#### 6.4c I/O PARALELAS.

Si el **RESET** ocurre en modo simple los bits de **STAF**, **STAI**, **HNDS** y **PIOC** se limpian<sup>9</sup>, el puerto **C** se limpia y se habilita automáticamente como de entrada y el puerto **B** una vez limpio se habilita como de salida.

Los puertos **A**, **C**, **D** y **E** están configurados como entradas de alta impedancia y comienzan con lógica cero.

#### 6.4d TIMER.

El sistema de **timer** inicializa su conteo desde **\$0000** y todas las salidas de los registros comparadores se inicializan a **\$FFFF** sin afectar las **I/O**. También todas las banderas de sobreflujo y las de interrupción son deshabilitadas y limpiadas.

#### 6.4e INTERRUPCION EN TIEMPO REAL.

Como se mencionó, la bandera de tiempo real se limpia y automáticamente queda mascarable<sup>9</sup>. El rango de control puede ser inicializado por software antes que una interrupción en tiempo real sea efectuada.

---

**Limpian** : Se activan a uno lógico.

**Mascarable** : Queda contenida dentro de otra instrucción.

#### **6.4f PULSO DE ACUMULADOR.**

Este pulso de acumulador se deshabilita y los pines de entrada (PAI) son habilitados como pines de entrada.

#### **6.4g COP (Cálculo de Operación Correcta).**

El COP conocido por el fabricante como Watchdog, es habilitado si el bit de control **NOCOP** dentro del registro **CONFIG** de la **EEPROM** se limpia y habilita durante el **RESET**, pero el tiempo de duración de este es sumamente corto.

#### **6.4h INTERFACE SERIAL DE COMUNICACIONES (SCI).**

El sistema de la **SCI** es independiente del modo de operación del dispositivo y el baud de rango es indeterminado y puede ser establecido por software.

Todas las transmisiones y las recepciones son mascarables y ambas son deshabilitadas de inicio.

#### **6.4i LA INTERFACE SERIAL PERIFERICA (SPI).**

El sistema de **SPI** es deshabilitado y los puertos relacionados con esta función se comportan como líneas de **I/O**.

### 6.4J EL CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL (A/D).

La configuración del sistema convertidor analógico digital se mantiene indeterminada después del **RESET** y tanto sus bits como sus banderas son limpiadas deshabilitando el sistema.

#### 6.4-1a CAUSAS DEL RESET.

Dentro del MC68HC11E9 existe un sistema de detección de fallas que genera un "nivel bajo" para activar el **RESET** y un sistema externo manual (por medio de un botón). Sin embargo para distinguir entre las dos posibles causas de su activación existen vectores diferentes para cada una. Si el oscilador se para o esta corriendo muy lento, el reloj del "monitor" genera una señal de **RESET**.

Cuando el **COP** o el reloj del "monitor" detectan una falla éstos guardan un valor de señal y se comparan con cuatro eventos del reloj E; si estos son diferentes el **RESET** es activado.

Para la activación interna en cualquiera de los dos modos (expandido o normal) que presenta el circuito, el vector se localiza en **\$FFFE** y **\$FFFF**. También el **COP** o watchdog puede generar una señal de **RESET**. Cuando la señal de **RESET** proviene del exterior, el vector de localización puede estar en cualquier dirección o estado y el pulso de reloj E no toma ningún ciclo para activar el **RESET** por lo que el **MCU** encuentra la diferencia entre uno y otro.

A continuación se da una tabla de las localidades y vectores de inicio de **RESET**.

CAUSA	MODO NORMAL	PRUEBA ESPECIAL
OSCILADOR	\$FFFE,\$FFFF	\$BFFE,\$BFFF
MONITOR	\$FFFC,\$FFFD	\$BFEC,\$BFED
COP O WATCHDOG	\$FFFA,\$FFFB	\$BFFA,\$BFFB

También siempre que el circuito es encendido ocurre un **RESET**, pero este se identifica por el tiempo en que los pines **EXTAL** y **E** entran en funcionamiento para activar el **MCU**.

## 6.5 INTERRUPCIONES.

El **CPU** del microcontrolador ejecuta secuencialmente instrucciones. Sin embargo para muchas aplicaciones, existe una necesaria comunicación entre el **CPU** y los dispositivos periféricos. Esta comunicación se efectúa a base de interrupciones que suspenden temporalmente la ejecución del programa y así el **CPU** atiende al llamado de la interrupción para después realizar las instrucciones siguientes como si no hubiera ocurrido una interrupción.

Las instrucciones realizadas en respuesta a una interrupción son llamadas, subrutinas de Servicio de Interrupción y son como cualquier subrutina, sólo que trabajan con un mecanismo automático de interrupción de hardware. Una interrupción origina que un programa se suspenda temporalmente y regrese a él, tan pronto y como la instrucción de interrupción termine.

Una interrupción puede ser reconocida inmediatamente después de ser habilitada y el **CPU** responde a la ejecución de tal instrucción guardando en el **Stack** el orden de sus registros, dando prioridad a la interrupción. Algo muy importante que ocurre con las interrupciones es el hecho de que existe prioridad entre ellas y las decisiones de operación son consecuentes unas de otras proporcionando así una ejecución más rápida y ordenada.

---

### 6.5a INTERRUPCIONES (XIRQ, IRQ).

---

Las interrupciones (XIRQ,IRQ) entran en funcionamiento inmediatamente después de la inicialización y pueden ser conectadas mediante cualquier alambre o a través de resistencias para que su nivel de interrupción quede activo. Estas interrupciones se pueden utilizar tan pronto y

sean necesarias ya que como vimos, el MCU detecta la señal de reconocimiento en forma muy rápida.

Se utilizan internamente sobretodo al hacer pruebas del funcionamiento y durante el proceso de borrado de la EEPROM, además son utilizadas por los periféricos y sistemas manuales para efectuar alguna instrucción necesaria o un llamado al MCU.

### 6.5b INTERRUPCIONES NO MASCARABLES.

Las interrupciones No Mascarables<sup>10</sup> se caracterizan porque siempre pueden interrumpir la operación del CPU. Donde encontramos el uso más común de este tipo de interrupción es en problemas graves, tales como, errores de corrida o fallas de alimentación.

Por otro lado con las interrupciones no mascarables (NMI) existen algunos problemas a tomar en cuenta como los siguientes; si la interrupción ocurre antes de que el Stack Pointer haya sido inicializado puede ser que se trate de acceder a memoria no permitida o direccionarse a memoria de sólo lectura, provocando la confusión o pérdida total del programa (que el programa no sepa en que dirección continuar o que instrucción ejecutar) y una interrupción sin poder regresar a su ejecución normal.

También puede suceder que la interrupción quede anidada dentro del Stack provocando muchas repeticiones de esta interrupción y originando un sistema muy lento entre otras cosas.

A pesar de todo el MC68HC11 cuenta con un bit X, dentro del CCR (registro de condición de código) que resuelve éstos problemas, ya que tiene restricciones respecto a la limpieza de bits pues responde sólo a instrucciones de software que funcionan una vez que todo está listo y que la interrupción XIRQ puede trabajar.

Inmediatamente después de inicializar el MCU el bit X inhibe la XIRQ y una vez

---

No mascarables : Es una instrucción directa.



establecidas las condiciones iniciales se habilita. A su vez, cuando la **XIRQ** es habilitada y accionada, el bit **X** inhibe otras posibles interrupciones.

El **MCU** cuenta también con un modo de **STOP** que solo puede desactivarse con un **RESET** y que funciona parando los relojes, provocando así una disminución en el consumo de energía del circuito.

### 6.5c INTERRUPTIONES MASCARABLES.

Existen veinte tipos de fuentes posibles para Interrupciones Mascarables englobadas en un bit **I** del **CCR** y todas estas fuentes excepto la interrupción externa **IRQ** están sujetas a bits locales de control. El bit **I** del **CCR** actúa como un habilitador primario de control de interrupción mascarable, y así activar la interrupción una vez que el flujo normal del programa requiera de este servicio.

Una vez inicializado el **MCU** el bit **I** es guardado en el **Stack** para ser utilizado durante cualquier parte de la ejecución de carga de la **RAM** y funciona posteriormente como un servicio de subrutina que previene infinitud de posibles repeticiones de interrupción habilitada o deshabilitada por software.

Existen algunas condiciones especiales asociadas al bit **I** que deben ser consideradas, como cuando el bit **I** se activa por una instrucción **SEI** y **TAP**, en donde las interrupciones se inhiben inmediatamente y no se puede ejecutar una instrucción del **SEI** hasta que no se limpie nuevamente el bit **I**.

### 6.5d INTERRUPTIONES POSIBLES.

Cuando una secuencia de código ilegal aparece, origina una interrupción, aunque en

algunas ocasiones no exista una posible inicialización debido a que el Stack Pointer no corra o exista un sobreflujo.

Además puede haber una posibilidad de activación al encontrar un loop<sup>11</sup> infinito o al direccionar memoria ilegal, sin embargo, un código ilegal puede ser un mecanismo de trabajo para crear posibles interrupciones que efectúen determinadas instrucciones.

Las interrupciones por software se llevan a cabo de la misma manera que las interrupciones mascarables pero no pueden ser accedidas si antes existe otra interrupción pendiente.

A continuación se da una tabla de interrupciones de alta prioridad.

PSEL3	PSEL2	PSEL1	PSEL0	Interrupted Source Promoted
0	0	0	0	Timer Overflow
0	0	0	1	Pulse Accumulator Overflow
0	0	1	0	Pulse Accumulator Input Edge
0	0	1	1	SPI Transfer Complete
0	1	0	0	SCI Serial System
0	1	0	1	Reserved (Default to IRQ)
0	1	1	0	IRQ (External pin or I/O)
0	1	1	1	Real-Time Interrupt
1	0	0	0	Timer Input Capture 1
1	0	0	1	Timer Input Capture 2
1	0	1	0	Timer Input Capture 3
1	0	1	1	Timer Output Compare 1
1	1	0	0	Timer Output Compare 2
1	1	0	1	Timer Output Compare 3
1	1	1	0	Timer Output Compare 4
1	1	1	1	Timer Output Compare 5

<sup>11</sup>loop : Enlace o subrutina.

## PUERTOS PARALELOS DE I/O

## 6.6 REGISTROS DE PUERTOS Y CONTROL DE BITS.

En la figura siguiente se muestran los registros paralelos y sus bits de control, los cuales aparecen en el mapa de memoria del MC68HC11E9, en el que encontramos que la función de estos bits de control es la de habilitar o deshabilitar los sistemas periféricos.

Para una mayor referencia puede consultar las hojas del apéndice C, del modelo de programador, donde se dan las posibles opciones de control.

Bit 7	---	---	---	---	---	---	---	Bit 0	PORTA \$1000
STAI	STAF	CWOM	HNDS	DIN	PLS	EOA	INVB		FIOC \$1002
Bit 7	---	---	---	---	---	---	---	Bit 0	PORTC \$1003
Bit 7	---	---	---	---	---	---	---	Bit 0	PORT \$1004
Bit 7	---	---	---	---	---	---	---	Bit 0	PORTCL \$1005
Bit 7	---	---	---	---	---	---	---	Bit 0	DDRC \$1007
0	0	Bit 5	---	---	---	---	---	Bit 0	PORTD \$1008
0	0	Bit 5	---	---	---	---	---	Bit 0	DDR \$1009
Bit 7	---	---	---	---	---	---	---	Bit 0	PORTE \$100A
DEAT	FAEN	PAMOD	PEGE	0	0	RTR1	RTR0		FACTL \$1025
SPIE	SPE	DWOM	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0		SPRC \$1028

FIG. 6.7

Los registros de los puertos regresan el nivel de salida de los pines correspondientes de acuerdo a su selección, en donde el registro que lleva a cabo esta tarea es el DDR como se

explicará más adelante.

Por este medio algunos puertos pueden ser configurados como de entrada y más adelante en el programa volver a ser configurados como de salida manejando correctamente ambos sentidos.

### 6.6a PUERTO A (TIMER).

El puerto A contiene tres líneas de sólo entrada, cuatro de sólo salida y un pin que puede ser configurado para entrada salida a la vez. Las líneas que funcionan como únicamente de entrada se utilizan como **TIMER** debido a su capacidad sensitiva para capturar variaciones.

Las cuatro líneas que funcionan como salida únicamente se utilizan como comparadoras o de propósito general para salida, y la línea bidireccional se utiliza también como de uso general.

Los pines **PA2-PA0** son un circuito de acoplamiento **NAND** asociado con Inversores para formar un Buffer de histéresis, el cual provee de una especie de switch.

La señal de entrada se invierte a un Flip-Flop tipo **RS**, y de esta manera cuando una señal de nivel bajo es recibida en el pin origina una inversión en el switch activando el circuito en su entrada **R** y obtener una señal **S** en nivel bajo, y cuando se recibe una señal de nivel alto en la entrada del switch el circuito activa la señal **S** y genera una señal de nivel bajo en **R**.

Estos bits leen los estados de la señal independientemente de las funciones de tiempo y captura.

Los pines **PA6-PA3** poseen tres compuertas de transmisión tipo latch con un inversor tipo feedback. La tarea de habilitar el puerto A, de propósito general para salidas es función del **TIMER** y del registro **PACTL** el cual sincroniza el latch del circuito.

Algunas características adicionales a este respecto las encontramos en el apéndice **C**.

El pin **PA7** es también un buffer de histéresis que trabaja dependiendo del bit de control **DDR** el cual habilita o deshabilita este pin, así como pone en alta impedancia a su salida.

Todas las operaciones que pueden ocasionar cambios en el Puerto A están sincronizadas por el reloj E.

### 6.6b PUERTO B Y PUERTO C, STRA Y STRB.

Estos 18 pines (8 de cada puerto y 2 de aplicación especial) son puertos de I/O<sup>12</sup> de propósito general y pueden multiplexarse en forma de bus como una línea de control de R/W<sup>13</sup>.

El puerto de 8 bits B es sólo de salida pero el puerto C es bidireccional, cualquier combinación en el puerto C se puede utilizar para salidas y cualquiera para entradas, además se pueden usar "manualmente" (seleccionadas junto con las señales de STRA y STRB) por medio de software.

Cuando el MCU funciona en modo expandido los 18 pines son usados como bus de Datos/Dirección por el CPU para tener acceso a 64k de memoria.

Durante la primera mitad de cada ciclo de bus, las señales A0-A7 están presentes en los ocho pines y el reloj E es utilizado para activar los dispositivos externos durante la otra mitad del ciclo.

#### 6.6b-1 PUERTO B.

Las señales del puerto B son habilitadas por una señal de transmisión RPORTB al bus interno pero no acepta su función en modo expandido por que para este caso el Puerto B actúa como bus de direcciones.

---

I/O : Input/Output - Entrada/Salida.

R/W : Lectura/Escritura.

Para el modo normal la señal proveniente de **MODA** habilita la compuerta **AND** para efectuar la salida cuando se requiere trabajar con el puerto **B** y cuando no se requiere este puerto se deshabilita la compuerta **AND** provocando una salida de alta impedancia en el buffer.

Como las instrucciones que activan la función del puerto **B** se efectúan durante el mismo ciclo de lectura, la respuesta puede considerarse como instantánea.

### 6.6b-2 PUERTO C.

El puerto **C** es el más complejo de los puertos con los que cuenta el **MCU** porque realiza funciones de propósito general de **I/O**, direcciones multiplexadas y bus de datos.

Para el modo expandido el puerto **C** funciona como bus de Direcciones /Datos ya que durante el primer medio ciclo trabaja como direccionador y en el segundo medio ciclo funciona como escritor de datos. Una vez que es deshabilitado el puerto **C** presenta alta impedancia en sus pines, estas señales de habilitación son **ADDREN**, **RDATEN** y **WDATEN** las cuales trabajan en sincronía con la señal de reloj **E**. Si el puerto **C** trabaja en modo de Chip simple, la señal de de habilitación proviene del registro de control **DDR** que trabaja una vez que la señal de **RDATEN** se activa.

La señal del registro **DDRC** trabaja via compuertas **NOR** que producen el efecto de alta impedancia en la salida del puerto, y la señal proveniente del registro **PORTC** trabaja via compuertas **NAND**.

Por este motivo se debe tomar en consideración el hecho necesario de conectar resistencias a las salidas del puerto **C** para el correcto funcionamiento y no cargar al circuito en las salidas. Para la operación de Handshake<sup>14</sup> del puerto **C** se deben tomar las consideraciones anteriores ya que las salidas se realizan a través de compuertas **NAND** de 3° estado, así como de

---

handshake : muestreo.

un estrobo que habilita las compuertas en forma asincrónica. Además si el MCU se encuentra en **STOP** las señales del buffer son deshabilitadas.

Para este puerto los ciclos de lectura y escritura son consecuentes uno de otro, por lo que no puede existir una confusión o mal funcionamiento de sus estados.

Además debido a que el circuito externo con el que cuenta la tarjeta no tiene conexión alguna con la señal de reloj **PH2** existen diferencias en las respuestas de los puertos **B** y **C** así como las señales **STRA** y **STRB** al escribir entre el **MC68HC11** y el **MC68HC24** poco significativas.

#### **6.6b-3 STRA.**

Para el modo expandido esta señal es de control y es utilizada para seleccionar direcciones bajas en forma demultiplexada del puerto **C**. En el modo de Chip simple trabaja como señal de handshake **I/O**.

A pesar de ser un estrobo de sincronía la señal **STRA** tiene algunos retardos provocados por el atraso resultante acumulado entre cada respuesta de las compuertas que tienen que activarse.

#### **6.6b-4 STRB.**

El pulso de estrobo **STRB** trabaja muy similar al **STRA** pero depende de una señal interna **STAF**, que es un pulso generado a través de la combinación del **STRA**, clock **E** y **PH2** que activan una serie de compuertas en forma asincrónica.

La función extra de este pin es inversa del anterior ya que se encarga de transmitir, y la señal proveniente del **SCI** que habilita el bit **TE** es **XMITON** que proviene del **SCL**.

## PUERTO D

### 6.6c CARACTERISTICAS.

El puerto D incluye seis puertos bidireccionales de propósito general individualmente configurados como de I/O. Los seis puertos tienen características adicionales cuando trabajan con el SPI y el SCL.

Su modo de operación es configurado a través del registro DDRD y se recomienda la utilización de resistencias a sus salidas para evitar cargar el circuito y suprimir errores por diferencias de nivel lógico.

#### 6.6c-1 PD2 y PD3 (MISO, MOST).

Las propiedades de estos pines son iguales que las anteriores y la propiedad adicional es explicada en el tema referido a el SPI el cual será explicado en el siguiente tema.

#### 6.6c-2 PD4 (SCR).

El sistema SPI genera una señal de reloj en este pin una vez que es activado, pero no afecta la dirección de datos lógicos recibida del exterior debido a que los circuitos inversores no reaccionan tan rápido como la señal de reloj cambia, pero sí conforme la señal es recibida o mandada al exterior.



**6.6c-3 PD5 (SS).**

El pin se comporta como los anteriores pines del puerto **D** y la función adicional también trabaja una vez que el sistema **SPI** es habilitado.

La señal **SS** depende del estado en el que se encuentre el registro **DDRD** una vez que el **SPI** es habilitado ya que sólo si el bit correspondiente contiene un nivel bajo puede entrar esta señal en funcionamiento, pero si el **DDRD** contiene una señal en nivel alto aún y habilitado el **SPI**, la señal **SS** no responde.

**6.6d PUERTO E Y REFERENCIA A/D (PE7-PE0,  $V_{REFL}$ ,  $V_{REFH}$ ).**

El  $V_{REFL}$  y  $V_{REFH}$  proveen voltajes para el circuito **A/D** y donde no existe corriente directa asociada a estos pines. Por lo regular utiliza muy pequeños valores de corriente durante la conversión y van regularmente conectados a  $V_{DD}$  y  $V_{SS}$  por medio de un filtro pasabajas en donde debe existir al menos 2.5 Volts de diferencia entre  $V_{REFL}$  y  $V_{REFH}$  para una completa y adecuada conversión de **A/D** ya que de lo contrario pueden existir errores significativos o funcionamiento inadecuado a pesar de que trabajo el **A/D**.

Se ha probado que con voltajes de -12 Volts aproximadamente conectados directamente a  $V_{REFL}$  causan daño al circuito por lo que se recomiendan diferencias de hasta 7 Volts a partir de  $V_{SS}$ , así como buenos resultados con valores de  $V_{REFH}$  de 6 Volts.

El puerto de entradas **A/D**, **E** es de propósito general y sus puertos están diseñados a base de buffers digitales que se deshabilitan excepto durante el ciclo de lectura de datos, sin embargo, durante procesos de muestreo analógico pueden existir pequeñas fallas debido a la línea de entrada por su función de compuerta pero son de fácil arreglo por medio de software, facilitando así la tarea de corrección.

### 6.6d-1 PORT E.

Como se mencionó el puerto E funciona como entrada unicamente y como convertidor A/D, donde cada uno de sus pines tiene la misma lógica.

Una vez que el convertidor interno de A/D se elige, el sistema de muestreo habilita los circuitos capacitores internos y las señales son activadas con los ciclos de reloj E.

Las entradas al circuito cuentan con un sensor de nivel que evita que una vez que el nivel de la señal de entrada baje excesivamente cree una baja impedancia y pueda perjudicar al circuito. En su modo normal funciona como puerto de entrada.

**Nota:** Para información de como programar los registros, diagramas de tiempo instrucciones y manejo, referirse al apéndice C.

## INTERFACE SERIAL PERIFERICA

### 6.7 TRANSFERENCIA DE FORMATOS.

Durante una transferencia de SPI los datos son simultaneamente enviados y recibidos, sincronizados por un reloj serial que muestrea y divide los datos en dos líneas. Por medio de software pueden ser seleccionados los cuatro tipos de reloj serial utilizados.

El registro **SPRC** contiene los dos bits de control de la señal de reloj serial **SCK**. Las señales que se pueden observar en el ciclo de reloj funcionan como un diagrama de Flip-Flop

maestro esclavo, en el que la señal de maestro la proporciona **MOSI** y la de esclavo **MISO**.

Se debe tener en cuenta que por el comportamiento del circuito y su secuencia, no se puede escribir un dato sobre otro, ya que por su función de maestro esclavo hasta que no es escrito uno de los datos no puede recibirse otro, además, el tamaño de los datos contiene un bit de inicio y fin, y no puede ser incertado en cualquier momento.

Los pines de **MISO** y **MOSI** son usados para transmitir y recibir los datos seriales, una vez que el **SPI** es configurado como maestro la secuencia entre **MISO** y **MOSI** es de maestro esclavo, y una vez que se configura el **SPI** como esclavo las señales **MISO** y **MOSI** son intercambiadas también.

Por otra parte la señal de **SCK** obedece a la configuración del **SPI**, comportandose el **SCK** para la función de maestro como salida y para la forma del **SPI** como esclavo como de entrada.

La señal proveniente del pin **PD5/SS** puede opcionalmente servir como detector de error del **SPI**, si es que este, no es habilitado correctamente y trabaja independientemente de la señal de reloj de **SCK**.

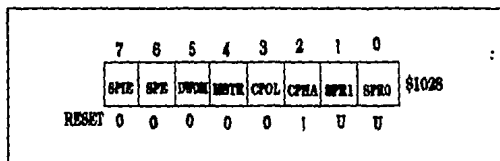


FIG. 6.8

En la figura anterior se muestra el registro **SPCR**, o registro de control del **SPI**.

El bit **SPIE** se utiliza para habilitar interrupciones.

**SPE** es utilizado para habilitar el sistema.

**DWOM** lo ocupamos para manejar la selección de modo.

El bit **MSTR** se utiliza para escoger la función de maestro-esclavo

y **CPOL** para seleccionar la polaridad.

CPHA sirve para elegir entre las dos posibilidades de la fase y el formato.

Una vez que el SPI trabaja en modo de maestro SPR1 y SPR0 seleccionan entre el rango de operación del reloj E como se muestra a continuación.

SPR1	SPR2	E CLOCK DIVIDIDO EN
0	0	2
0	1	4
1	0	16
1	1	32

## INTERFACE ASINCRONA DE COMUNICACIONES

### 6.8 SCL

El sistema full-duplex asincrono tipo UART llamado SCI utiliza un formato de un bit de inicio, ocho de datos y uno de fin de dato.

El MCU cuenta con un oscilador de baudaje que proporciona varias frecuencias de transmisión-recepción. Esta frecuencia es en muchas ocasiones el motivo de errores, ya que en con mucha frecuencia, no es la misma a la que trabajan algunos otros dispositivos externos, y aún cuando los caracteres que se manejan son idénticos, dependen del baudaje para ser bien recibidos

o transmitidos.

El sistema de comunicación de la tarjeta cuenta con buffers conectados a través de interfaces **RS232** o **RS422** estándar de comunicaciones para transmitir niveles de correspondencia usados por el **MCU**.

El **SCI** cuenta además con un avanzado sistema de alta capacidad y eficiencia en equipo de comunicaciones. Tres muestreos por cada bit lógico son tomados para decidir el valor sentido más cercano al aceptado y aún si la señal porta ruido, el nivel lógico es correctamente recibido.

Otra característica, es el hecho de ignorar mensajes de diferente transmisor sin que se dañe el sistema; y en general este tipo de dispositivo puede tener las características suficientes para conectarse como un **MODEM**.

#### 6.8a TRANSMISOR Y RECEPTOR.

El corazón del transmisor es un circuito Shift Register serial que da la capacidad de bus de sólo escritura para transmisión, y cualquiera que sea el dato; es transferido al buffer cargando sus respectivos bits de inicio y fin de dato.

Para el caso de un rompimiento de datos o una orden de cancelación, el sistema cuenta con un bit de paro de transmisión.

La recepción de los datos se hace a través del pin **RxD<sup>13</sup>** que se conecta a un circuito Shift Register serial de alta velocidad, el cual muestrea varias veces al bit recibido para pasarlo como dato y evitar niveles de ruido.

Si se presenta una sobrecorrida (Overrun), que el dato no sea escrito todavía y se tenga otro en el buffer, una bandera de aviso es habilitada para detener la operación.

---

**RxD** : Receive data.

Existen tres formas de activar esta bandera, pero son generalmente usadas por medio de software como interrupciones, y en raras ocasiones se presenta como error de comunicación.

### 6.8b REGISTROS Y BITS DE CONTROL.

Existen cinco registros de control que se muestran a continuación y cuyas funciones son explicadas en el siguiente párrafo.

El registro **DDR** habilita las direcciones para el puerto D.

**SCCR** y el **SPCR** modifica las funciones de manejo de bits de los pines de salida del puerto D.

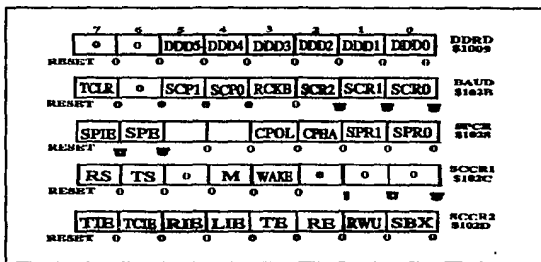


FIG. 6.9

El registro de control de baudaje **BAUD** se utiliza para seleccionar el rango de baud utilizado por el **SCI** y contiene dos bits insertados por el fabricante para pruebas de comunicación.

1 incluye tres bits asociados con el tamaño de dato a transmitir-recibir y es utilizado para seleccionar entre dos métodos de recepción.

**SCCR2** contiene los principales bits de control del **SCL**. Los primeros cuatro son utilizados para habilitar una interrupción los cuales determinan el estado de las banderas para generar una interrupción por hardware.

Los bits **RE** y **TE** son usados para controlar la recepción y transmisión de datos. El **RWU** es un bit manejado por software y el **SBK** controla el manejo de generación de suspensión de datos.

El registro **SCCR1** es el registro de control del **SCI** y esta formado por el bit de recepción (**R8**), el bit de transmisión (**T8**) el bit de tamaño (**M**), el bit de forma de comunicación (**WAKE**) y cuatro bits nunca usados que siempre están en ceros.

**Nota:** Para información más detallada acerca de estos registros, así como su programación referirse al apéndice C.

## MEMORIA

### 6.9a ROM.

Una de las características que presenta este tipo de memoria, es que únicamente se puede hacer uso de ella para efectuar tareas e instrucciones que están contenidas en esta sin que la memoria pueda ser modificada por algún medio externo, ya que la información que contiene es grabada desde su fabricación; de aquí el nombre de memoria de sólo lectura (Read Only Memory).

El uso primario que se le da a la memoria ROM es el de guardar el programa de instrucciones de aplicación para el usuario, que viene proporcionado por el fabricante y esta garantizado en su funcionamiento debido a que el circuito es probado antes de salir al mercado, sin embargo, el fabricante también proporciona otro método de utilización del chip, el cual, no depende del programa contenido en la ROM, ya que manejando una señal de control de bit proveniente de una EEPROM, se puede cambiar el registro de configuración de la ROM y ser deshabilitada para emplear así, otro tipo de memoria que pueda ejecutar el programa de instrucciones.

El MC68HC11E9 cuenta con dos ROM separadas dentro del chip una de las cuales contiene el programa de instrucciones y programación de 8K, y otra que se utiliza para trabajar junto con la EEPROM y la RAM que son accesibles al usuario para su programación y utilización.



### 6.9b RAM.

Los 256 bytes de RAM contenidos en el chip comienzan al principio de los primeros 4K dentro de los 64K de direcciones.

El método del mapeo y los dos métodos de memoria de espera se discuten a continuación.

#### 6.9b-1 MAPEO.

Las primeras 256 localidades de memoria RAM, las encontramos en (S0000-S00FF) siendo accesibles por direccionamiento directo, y la posición que guarda dentro de los 64K se controla mediante el registro de mapeo I/O RAM (INIT).

#### 6.9b-2 MEMORIA DE ESPERA.

Existen muchas razones de uso para la memoria de espera, por ejemplo:

Si existe una utilización en la que la alimentación sea una batería en vez de otro tipo de fuente de energía, la memoria de espera conserva la energía limitada aprovechándola al máximo manteniéndose inactiva si el MCU así lo requiere.

Cuando en ciertas ocasiones el suministro de energía llegara a variar en límites considerables o posibles interrupciones de suministro, la energía acumulada en los capacitores puede ser aprovechada por esta memoria de espera y determinar si seguir trabajando o efectuar un reestablecimiento y mantener el contenido de la RAM mientras el sistema está fuera de operación (más no fuera de uso o sin energía por largo tiempo).

La RAM contenida en el MC68HC11E9 es completamente estática y muchos de los pines de I/O del MCU pueden no tener voltaje; de esta manera, mientras el  $V_{DD}$  no este alimentado

pueden presentarse en algunas ocasiones, resultados inesperados con los que se debe tener un especial cuidado al utilizar las I/O.

### 6.9c EEPROM.

Los 512 bytes de EEPROM contenidos en el MC68HC11E9 pueden ser usados en la misma forma que la ROM o la RAM, sólo que brinda una característica mucho mejor al usuario.

A diferencia de la ROM, la EEPROM se puede programar y trabajar con un desempeño y manejo similar a la ROM y a diferencia de la RAM, el contenido grabado en ella permanece aún sin alimentación por largo tiempo, es decir, sin polaridad en el  $V_{DD}$ . En los siguientes puntos se explica el modo de operación y organización de este tipo de memoria.

### 6.9c-1 ORGANIZACION LOGICA Y FISICA.

La organización lógica es importante sobre todo en el proceso de borrado. Para la familia de MC68HC11 el remapeo de los 512 bytes los encontramos en líneas que van de las localidades \$B600-\$B7FF. Este block de memoria esta arreglado en 32 líneas de 16 bits cada una como se muestra en la figura 6.10.

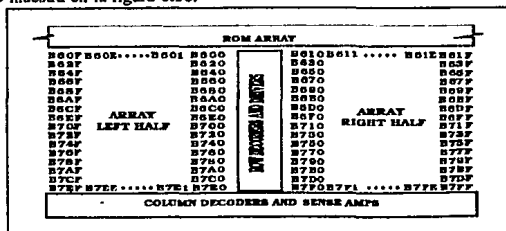


FIG. 6.10

## 6.9c-2 SISTEMA OPERANDO A TRAVES DEL BUS DE 2MHZ (E).

La frecuencia utilizada por el reloj del circuito es de 2.5 MHz, pero puede variar de acuerdo al proceso que esté realizando, sin embargo como se mencionó en el tema 6.2-3 tales variaciones no deben ser mayores para obtener el óptimo rendimiento del MCU.

Por ejemplo si se trabaja con frecuencias menores a 1 MHz el tiempo de borrado y realización de instrucciones es más tardado ya que en ocasiones toma el doble de tiempo que en forma normal provocando errores (cabe aclarar que estos valores son imperceptibles para el usuario pues son valores entre los 10ms y los 20 ms); sobre todo como también se mencionó para el convertidor A/D pueden ser significativos valores de muestreo.

## 6.9c-3 REGISTRO DE PROGRAMACION DE LA EEPROM.

El registro de programación y borrado de la EEPROM puede ser leído o escrito en cualquier momento, sin embargo, las secuencias de programación y borrado preeven cualquier tipo de cambio intencional, esto es, que no se pueden efectuar estas tareas sin antes hacer una prueba que lleva a cabo el MCU y mientras los requerimientos del  $V_{pp}$  no habiliten esta operación.

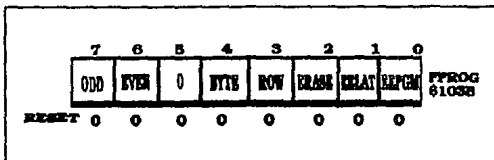


FIG. 6.11

La figura muestra el contenido del registro de programación. La secuencia requerida consiste de los siguientes pasos :

- 1) Escribe a **PROG** de la **EEPROM** el bit latch de con (**EELAT**) igual a "1" y el bit de voltaje de habilitación de programa (**EEPGM**) igual a "0".
- 2) Escribe lo anterior en una localidad de memoria válida de la **EEPROM** o en la dirección del **CONFIG**.
- 3) Escribe a **PROG** con los bits **EELAT** y **EEPGM** iguales a "1".

El hardware lógico refuerza este paso imponiendo la siguiente restricción.

Si un experimento trata de cambiar los bits mencionados (**EELAT** y **EEPGM**) a "1" con la misma operación, ningún bit se enciende.

Las direcciones de la **EEPROM** son inhibidas mientras **EEPGM** está en "1" lo cual preeve algún tipo de error, y el paso dos antecede al paso tres siempre, y no puede existir ningún cambio entre estos.

Por otro lado, una escritura en una localidad diferente es prevenida mientras el programa de borrado está en progreso.

# CAPITULO

# 7

## SIMULADOR DIDACTICO DE SIGNOS VITALES

### 7.1 ELEMENTOS.

Los elementos que conforman el SDSV<sup>1</sup> son componentes electrónicos que interactúan con algunos transductores<sup>2</sup>, realizando el trabajo de simulación de los órganos estudiados en el capítulo I, que proporcionan la información de los signos vitales y que están compuestos por dos partes principales:

- 1.- Microcontrolador (tarjeta del MC68HC11E9).
- 2.- Simulador propiamente dicho (diseñado).

En los siguientes temas se describen por separado, y posteriormente en forma conjunta, su respectivo trabajo como descripción final de esta tesis.

#### 7.1a EL MICROCONTROLADOR.

El Microcontrolador descrito en el capítulo anterior, realiza el trabajo de ordenar, recibir

---

SDSV : Simulador didáctico de signos vitales

Transductores : Elementos que convierten energía eléctrica en algún otro tipo de energía.

y administrar, las diferentes señales provenientes de los diversos circuitos o mandadas a estos. Esta tarea, la realiza a través de un programa en lenguaje ensamblador para el MC68HC11 grabado en la memoria EEPROM con la que cuenta el circuito.

El programa utilizado se muestra en el apéndice D, y se describe de forma general el funcionamiento de las partes o subrutinas en que se ha dividido. Las conexiones, alimentación necesaria, y el circuito final, se encuentran en el apéndice E.

### **7.1b SIMULADOR.**

El circuito diseñado, consta de diversos elementos electrónicos que conforman componentes específicos que trabajan individualmente realizando tareas determinadas que producen un resultado en conjunto.

Estos elementos se explicaron en los capítulos precedentes. El conjunto de elementos en su totalidad, se encarga de desplegar datos que sirvan para elegir en forma sencilla y metódica, las distintas opciones a simular, y posteriormente realizarlas, es decir, muestra las variaciones posibles de encontrar y produce las diferentes simulaciones de la pupila, el sonido de la frecuencia cardíaca, y el movimiento que generan las pulsaciones.

La forma en la que se maneja al simulador y cómo efectúa este trabajo se describe a continuación en el pequeño instructivo para el usuario.

### **7.2 MODO DE OPERACION DEL SDSV.**

El simulador se muestra físicamente en la siguiente figura y se identifica cada uno de los elementos que lo conforman externamente.

Mediante los cables de alimentación de color rojo (+) y negro (-), conectados a una fuente

de 5 Volts de DC y 1 Amp, se obtiene la energía de trabajo suficiente para el simulador.

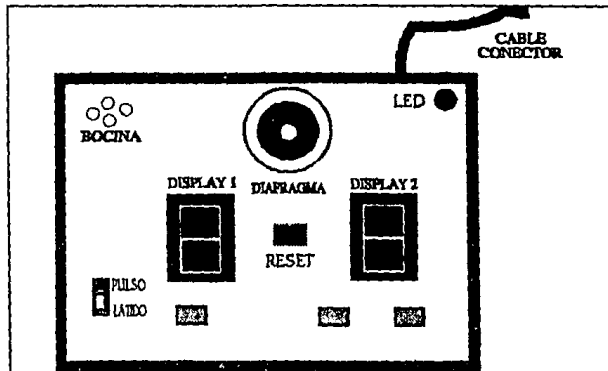


FIG. 7.1

El switch de encendido se localiza en la parte posterior de la caja. Al activar el simulador (cambiando el switch a la posición ON), comenzará a trabajar desplegando la letra 'O', en el display D1, y en el display D2 observaremos un '0' que permanecerá fijo.

#### 7.2a SELECCION.

Una vez observado lo anterior, el usuario escoge cualquiera de las tres opciones a realizar por el SDSV (ojos, latido ó pulso), seleccionando la letra inicial de la reacción correspondiente oprimiendo el botón 'SEL', el cual, desplegará una letra a la vez secuencialmente, comenzando por la letra 'O', pasando a la letra 'L', y por último la letra 'P', repitiendo la primera después de esta última.

Ya que se ha seleccionado la opción, la letra se mantendrá desplegada informando cual es la reacción a simular, y de este modo, realizar cualquiera de los tres siguientes puntos dependiendo de la elección hecha.

- a) **Ojos:** Se realizan las reacciones de midriática, miótica ó Isocórica que se definen en el tema 7.2a.
  
- b) **Latido:** Se produce la frecuencia deseada por medio del procedimiento descrito en el tema 7.2b.
  
- c) **Pulso:** Se realiza el movimiento seleccionado de acuerdo al tema 7.2c.

Para efectuar la opción escogida, se oprime el botón "ENTER", la cual, ejecutará de inmediato la simulación de pulso y latido<sup>3</sup>, ó pedirá la variación de pupila, descrita en el capítulo siguiente desplegando el número "1", si la elección fue "ojos".

**NOTA:** Si la reacción que se desea no fue la escogida y accidentalmente se oprime el botón de "ENTER", se puede volver a iniciar la selección oprimiendo el botón de **RESET**.

#### **7.2a OPCION OJOS.**

Cuando se elige la simulación de ojos, si el diafragma que simula la pupila se encuentra en una posición diferente a la de un estado normal, esta se ajustará en forma automática

---

véase capítulo 6.2b y 6.2c respectivamente



regresando a su punto de origen. El usuario observará como se abre y se cierra el diafragma, hasta quedar en una posición de media abertura, indicando un estado normal.

Una vez seleccionada la opción ojos y desplegada la letra "O" en el display D1, el segundo paso es escoger cualquiera de las tres reacciones siguientes numeradas del 1 al 3, las cuales, presentan los estados a simular descritos en el capítulo I, y que son :

1) **Isocóricas.**

2) **Miódricas.**

3) **Miódicas.**

Para seleccionar cualquiera de estas tres reacciones se oprime el botón SEL, el cual, mostrará el número correspondiente a la reacción que se desee simular (que anteriormente contenía las letras desplegadas) en orden ascendente, y repitiendo el primero después del último, secuencialmente. Así por ejemplo, si se quiere simular la reacción de Miódicas, se oprime el botón SEL, tantas veces como sea necesario hasta que aparezca el número 3 en el display D1.

A continuación se describe el trabajo y los pasos de cada una de las opciones :

1.- Para el caso de la pupila Isocórica, el diafragma mantendrá su posición, esperando el estímulo luminoso que la haga reaccionar. Mientras esto sucede, el usuario puede escoger entre los dos tipos de reacción existentes.

Si la reacción que se desea es normal, deberá oprimir el botón "ENT", tantas veces como sea necesario hasta que despliegue el número "2" en el display D2.

Si la reacción que se requiere es anormal, se tendrá que oprimir el botón "ENT" hasta que aparezca el número "1", para simular la reacción analizada en el capítulo I.

Posteriormente se procederá a aplicar el estímulo luminoso para observar el tipo de reacción simulado.

\* Cabe mencionar que el display D2, contiene más valores que el display D1 (del 0 al 9), de los cuales, no son necesarios todos para el caso de la simulación de ojos, y se debe tener especial cuidado en la elección de estos, ya que de lo contrario, podrá tenerse un mal funcionamiento o una respuesta inesperada.

2.- Para el caso de la pupila Midriática, el diafragma se cerrará y se esperará el estímulo luminoso para reaccionar. Sin embargo, en este caso no existe reacción alguna debido al tipo de síntoma simulado, por lo que se recomienda escoger el número "0" en el display D2, oprimiendo el botón "ENT" hasta que el valor aparezca, y proceder con la simulación, aplicando el estímulo luminoso.

3.- Para el caso de la pupila Miótica el diafragma se abrirá al máximo y se esperará el estímulo luminoso para reaccionar. En este momento se pueden seleccionar tres casos a simular y que son los siguientes:

a) Anormal sin reacción. Seleccionando el número "0" en el display D2, por medio del botón "ENT".

b) Medio Anormal. Seleccionando el número "1" en el display D2 por medio del botón "ENT", esto provocará una reacción lenta de síntoma anormal.

c) Medio normal. Seleccionando el número "2" en el display D2, por medio del botón "ENT", provocando una reacción más o menos normal

vista en el capítulo I.

Posteriormente se procederá a activarse la simulación con el estímulo luminosos y observarse la reacción. Una vez realizada cualquiera de las tres opciones (1, 2, ó 3) principales anteriores, el procedimiento que se sigue para realizar otra simulación diferente o la misma, se tendrá que seguir paso por paso nuevamente.

#### 7.2b OPCION LATIDO.

Como se mencionó en el capítulo 7.2, la reacción de latido se realiza inmediatamente después de oprimir el botón 'ENTER', por lo que se recomienda que antes de oprimir este botón, se seleccione el valor de la frecuencia cardíaca por medio del botón ENT y el display D2, tomando cualquiera de los valores que se muestran en la tabla para simular.

Una vez que entra en funcionamiento la simulación de latido, el valor de la frecuencia puede ser modificado en cualquier momento, seleccionando otro valor de la tabla, con el botón ENT.

\* Cabe mencionarse que si se oprimió el botón 'ENTER' antes de seleccionar alguna frecuencia en especial, la simulación se llevará a cabo con el valor que contenga el display D2 y si se desea modificarlo, se podrá realizar en cualquier momento.

\*NOTA: Si el valor inicial era un "0", o se tiene que pasar por este valor, para introducir un nuevo valor de simulación, una vez que ésta entra en funcionamiento, la simulación tardará en efectuarse, debido al valor tan bajo de frecuencia que introduce el "0".

**OBSERVACION:**

Por otra parte, debido a la coincidencia de los valores de frecuencia y pulso, dichas simulaciones podrán intercambiarse por medio del selector **SW1**, el cual, mostrará en el display **D1**, el tipo de simulación que está efectuando, por medio de una '**L**' o una '**P**'; y podrán reformarse en cualquier momento.

**7.2e OPCION PULSO.**

Esta opción entra en funcionamiento inmediatamente después que el botón '**ENTER**' es oprimido.

Se recomienda seleccionar el valor del pulso de acuerdo a la tabla 7.1, antes de oprimir el botón de '**ENTER**'; sin embargo, igual que la simulación anterior, este valor puede ser modificado en cualquier momento, aún y que se este llevando a cabo dicha simulación.

**\*NOTA:** La nota y la observación del tema anterior son aplicables a este tipo de simulación también.

**7.2d RESTABLECIMIENTO.**

En cualquier momento, ya sea, al estar escogiendo el tipo de simulación, o al estar llevándola a cabo, se puede restablecer o parar dicho procedimiento.

Esto se realiza para detener, acabar o volver a iniciar una simulación, y se hace por medio del botón grande negro del simulador '**RESET**'.

0	15 latidos por minuto
1	40 latidos por minuto
2	60 latidos por minuto
3	90 latidos por minuto
4	105 latidos por minuto
5	120 latidos por minuto
6	140 latidos por minuto
7	160 latidos por minuto
8	180 latidos por minuto
9	200 latidos por minuto

INICIO

PROGRAMAR PUERTO A COMO ENTRADA  
PROGRAMAR PUERTO B COMO SALIDA  
PROGRAMAR PUERTO C COMO ENTRADA  
PROGRAMAR PUERTO D COMO SALIDA  
PROGRAMAR PUERTO E COMO ENTRADA  
CARGAR EL STACK POINTER CON UN FFH

DESPLEGAR UNA 'O'

2

DESPLEGAR UNA 'L'

2

DESPLEGAR UNA 'P'

2

DESPLEGAR UN '1'

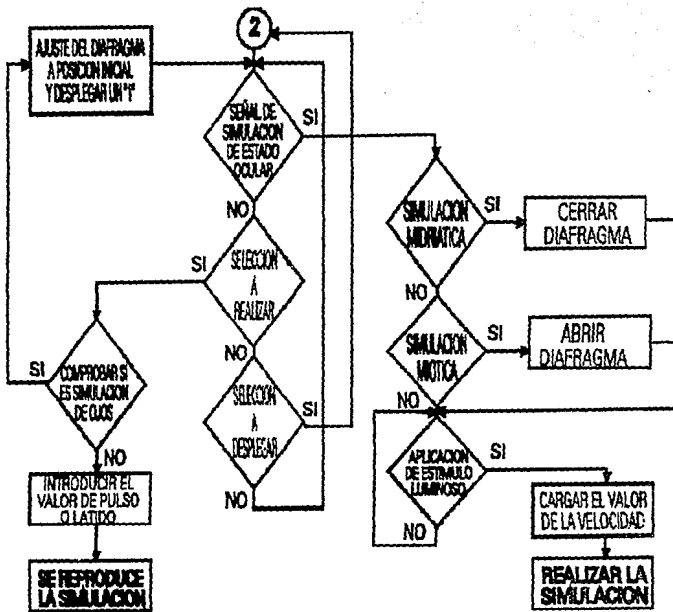
2

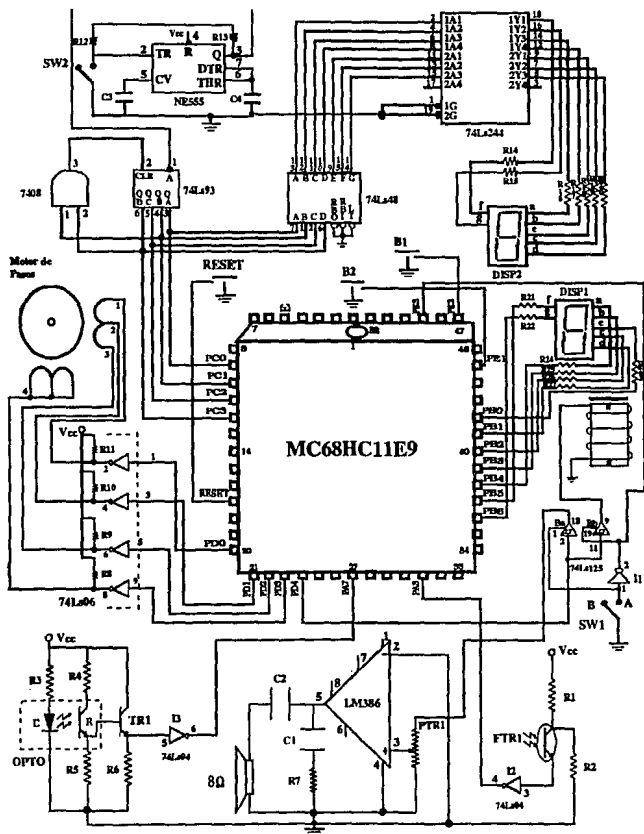
DESPLEGAR UN '2'

2

DESPLEGAR UN '3'

2







## PROGRAMA DEL SIMULADOR DIDACTICO DE SIGNOS VITALES

### \* ASIGNACION DE LOS REGISTROS DE CONTROL \*

DDRC	EQU	\$1007;	Configuración de los registros de control
DDRD	EQU	\$1009;	del Microcontrolador.
PACTL	EQU	\$1026	
PORTA	EQU	\$1000	
PORTB	EQU	\$1004	
PORTC	EQU	\$1003	
PORTD	EQU	\$1008	
PORTE	EQU	\$100A	

### \* INICIO DE PROGRAMA \*

	ORG	\$B600;	Indica cual es la dirección de inicio del programa.
INI	LDS	#\$00;	Inicializa Stack Pointer con valor de "cero", activa
	LDA	#\$00;	el puerto C como entrada de datos, el puerto D
	STA	DDRC;	como salida de datos, y el puerto A como
	LDA	#\$FF;	entrada de señales de luz y posición.
	STA	DDRD	
	LDA	#\$00	
	STA	PACTL	

### \* SUBROUTINA, DESPLEGADO DE OPCION \*

SIM	LDA	#\$40;	Desplega las letras "O, L y P", sucesivamente.
	JSR	JMP1;	
	LDA	#\$4F	
	JSR	JMP1	
	LDA	#\$84	
	JSR	JMP1	
	JMP	SIM	

### \* SUBROUTINA, OPCION \*

OPTION	LDA	PORTB;	Compara el dato desplegado, con la letra "O", y si es
	CM	#\$40;	Igual salta a la subrutina "ojos".
	BEQ	EYES;	

#### **\*SUBROUTINA PULSO\***

EXE	LDAA # \$10;	Manda el pulso, ya sea, a la reproducción de sonido,
	JSR JMPL;	saltando a la subrutina "manda pulso"; ó a la simulación
	LDAA # \$00;	de movimiento, subrutina "delay"; dependiendo de la
	JSR JMPL;	posición del selector 2.
	JMP EXE	
JMPL	STAA PORTD	
	LDAA PORTE	
	ANDA # \$10	
	CMPA # \$10	
	BEQ PULSE	
	LDAA # \$4F	
	STAA PORTB	
	JMP DELAY	

#### **\*SUBROUTINA, MANDA PULSO\***

PULSE	LDAA # \$84;	Despliega la letra "P" y la mantiene mientras efectúe
	STAA PORTB;	la simulación.

#### **\*SUBROUTINA DELAY\***

DELAY	LDAA PORTE;	Introduce el valor de la frecuencia seleccionado por el
DELA1	LDX # \$FFFF;	selector 1, para efectuar la simulación.
DELA2	DEX	
	BNE DELA2	
	DECA	
	BNE DELA1	
	RTS	

#### **\*SUBROUTINA, SACAR DATO DE OPCION\***

JMP1	STAA PORTB;	Muestra en el display la letra correspondiente O,
WAIT	LDY # \$3;	L, ó P, o muestra los números 1, 2, ó 3, y los
WA11	LDX # \$FFFF;	mantiene desplegados.
WA12	DEX	
	BNE WA12	
	DEY	
	BNE WA11	

#### **\*SUBROUTINA, OPCION DE SIMULACION Y ESTADO\***

DISP	LDAA PORTE;	Recibe el pulso del botón 1, ó botón 2, ó botón 3,
	ANDA # \$0E;	despliega el dato de opción a simular, ó prepara
	CMPA # \$08;	la simulación de ojos, ó activa la simulación a

BEQ STATE;  
CMPA #S04;  
BEQ OPTION  
CMPA #S02  
BNE DISP  
RTS

realizar, dependiendo del botón seleccionado respectivamente.

#### 'SUBROUTINA OJOS'

EYES LDAB #S08;  
DER LDAA #S0E;  
JSR DELAD;  
LDAA #S0D;  
JSR DELAD  
LDAA #S07  
JSR DELAD  
LDAA #S0B  
JSR DELAD  
JMP DER

Introduce el número de pulsos de giro.  
Efectúa el ajuste del diafragma para su reacción a simular regresando su posición de inicio.

PRUIZQ LDAA #S07;  
CBA  
BNE LOAD

Restablecer la posición de origen de giro del motor.

IZQ LDAA #S0D;  
JSR DELAI;  
LDAA #S0E;  
JSR DELAI  
LDAA #S0B

Efectúa el ajuste del diafragma, para su reacción a simular, girando a la izquierda.

JSR DELAI  
LDAA #S07  
JSR DELAI  
JMP IZQ

DELAD STAA PORTD;  
LDX #S1FFF;  
DELAD1 DEX;  
BNE DELAD1  
LDAA PORTA  
ANDA #S8  
CMPA #S8  
BEQ PRUIZQ

Produce la secuencia de movimiento a la derecha, y detecta si ha llegado a su posición extrema.

	JMP DEC		
DELA1	STAA PORTD; LDX # \$AFF;	Produce la secuencia de movimiento a la izquierda.	
DELA11	DEX BNE DELA11		
DEC	DECB CMPB # \$0 BEQ PUPIL RTS		
LOAD	LDAB # 07 JMP IZQ		
PUPIL	LDAB # \$0A;	Despliega los tres valores diferentes de simulación de ojos a escoger; "1" Isocóricas, "2" Mídríáticas, ó "3" Míóticas.	
PUPIL1	LDAA # \$88; LDAA # \$08 JSR PRTB LDAA # \$4E JSR PRTB JMP PUPIL1		
PRTB	STAA PORTB; JMP WAIT;		
<b>*SUBROUTINA, ESTADO*</b>			
STATE	LDAA PORTB; CMPA # \$0B; BEQ MIDRI; CMPA # \$4E BEQ MIOTI JMP LIGHT		Realiza la preparación del estado de los ojos, ajustando el diafragma a la posición de "isocórica", ó "mídríática", ó "míótica".
MIDRI	LDAA # \$0E; JSR PRIM LDAA # \$0D JSR PRIM LDAA # \$07 JSR PRIM LDAA # \$0B JSR PRIM JMP MIDR		Efectúa el movimiento de pupila mídríática.
MIOTI	LDAA # \$0D; JSR PRIM LDAA # \$0E	Efectúa el movimiento de pupila míótica.	

```

JSR PRIM
LDAA #$0B
JSR PRIM
LDAA #$07
JSR PRIM
JMP MIOT

```

**\*SUBROUTINA DE PREPARACION\***

```

PRIM STAA PORTD;  Espera la excitación luminosa para saltar a la
POS  LDX #$FFF;   subrutina 'light'.
POS1 DEX;
      BNE POS1
      DECB.
      BEQ LIGHT
      RTS

```

**\*SUBROUTINA REACCIONAR\***

```

LIGHT LDAA PORTA;  Si recibe el estímulo luminoso, efectúa la
      ANDA #$80;   simulación.
      CMPA #$80
      BEQ ROUND
      JMP LIGHT

ROUND LDAA #$0E;  Efectúa el movimiento para cerrar la pupila.

```

```

JSR PRTO;  después de recibir el estímulo luminoso
LDAA #$0D
JSR PRTO
LDAA #$07
JSR PRTO
LDAA #$0B
JSR PRTO
JMP ROUND

```

```

PRTO STAA PORTD;  Simula el efecto de reacción de pupila, según
VEL  LDAA PORTC;   la opción elegida por el selector 1 y desplegada
      CMPA #$01;   por el display 2.
      BEQ SLOW
      CMPA #$02
      BEQ MID
      JMP END

```

```
SLOW LDY #SAFF  
      JMP MOV
```

```
MID  LDY #SEFF  
MOV  DEY  
      BNE MOV  
      DECB  
      BEQ END  
      RTS
```

```
END  STOP;           Detiene el proceso de simulación.
```

## CONCLUSIONES:

Como Ingeniero Mecánico Electricista, la aplicación de los conocimientos adquiridos a través de los años de estudio de la carrera y los anteriores deben dar como resultado el mejoramiento de la sociedad aprovechando los recursos adquiridos al máximo para un bienestar. En la vida real existen infinidad de problemas diarios en los cuales no únicamente sistemas matemáticos, físicos, ni simulaciones están presentes, sino necesidades prácticas muchas veces ajenas al ingeniero pero ligadas con una herramienta que el puede construir y manejar, es decir, puede ingeniárselas para desarrollar posibles soluciones (de aquí su nombre). Es por ello que mediante la electrónica se fabrican dispositivos que brinden información sobre un fenómeno, dispositivos para hacer la vida menos trabajosa, dispositivos que realicen tarea, etc.

El bienestar de una sociedad puede depender de su salud y el cuidado de ella debe ser una prioridad, por lo que todo esfuerzo en bien de mantenerla será de vital importancia.

Para ello existe gente especializada que pueda resolver los problemas en forma eficaz y si a ello sumamos que cuenta con las herramientas adecuadas y útiles para tal caso su trabajo será de mejor calidad y de beneficio incomparable.

En México existen muchos médicos y especialistas muy capaces en cuanto a su ramo, pero bastaría con imaginarnos al mejor de ellos sin las herramientas necesarias para trabajar. Es aquí donde surge la ayuda del ingeniero que proporciona los instrumentos de utilidad, que favorecen al trabajo del médico, y de esta manera encontramos uno de tantos casos típicos en la actualidad.

Debido a lo anterior el empleo de nuestros conocimientos como ingenieros, aplicados a casos reales, brindan un apoyo muy fuerte a otras personas resultando un beneficio conjunto que de a la sociedad una mejor y más comfortable forma de vivir. Por lo tanto los simuladores didácticos electrónicos son útiles en infinidad de aplicaciones y resultan

herramientas flexibles que proporcionan el avance en conocimientos, práctica y desarrollo humano.

Para comenzar con este dispositivo diremos que el circuito simulador didáctico cumple con satisfacción los síntomas para los que fue diseñado y es sencillo tanto su manejo, como su simulación tan cercana a la realidad, aunque la gente para la que fue diseñada no está muy acostumbrada a manejar aparatos electrónicos en vez de gente y presentó un comportamiento de utilización más que de un dispositivo didáctico el de un juego. Sin embargo conforme se familiarizan con el dispositivo comienzan a ver su utilidad sobre todo en casos extremos o raros de encontrar prácticamente.

En el dispositivo simulador notamos la facilidad que representa la utilización de un microcontrolador programable trabajando conjuntamente con dispositivos electrónicos (TTL, transistores, etc.), y elementos sumamente sencillos (resistencias, capacitores, etc.) y confiables, ya que su tamaño y versatilidad dan como resultado un circuito electrónicamente económico.

Si alguien pensara en el costo del microcontrolador de inmediato rechazaría tal aseveración, sin embargo, si tomamos en cuenta que existen muchas aplicaciones más del microcontrolador, como la simulación del movimiento de los pulmones, el movimiento de un brazo, la trituración de la comida, etc, podemos pensar en que este simulador puede ser un módulo de un simulador más complejo y completo, que de esta manera se pueda adaptar con el microcontrolador y reducir el costo del equipo total en comparación con su utilidad. Además por las características de este tipo de microcontroladores existe la posibilidad de realizar algún programa y un circuito de interface con computadora que realice innumerables simulaciones de síntomas a estudiar.

El circuito de simulación construido es sencillo de manejar puesto que no consta de muchas instrucciones u órdenes complejas, aunque con el empleo de display's de cristal líquido se hubiera presentado una forma más amigable y con mayor información para el usuario que la que presenta este simulador, sólo que obviamente aumentaría el costo del circuito y tomando en cuenta la posibilidad de tener la interface con la computadora resulta



una posibilidad descartable.

Un problema que presenta este tipo de simulador es el diafragma que reproduce el abrir y cerrar de la pupila, ya que por su delicadeza y reducido movimiento puede desajustarse con facilidad o con un manejo brusco del simulador completo.

Otra dificultad radica en la falta de aceptación de circuitos electrónicos en los medios educativos no ligados con su estudio, pues por diferentes motivos prefieren seguir con los métodos tradicionales comentando que así es suficiente y da buenos resultados.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- *M68HC11EVBU.*  
Universal Evaluation Board  
User's manual  
Motorola CO, 1991.
- 2.- *M68HC11.*  
Reference manual  
Motorola CO, 1991.
- 3.- *ENFERMERIA MEDICA.*  
Brown  
Manual, 1975.
- 4.- *ENFERMERIA MEDICO QUIRURGICA.*  
J.E. Watson  
1980.
- 5.- *STANDARD TTL HANDBOOK.*  
Texas Instruments CO.  
1989.
- 6.- *LINEAR DATABOOK 3.*  
National Semiconductor CO.  
1990.
- 7.- *MEMORIES GUIDE BOOK.*  
INTEL CO.  
1990.
- 8.- *OPTO-COUPLING DEVICES.*  
Motorola CO.  
1989.
- 9.- *MANUAL DE ENFERMERIA PRACTICA.*  
Houghton Marjorie  
Editorial CECSA.  
1978.

- 10.- *TOSHIBA OPTOELECTRONIC.*  
Semiconductors  
Toshiba CO.  
1982.
- 13.- *LOGIC DATABOOK.*  
National Semiconductor CO.  
1989.
- 14.- *THE LINEAR CONTROL CIRCUITS.*  
Databook (for design Engineers)  
Texas Instruments CO.  
Second edition. 1980.
- 15.- *SISTEMAS DIGITALES PRINCIPIOS Y APLICACIONES.*  
Ronald J. Tocci  
Editorial Prentice Hall, 1991.
- 16.- *SISTEMAS DIGITALES.*  
Fredrick J. Hill Gerald R. Peterson  
Editorial LIMUSA. 1993.

## REVISTAS

- 1 - *SABER ELECTRONICA.*  
Circuitos & Informaciones  
Vol I. Editorial SABER 1991
- 2.- *COMPUTERCRAFT.*  
The practical magazine for PC's & Microcontrollers  
Noviembre 1992

3.- *CATALOG FOR OPTIC DEVICES AND EDUCATION.*

Edmund Scientific  
1990.

4.- *MANUFACTURERS OF EMERGENCY CARE PRODUCTS.*

Dynamed  
Catalog 1024, Fall 1991.

# APENDICE

## A

# 0.6 INCH RED SEVEN SEGMENT DISPLAY

## TLR306, TLR307, TLR308, TLR309

### RED COLOR, 1 DIGIT LED DISPLAY

- 1cm Character Height Red Color Numerical and Polarity Display.
- High Efficiency Electric Luminescence from GaP Diodes, which Emit Red Light in All Directions Provides High Luminance and Low Power Requirements.
- Operates with standard TTL, IC by Same Power Supply.
- Fast Response-Suitable for Time-Shared Operation.

### TYPE NO. vs FULLY DISPLAYED FONT

COMMON CATHODE	COMMON ANODE	FULLY DISPLAYED FONT
TLR306	TLR306	8
TLR309	TLR309	+

Refer to page 76 for the figure.

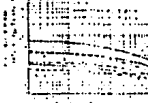
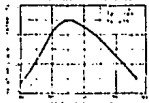
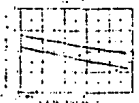
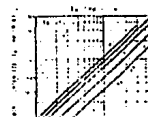
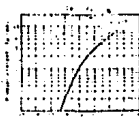
### MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
DC Forward Current (Per Segment)	$I_F$ (per 7 Seg)	35	mA
Peak Reverse Current (Per Segment)	$I_{R1}$ (per 7 Seg)	50	mA
Reverse Voltage	$V_R$	5	V
Power Dissipation	$P_D$	750	mW
		400	
Operating Temperature Range	$T_{op}$	-20 - 75	°C
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-30 - 80	°C

Note 1: Pulse Width/Period, Duty Ratio=1/10

### ELECTRICAL-OPTICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward Voltage	$V_F$	$I_F=10mA$	1.8	2.0	2.8	V
Reverse Current	$I_R$	$V_R=5V$	-	-	5	mA
Luminous Intensity/Segment	$I_v/Seg$	$I_F=10mA$	0.07	0.3	-	mc
Peak Emission Wave Length	$\lambda_p$	$I_F=10mA$	-	700	-	nm
Spectral Half Width	$\Delta\lambda$	$I_F=10mA$	-	100	-	nm
External Quantum Efficiency	$\eta_{ext}$	$V_{Fwd} = 1.8V, I_F=10mA$	-	100	-	pt



# STANDARD BRIGHT LAMP

TLR205, TLR206, TLR207, TLR208

GaP RED LIGHT EMISSION

**FEATURES:**

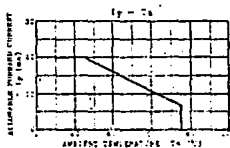
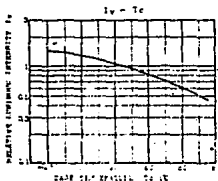
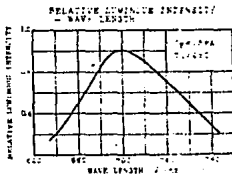
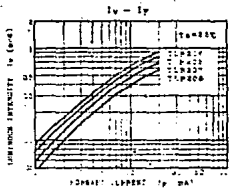
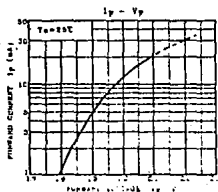
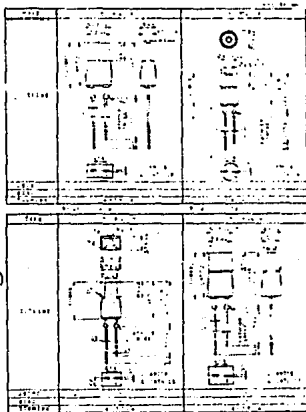
- All Plastic Mold Type
- Low Drive Current, High Intensity Red Light Emission
- Recommended Forward Current,  $I_F = 10 \text{ mA}$
- Fast Response Time, Capable of Pulse Operation

**MAXIMUM RATINGS ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )**

CHARACTERISTIC	SYMBOL	UNIT
Forward Current, IFC	$I_F$	mA
Reverse Voltage	$V_R$	V
Power Dissipation	$P_D$	mW
Operating Temperature Range	$T_{op}$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	$^\circ\text{C}$

**ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )**

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward Voltage	$V_F$	$I_F = 10 \text{ mA}$	-	2.1	2.8	V
Reverse Current	$I_R$	$V_R = 5 \text{ V}$	-	5	25	$\mu\text{A}$
Luminous Intensity	TLR205	$I_F = 10 \text{ mA}$	0.6	0.7	-	cd
	TLR206		0.4	0.6	2	cd
	TLR207		0.5	0.6	-	cd
TLR208	0.1	0.5	-	cd		
Peak Emission Wave Length	$\lambda_p$	$I_F = 10 \text{ mA}$	-	700	-	nm
Spectral Line Half Width	$\Delta\lambda$	$I_F = 10 \text{ mA}$	-	10	-	nm



# APENDICE

## B

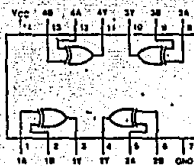


Quad 2-Input Exclusive-OR Gates

386

Positive Logic:

$$Y = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$$

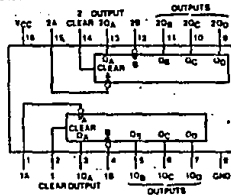


S4LS386 (J,W); 74LS386 (N)

See page 8-24

Dual Decade Counters

390 Bi-Quinary or BCD Sequences

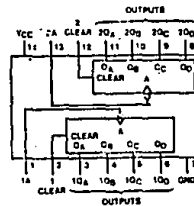


S4LS390 (J,W); 74LS390 (N)

See page 8-24

Dual 4-Bit Binary Counters

393



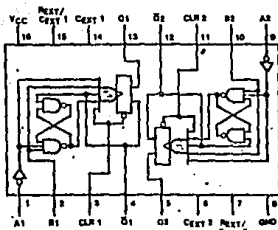
S4LS393 (J,W); 74LS393 (N)

See page 8-24

221 Dual One Shots with Schmitt-Trigger Inputs

Truth Table

Inputs		Outputs		
Clear	A	B	Q	$\bar{Q}$
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	L	L	H
H	L	H	H	L
L	L	H	H	L

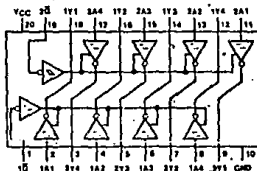


84LS221 (J,W); 74LS221 (M)

See page 5-44

Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

240 Inverted TRI-STATE® Outputs

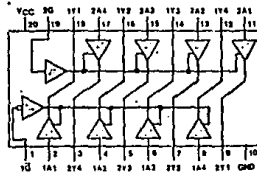


84LS240 (J); 74LS240 (M)  
54S240 (J); 74S240 (M)

See page 5-53

Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

241 Noninverted TRI-STATE® Outputs

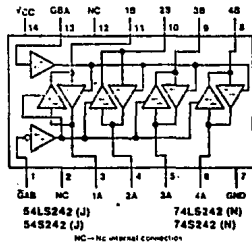


84LS241 (J); 74LS241 (M)  
54S241 (J); 74S241 (M)

See page 5-53

Quadruple BUS Transceivers

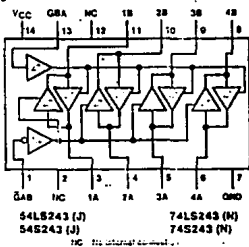
242 Inverted TRI-STATE Outputs



See page 8-57

Quadruple Bus Transceivers

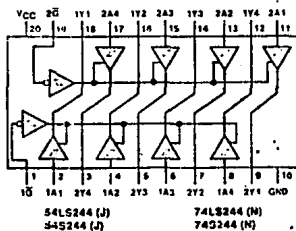
243 Noninverted TRI-STATE Outputs



See page 8-57

Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

244 Noninverted TRI-STATE Outputs



See page 8-52

## 4-5:1 Binary Counters

## 93 Divide-By-Two and Divide-By-Eight

'93A, 'L93, 'LS93  
Count Sequence  
(See Note C)

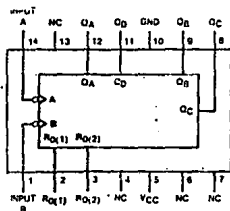
Count	Output			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

'93A, 'L93, 'LS93  
Reset Count Function Table

Reset Inputs		Output			
R <sub>O(1)</sub>	R <sub>O(2)</sub>	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
H	H	L	L	L	L
L	X	L	X	L	COUNT
X	L	L	X	L	COUNT

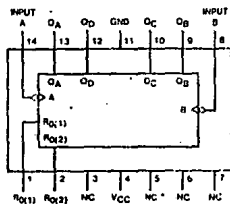
C. Output Q<sub>A</sub> is connected to input B.

See page 6-16



5493A (J,W)  
54LS93 (J,W)

7493A (N)  
74LS93 (N)

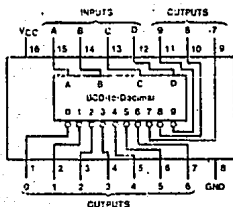


54L93 (J,W); 74L93 (N)

NC—No internal connection (54LS93, 74LS93)  
NC—Make no external connection (5427A, 7482A)  
(54L93, 74L93)

## 45 Lamp, Relay, or MOS Driver

50-mA Current Sink  
Outputs Off for Invalid Codes



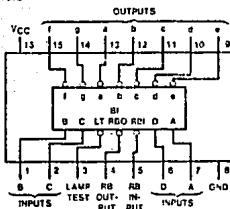
5445 (J,W); 7445 (N)

See Page 6-10

## BCD-to-Seven-Segment Decoders Drivers

46 Active-Low, Open-Collector,  
30-V Outputs

47 Active-Low, Open-Collector,  
15-V Outputs



5446A (J,W)

7446A (N)

5447 (J,W)

7447A (N)

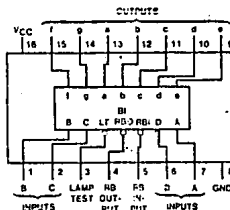
54LS47 (J,W)

74LS47 (N)

See Page 6-12

## BCD-to-Seven-Segment Decoders Drivers

48 Internal Pull-Up Outputs



5448 (J,W)

7448 (N)

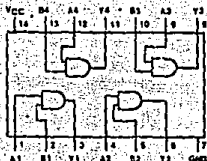
54LS48 (J,W)

74LS48 (N)

See Page 6-12

08 Quad 2-Input AND Gates

$Y = AB$

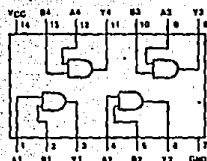


- |              |            |
|--------------|------------|
| 5408 (J,W)   | 7408 (N)   |
| 54HC8 (J)    | 74HC08 (N) |
| 54L08 (J,W)  | 74L08 (N)  |
| 54LS08 (J,W) | 74LS08 (N) |
| 54S08 (J,W)  | 74S08 (N)  |

See 2000-2-12

09 Quad 2-Input AND Gates with Open-Collector Outputs

$Y = AB$

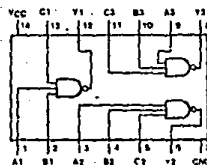


- |              |            |
|--------------|------------|
| 5409 (J,W)   | 7409 (N)   |
| 54L09 (J,W)  | 74L09 (N)  |
| 54LS09 (J,W) | 74LS09 (N) |
| 54S09 (J,W)  | 74S09 (N)  |

See 2000-2-14

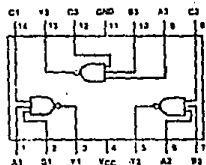
10 Triple 3-Input NAND Gates

$Y = \overline{ABC}$



- |              |            |
|--------------|------------|
| 5410 (J)     | 7410 (N)   |
| 54H10 (J)    | 74H10 (N)  |
| 54L10 (J)    | 74L10 (N)  |
| 54LS10 (J,W) | 74LS10 (N) |
| 54S10 (J,W)  | 74S10 (N)  |

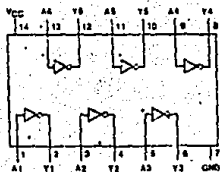
See 2000-2-4



- |           |
|-----------|
| 5410 (W)  |
| 54L10 (W) |

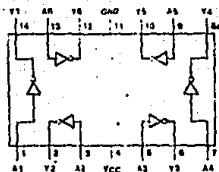
05 Hex Inverters with Open-Collector Outputs

$Y = \bar{X}$



5405 (J)                      7405 (N)  
 54LOS (J)                  74LOS (N)  
 54LS05 (J,W)              74LS05 (N)  
 54S05 (J,W)              74S05 (N)

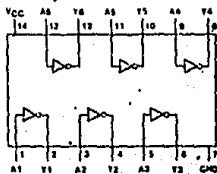
See page 66



5425 (W)                      54LC1 (W)

06 Hex Inverter Buffers with Open-Collector High Voltage Outputs

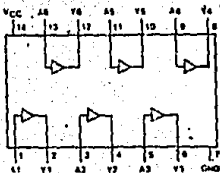
$Y = \bar{X}$



5406 (J,W); 7406 (N)

See page 67

07 Hex Buffers with Open-Collector High Voltage Outputs



5407 (J,W); 7407 (N)

See page 67

# LINEAR INTEGRATED CIRCUITS

# TYPES SE555, NE555 PRECISION TIMERS

BULLETIN NO. DL-6 12063 SEPTEMBER 1973-REVISED OCTOBER 1975

- Timing from Microseconds to Hours
- Astable or Monostable Operation
- Adjustable Duty Cycle
- TTL-Compatible Output Can Sink or Source up to 200 mA
- Designed to be Interchangeable with Signetics SE555/NE555

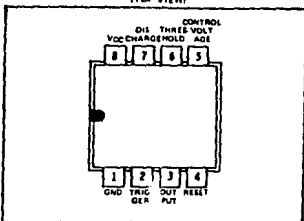
## description

The SE555 and NE555 are monolithic timing circuits capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time-delay or monostable mode of operation, the timed interval is controlled by a single external resistor and capacitor network. In the astable mode of operation, the frequency and duty cycle may be independently controlled with two external resistors and a single external capacitor.

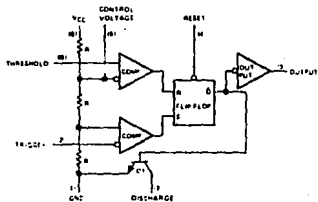
The threshold and trigger levels are normally two-thirds and one-third, respectively, of  $V_{CC}$ . These levels can be altered by use of the control voltage terminal. When the trigger input falls below the trigger level, the flip-flop is set and the output goes high. When the threshold input rises above the threshold level, the flip-flop is reset and the output goes low. The reset input can override all other inputs and can be used to initiate a new timing cycle. When the reset input goes low, the flip-flop is reset and the output goes low. When the output is low, a low impedance path is provided between the discharge terminal and ground.

The output circuit is capable of sinking or sourcing current up to 200 milliamperes. Operation is specified for supplies of 5 to 15 volts. With a 5 volt supply, output levels are compatible with TTL inputs.

30 OR P DUAL-IN-LINE PACKAGE  
(TOP VIEW)



functional block diagram



Copyright © 1975 by Texas Instruments Incorporated

TEXAS INSTRUMENTS  
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 223127 • DALLAS, TEXAS 75225



# TYPES SE555, NE555 PRECISION TIMERS

## TYPICAL CHARACTERISTICS\*

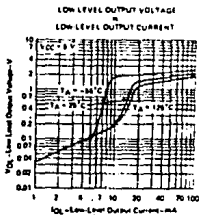


FIGURE 1

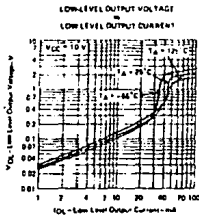


FIGURE 2

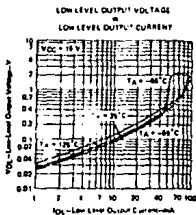


FIGURE 3

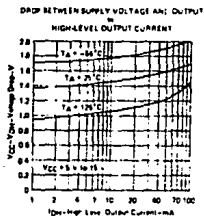


FIGURE 4

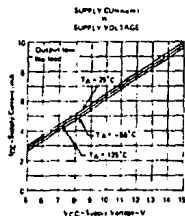


FIGURE 5

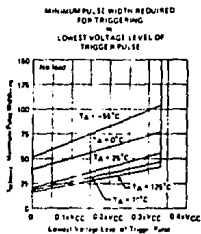


FIGURE 6

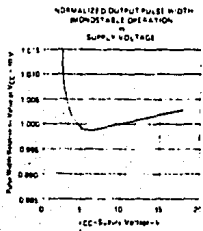


FIGURE 7

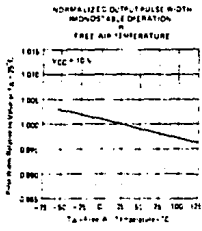


FIGURE 8

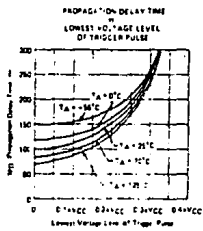


FIGURE 9

\*Data for temperatures below 0°C and above 70°C are applicable for SE555 circuits only.

# TYPES SE555, NE555 PRECISION TIMERS

## TYPICAL APPLICATION DATA

### monostable operation

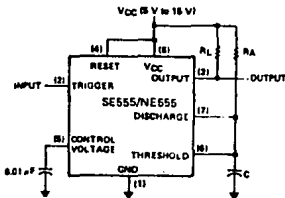


FIGURE 10—CIRCUIT FOR MONOSTABLE OPERATION

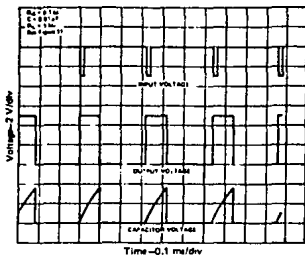


FIGURE 11—TYPICAL MONOSTABLE WAVEFORMS

For monostable operation, the SE555/NE555 may be connected as shown in Figure 10. If the output is low, application of a negative-going pulse to the trigger input sets the flip-flop ( $\bar{Q}$  goes low), drives the output high, and turns off Q1. Capacitor C is then charged through  $R_A$  until the voltage across the capacitor reaches the threshold voltage of the threshold input. If the trigger input has returned to a high level, the output of the threshold comparator will reset the flip-flop ( $\bar{Q}$  goes high), drive the output low, and discharge C through Q1.

Monostable operation is initiated when the trigger input voltage falls below the trigger threshold. Once initiated, the sequence will complete only if the trigger input is high at the end of the timing interval. Because of the threshold level and saturation voltage of Q1, the output pulse width is approximately  $t_w = 1.1 R_A C$ . Figure 12 is a plot of the time constant for various values of  $R_A$  and C. The threshold levels and charge rates are both directly proportional to the supply voltage,  $V_{CC}$ . The timing interval is therefore independent of the supply voltage, so long as the supply voltage is constant during the time interval.

Applying a negative-going trigger pulse simultaneously to the reset and trigger terminals during the timing interval will discharge C and reinitiate the cycle, commencing on the positive edge of the reset pulse. The output is held low as long as the reset pulse is low. When the reset input is not used, it should be connected to  $V_{CC}$  to prevent false triggering.

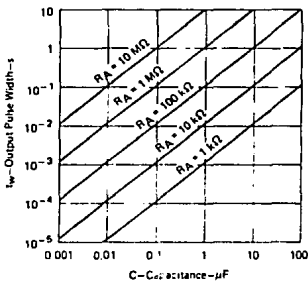


FIGURE 12—OUTPUT PULSE WIDTH vs CAPACITANCE

TEXAS INSTRUMENTS  
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75220

# TYPES SE555, NE555 PRECISION TIMERS

## TYPICAL APPLICATION DATA

### missing-pulse detector

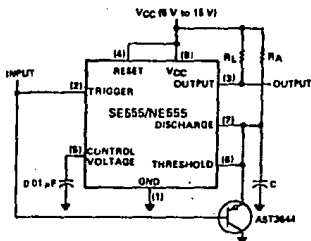


FIGURE 16—CIRCUIT FOR MISSING-PULSE DETECTOR

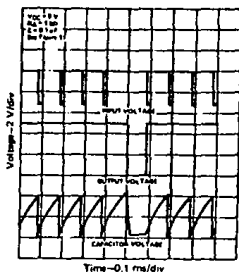


FIGURE 17—MISSING-PULSE DETECTOR WAVEFORMS

The circuit shown in Figure 16 may be utilized to detect a missing pulse or abnormally long spacing between consecutive pulses in a train of pulses. The timing interval of the monostable circuit is continuously retriggered by the input pulse train as long as the pulse spacing is less than the timing interval. A longer pulse spacing, missing pulse, or terminated pulse train will permit the timing interval to be completed, thereby generating an output pulse as illustrated in Figure 17.

### frequency divider

By adjusting the length of the timing cycle, the basic circuit of Figure 10 can be made to operate as a frequency divider. Figure 18 illustrates a divide-by-3 circuit that makes use of the fact that retriggering cannot occur during the timing cycle.

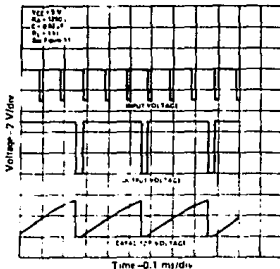
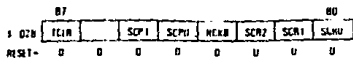


FIGURE 18—DIVIDE-BY-THREE CIRCUIT WAVEFORMS

# APENDICE

## C

**BAUD**
**SCI Baud Rate Control Register**


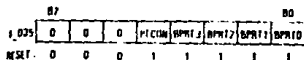
TELK Clear Baud Counter Chan (Test only)  
 RCAB SCI Baud Rate Clock Test (Test only)

**SCPI SCPO Serial Prescaler Selects**

S S		Highest Baud Rate	Highest Baud Rate	Highest Baud Rate
C C	Divide	Xtal =	Xtal =	Xtal =
P P	E by	23	8.0 MHz	4.0 MHz
1 0				
0 0	1	131.07 K	-	-
0 1	2	-	-	-
1 0	4	32.768 K	9600	4800
1 1	13	-	9600	4800
	1	2.1 MHz	2.0 MHz	1.0 MHz

**SCR2 - SCHO SCI Rate Select bit 2 thru bit 0**

S S S	Prescaler	Highest Baud Rate	Highest Baud Rate	Highest Baud Rate
C C C	Output	Rate	Rate	Rate
R R R	Divide by	32.768 K	9600	4800
2 1 0	Factor			
0 0 0	1	32.768 K	9600	4800
0 0 1	2	16.384 K	4800	2400
0 1 0	4	8.192 K	2400	1200
0 1 1	8	4.096 K	1200	600
1 0 0	16	2.048 K	600	300
1 0 1	32	1.024 K	300	-
1 1 0	64	512	-	-
1 1 1	128	-	-	-

**BAUD**
**BPROT**
**Block Protect Register**


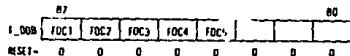
PTCO - Protect Configuration Register  
 0 = Protection disabled  
 1 = Protection enabled

BPR3-BPR0 - Block Protect EEPROM bit 3 thru bit 0  
 0 = Protection disabled  
 1 = Protection enabled

BPRx	EEPROM Locations	EEPROM Size
0	18600-1861F	32 Bytes
1	18620-1865F	1/4 Bytes
2	18660-186DF	1/8 Bytes
3	186E0-187FF	256 Bytes

Block protect register bits may be cleared to logic zero (protection disabled) only within 64 cycles of a reset.

Block protect register bits may be set to logic one (protection enabled) at any time.

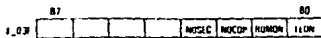
**CFORC**
**Timer Compare Force Register**


Write 1's to force compares.

**CFORC**

## CONFIG

### Configuration Control Register



**NOSEC** Security Mode (Invisible/available by MASK option)

- 0 Security mode (only if MASK option selected)
- 1 System operates normally (no security)

**NOCOP** COP System Disable

- 0 COP System enabled (forces reset on timeout)
- 1 COP System disabled

**ROMON** ROM Enable

- 0 ROM is not in the memory map
- 1 ROM on at \$D000 to \$FFFF

**EEPRM** EEPROM Enable

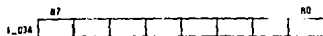
- 0 EEPROM is not in the memory map
- 1 EEPROM is present at \$B800 to \$DFFF

#### NOTE

The bits of this register are implemented with EEPROM cells. Programming and erasure follow normal EEPROM procedures. The erased state of this location is 0. A new value programmed into this register is not readable until after a subsequent reset sequence.

## COPRST

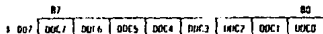
### Arm/Reset COP Timer Circuitry



Write \$55 and \$AA to reset COP watchdog timer

## DDRC

### Data Direction Register for Port C



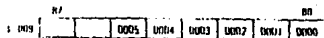
0 Inputs

1 Outputs

## DDRD

## DDRD

### Data Direction Register for Port D



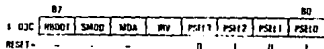
RES1 =

0 Inputs

1 Outputs

## HPRI0

### Highest Priority Interrupt and Misc.



RES1 =

(Reset condition of RB00T, SMOD, MDA, and IRV depends on power up initialization mode.)

**RB00T** Read Bootstrap ROM (Only available if SMOD = 1)

- 0 Boot ROM not in memory (hardware)
- 1 Boot ROM enabled

**SMOD** Special Mode Select

**MDA** Mode Select

Inputs		Mode Description	Latched at Reset	
MODB	MODA		SMOD	MDA
1	0	(0) Single chip	0	0
1	1	(1) Expanded multiplexed	0	1
0	0	Special bootstrap	1	0
0	1	Special test	1	1

**IRV** Internal Read Visibility

(Reset in test or boot mode = 1, in normal modes = 0)



- 0 No visibility of internal reads on external bus
- 1 Data from internal reads is driven out data bus

**PS213** PS210 Priority Select bit 2 thru bit 0

(May only be written if bit 2 thru bit 0)

## HPRI0

Parallel I/O Control Register

STAF	MNDS	DIN	PLS	EGA	PORT C	PORT B
<p>Set to active mode on STAF</p> <p>Clearing Set</p> <p>0 = STAF active</p> <p>1 = STAF inactive</p> <p>0 = STAF active</p> <p>1 = STAF inactive</p>	<p>0 = STAF active</p> <p>1 = STAF inactive</p>	<p>0 = STAF active</p> <p>1 = STAF inactive</p>	<p>0 = STAF active</p> <p>1 = STAF inactive</p>			<p>0 = STAF active</p> <p>1 = STAF inactive</p>

Port A Data Register

BIT	PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0
MODE 0	PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0
MODE 1	DA1	DA2	DA3	DA4	DA5	DA6	DA7	DA8

Port B Data Register

BIT	PB7	PB6	PB5	PB4	PB3	PB2	PB1	PB0
MODE 0	PB7	PB6	PB5	PB4	PB3	PB2	PB1	PB0
MODE 1	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8

Port C Data Register

BIT	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1	PC0
MODE 0	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1	PC0
MODE 1	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

## PORTCL

## Port C Latched Data Register

	B7							B0
I_ODS	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1	PC0

Inputs affect port C pins. PORTCL address used in hardware clearing mechanism.

## PORTD

## Port D Data Register

	B7						B0
I_ODS		PD5	PD4	PD3	PD2	PD1	PD0

MODE 0	STRB	STRS	SS <sup>0</sup>	SCX	MOS	MISO	TXD	RXD
MODE 1	0	1		WZ	WZ	WZ	WZ	WZ
MODE 1	AW	AS	SS <sup>0</sup>	SEK <td>MOS <td>MISO <td>TXD <td>RXD </td></td></td></td>	MOS <td>MISO <td>TXD <td>RXD </td></td></td>	MISO <td>TXD <td>RXD </td></td>	TXD <td>RXD </td>	RXD
MODE 1	TS1							

## PORTE

## Port E Data Register

	B7						B0	
I_ODS	PE7	PE6	PE5	PE4	PE3	PE2	PE1	PE0

PE7	PE6	PE5	PE4	PE3	PE2	PE1	PE0
AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0

Inputs only always PE0

## PORTE

## PPROG

## EEPROM Programming Register

	B7							B0
I_ODS	UDD	EVLN	BYTE	ROW	ERASE	EELAT	EEPGM	
MODE	0	0	0	0	0	0	0	

UDD: Program odd rows in half of EEPROM (Erase only)

EVLN: Program even rows in half of EEPROM (Erase only)

BYTE: Byte/Other EEPROM Erase Mode

0: Row or all erase mode will be used

1: Erase only one byte in EEPROM

ROW: Row/All EEPROM Erase Mode

0: All 512 bytes of EEPROM to be erased

1: Erase only one 16 byte row of EEPROM

ERASE: Erase/Normal Control of EEPROM

0: Normal read or program mode

1: Erase mode

EELAT: EEPROM Latch Control

0: EEPROM address latch is configured for reads

1: EEPROM bus is configured for program or erase

EEPGM: EEPROM Program Command

0: EEPROM cannot be read while EELAT = 1

1: Writeable only if EELAT = 1

0: Program for erase power switched off

1: Program for erase power switched on

## NOTE

To program EEPROM, set EELAT, then write data to desired address and then set EEPGM for the required programming time. To erase EEPROM select ROW 0 or 1, select BYTE 0 or 1, set ERASE EELAT 1 write to an EEPROM address to be erased and set EEPGM for the required erase time period.

## PPROG



### Opcode vs Instruction Cross Reference

Opcode	Operands	Instruction	ADDR Mode	Cycle
18 8R	H	LDH (opt)	IND Y	5
18 8F	H	ADCB (opt)	IND Y	5
18 1A	H	DRAB (opt)	IND Y	5
18 1R	H	ANDB (opt)	IND Y	5
18 1C	H	LDD (opt)	IND Y	8
18 1D	H	STD (opt)	IND Y	8
18 1E	H	LDY (opt)	IND Y	6
18 1F	H	STY (opt)	IND Y	6
18 1K	H, P	LDY (opt)	EXT	6
18 1L	H, B	STY (opt)	EXT	6
1A 8L	H, A	CPD (opt)	IMM	5
1A 9D	sd	CPD (opt)	DIR	6
1A A3	H	CPD (opt)	IND R	7
1A AC	H	CPX (opt)	IND R	7
1A B3	H, s	CPD (opt)	EXT	7
1A E1	H	LDY (opt)	IND X	6
1A F1	H	STY (opt)	IND X	6
CD A3	H	CPD (opt)	IND Y	7
CD AC	H	CPX (opt)	IND Y	7
CD 1E	H	LDX (opt)	IND Y	6
CD 1F	H	STX (opt)	IND Y	6

### NOTES

- Operands
  - sd 8 bit direct address 9000 500F (high byte as saved to be 9001)
  - H 8 bit positive offset 100 00 to 6FF 0265 added to register
  - H, P register
  - H, B register
  - H, s one byte of immediate data
  - H, A one byte of immediate data
  - H, A high order byte of 16 bit immediate data
  - H, A low order byte of 16 bit immediate data
  - H, R register
  - H, R low order byte of 16 bit extended address
  - H, R high order byte of 16 bit extended address
  - H, R 8 bit mask (not bits to be affected)
  - H, R signed relative offset 800 00 to 7FF 0177
  - H, R offset from the address following the machine (two offset byte)

### INSTRUCTIONS, ADDRESSING MODES, AND EXECUTION TIMES

Source (Format)	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Opcode	Machine Coding (Headcode)	Bytes	Cycle	Condition Codes
18 8 R	LDH (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 A	ADCB (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 R	ANDB (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 C	LDD (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 D	STD (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 E	LDY (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 F	STY (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 K	LDY (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	EXT	10	1	3	S X H I N Z V C
18 1 L	STY (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	EXT	10	1	3	S X H I N Z V C
1A 8 L	CPD (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IMM	10	1	3	S X H I N Z V C
1A 9 D	CPD (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	DIR	10	1	3	S X H I N Z V C
1A A 3	CPD (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND R	10	1	3	S X H I N Z V C
1A A C	CPX (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND R	10	1	3	S X H I N Z V C
1A B 3	CPD (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	EXT	10	1	3	S X H I N Z V C
1A E 1	LDY (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND X	10	1	3	S X H I N Z V C
1A F 1	STY (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND X	10	1	3	S X H I N Z V C
CD A 3	CPD (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
CD A C	CPX (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
CD 1 E	LDX (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C
CD 1 F	STX (opt)	$A \cdot \bar{M} \cdot C = A$	IND Y	10	1	3	S X H I N Z V C

Source Format	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operands	Machine Coding (Hexadecimal)		Op	S	Z	X	M	I	N	Z	V	C		
				OpCode	Operands												
ADDA oprr	Add Memory to A	$A + M \rightarrow A$	A INM	BB	-	2	2										
			A DIR	BB	dd	2	3										
			A EXT	BB	hh ll	3	4										
			A INDX	AB	H	2	4										
			A INDY	1B AB	H	3	5										
ADDB oprr	Add Memory to B	$B + M \rightarrow B$	B INM	CB	-	2	2										
			B DIR	CB	dd	2	3										
			B EXT	CB	hh ll	3	4										
			B INDX	CB	H	2	4										
			B INDY	1B CB	H	3	5										
ADDC oprr	Add 6 Bits to D	$C + M + 1 \rightarrow D$	MM	C3	ll hh	3	4										
			D.R	D3	dd	2	5										
			EXT	F3	hh ll	3	6										
			INDX	E3	H	2	6										
			INDY	1B E3	H	3	7										
ANDA oprr	AND A with Memory	$A \wedge M \rightarrow A$	A INM	B4	-	2	2										
			A DIR	B4	dd	2	3										
			A EXT	B4	hh ll	3	4										
			A INDX	A4	H	2	4										
			A INDY	1B A4	H	3	5										

ANDB oprr	AND B with Memory	$B \wedge M \rightarrow B$	B INM	C4	-	2	2									
			B DIR	D4	dd	2	3									
			B EXT	F4	hh ll	3	4									
			B INDX	E4	H	2	4									
			B INDY	1B E4	H	3	5									
ASL oprr	Arithmetic Shift Left		EXT	7B	hh ll	3	6									
			INDX	5B	H	2	6									
			INDY	7B	H	3	7									
			A INM	4B	-	1	2									
ASL.A																
ASL.B																
ASLD	Arithmetic Shift Left Double		MM	05	-	1	3									
ASR oprr	Arithmetic Shift Right		EXT	77	hh ll	3	6									
			INDX	57	H	2	6									
			INDY	77	H	3	7									
			A INM	47	-	1	2									
ASRA																
ASRB																
BCC oprr	Branch if Carry Clear	$\neg C \rightarrow C$	REL	23	ll	2	3									
BCLR oprr mask	Clear Bits	$M \wedge \overline{R} \rightarrow M$	DIR	15	dd mm	3	5									
			INDX	1D	H mm	3	7									
			INDY	1D	H mm	4	8									
BCS oprr	Branch if Carry Set	$C \rightarrow C$	REL	25	ll	2	3									
BEQ oprr	Branch if Zero	$Z \rightarrow Z$	REL	27	ll	2	3									











Source Format:	Operation	Boolean Expression	Addressing Mode for Operand	Machine Coding (Hexadecimal)		Byte	Cycle	Condition Codes											
				Opcode	Operands			S	X	H	I	N	Z	V	C				
TAB	Transfer A to B	A ← B	INH	16		1	2												
*AD	Transfer A to CC Register	A ← CC R	INH	06		1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
*BA	Transfer B to A	B → A	INH	17		1	2												
TEST	TEST Only in Test Modes	A ← test B, etc.	INH	30		1	2												
TPA	Transfer CC Register to A	CC R → A	INH	37		1	2												
TST (op)	Test for Zero or Status	M ← 0	EXT	1D	hh ll	3	6												
			IND X	6D	hh ll	2	6												
			IND Y	18 6D	hh ll	3	7												
TSTA		A ← 0	A INH	4D		1	2												
TSTB		B ← 0	B INH	5D		1	2												
TSX	Transfer Stack Pointer to X	SP ← * - 1X	INH	30		1	3												
TSY	Transfer Stack Pointer to Y	SP ← * - 1Y	INH	18 30		2	4												
TXS	Transfer X to Stack Pointer	1X ← SP	INH	35		1	3												
TYS	Transfer Y to Stack Pointer	1Y ← SP	INH	18 35		2	4												
WAIT	Wait for Interrupt	Stack Regs & WAIT	INH	3E		1	**												
XGDY	Exchange D with X	1X ← D ← 1X	INH	8F		1	3												
XGDY	Exchange D with Y	1Y ← D ← 1Y	INH	18 8F		2	4												

#### NOTES

- Cycle
  - - Infinity or until reset occurs
  - - 12 cycles are used beginning with the opcode fetch. A wait state is entered which remains in effect for an integer number of MPU clock cycles (N) until an interrupt is recognized. Finally two additional cycles are used to fetch the appropriate interrupt vector (total = 14 + N).

#### Operands.

- dd = 8-bit direct address 4000-400FF (High byte assumed to be 400.)
- ff = 8-bit positive offset: 400/01 to 4FF/255 added to index
- hh = High order byte of 16-bit extended address
- ll = Low order byte of 16-bit extended address
- o = One byte of immediate data
- h = High order byte of 16-bit immediate data
- l = Low order byte of 16-bit immediate data
- 1 = Low order byte of 16-bit extended address
- 11 = 1 ← 1X, set unit to be affected
- \*\* = Signed relative offset 18C → 12B; to 4FF → 127; Offset to 4FF = the address following the machine code offset byte

#### Condition Codes

- B1 not changed
- 0 Status cleared (logic 0)
- Status set (logic 1)
- ! B1 clear or set depending on operation
- ! B1 may be cleared, cannot become set



# PHOTO TRANSISTOR

## TPS604

### SILICON NPN EPITAXIAL PLANAR

#### SILICON PHOTO TRANSISTOR FOR PHOTO SENSOR

- OPTICAL SWITCH, TAPE CARD READERS, VELOCITY SENSOR
- High Sensitivity:  $I_c \approx 300 \mu A$  ( $I_{ph} = 1$ )
- Spectrally and Mechanically Matched with IR Emitter Transistor
- Class-to-Metal Seal Header
- Base Contact Generally Available
- Saturation Level Directly Compatible with Most TTL

#### MAXIMUM RATINGS $T_a = 25^\circ C$ :

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Emitter Voltage	$V_{CE0}$	40	V
Collector-Base Voltage	$V_{CB0}$	30	V
Emitter-Base Voltage	$V_{EB0}$	5	V
Emitter-Collector Voltage	$V_{EC0}$	5	V
Collector Current	$I_c$ (Typ)	30	mA
Collector Power Dissipation	$P_c$	150	mW
Collector Power Dissipation Derating	$\Delta P_c / ^\circ C$	-1.2	mW/ $^\circ C$
Operating Temperature Range	$T_{opr}$	$-30 \sim 125$	$^\circ C$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	$-65 \sim 150$	$^\circ C$

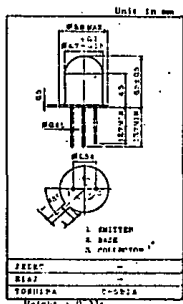
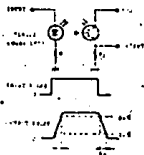


FIG. 1 SWITCHING TIME TEST CIRCUIT



#### OPTO-ELECTRICAL CHARACTERISTICS: $T_a = 25^\circ C$ :

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	1TP.	MAX.	UNIT
Dark Current	$I_{p}(I_{CE0})$	$V_{CE} = 30V, I_B = 0$	-	10	200	nA
Light Current	$I_c$	$V_{CE} = 30V, E = 0.1 \mu W/cm^2$ (Note)	80	300	-	$\mu A$
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_c = 30mA, E = 0.1 \mu W/cm^2$ (Note)	-	0.25	0.4	V
Switching Time	Rise Time	$t_r$	-	1	-	ns
	Fall Time	$t_f$	-	2	-	ns

