

881217

9  
24

# UNIVERSIDAD ANAHUAC

Escuela de Ingeniería con estudios incorporados a la Universidad  
Nacional Autónoma de México



UNIVERSIDAD ANAHUAC  
VINCE IN BONO MALUM

## DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TEMPORIZADOR ELECTRONICO DIGITAL

### TESIS

Que para obtener el título de:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

Presenta el alumno:

**FERNANDO FUENTES URANGA**





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 esta 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.

## CONTENIDO

	Página
1. Introducción	1
1.1. Justificación	3
1.2. Objetivos	4
1.3. Alcances	5
2. Aspectos teóricos	8
2.1. Temporizadores	8
2.2. Osciladores	16
2.2.1. Sistemas de retroalimentación	19
2.2.2. Multivibradores	22
2.2.2.1. Multivibradores monoestables	23
2.2.2.2. Multivibradores biestables	26
2.2.2.3. Multivibradores astables	35
2.2.3. Osciladores con circuitos integrados	36
2.2.4. Precisión y exactitud	44
2.2.4.1. Efectos de la temperatura	46
2.2.4.2. Factor de calidad	47
2.2.5. Osciladores con cristales	52
2.3. Registros de memoria	59

2. Aspectos teóricos (cont.)	
2.4. Contadores	65
2.5. Divisores de frecuencia	67
2.6. Comparadores	69
3. Características del diseño	74
3.1. Tensiones y corrientes de alimentación	76
3.2. Señal de entrada	75
3.3. Señales de salida	81
4. Análisis de Factibilidad	84
4.1. Algunos temporizadores existentes	86
4.1.1. Temporizadores nacionales	87
4.1.2. Temporizadores extranjeros	92
4.1.3. Análisis de alternativas	97
4.2. Disponibilidad de componentes en México	98
4.2.1. Componentes	99
4.2.2. Accesorios	108
4.2.3. Análisis de alternativas	115
5. Diseño del temporizador	121
5.1. Diseño del divisor de frecuencia	121
5.1.1. Diseño preliminar	122
5.1.2. Cálculo y diseño definitivo	142
5.2. Diseño del oscilador	147
5.2.1. Diseño preliminar	147
5.2.2. Cálculo y diseño definitivo	152

5. Diseño del temporizador (cont.)	
5.3. Diseño del contador	153
5.3.1. Diseño preliminar	154
5.3.2. Cálculo y diseño definitivo	157
5.4. Diseño de los registros de memoria	159
5.4.1. Diseño preliminar	159
5.4.2. Cálculo y diseño definitivo	161
5.5. Diseño de las configuraciones de entrada	164
5.5.1. Diseño preliminar	164
5.5.2. Cálculo y diseño definitivo	167
5.6. Diseño de las configuraciones de salida	171
5.6.1. Diseño preliminar	172
5.6.2. Cálculo y diseño definitivo	176
5.7. Diseño definitivo del temporizador	179
5.7.1. Diagrama de bloques del temporizador	179
5.7.2. Lista de partes	181
5.7.3. Diagramas de configuración	183
5.7.4. Esquemas eléctricos	186
5.7.5. Esquemas de los circuitos impresos	195
5.7.6. Esquemas de la carátula	200
5.7.7. Instrucciones de ensamble	205
6. Manual del usuario	208
6.1. Especificaciones	208
6.2. Instalación del temporizador	212
6.3. Operación del temporizador	214

7. Manual de mantenimiento	219
7.1. Precauciones en el manejo y reparación del temporizador	219
7.2. Fallas y soluciones	222
8. Aspectos económicos	233
9. Conclusiones	238
9.1. Conclusiones sobre el trabajo y prototipo	239
9.2. Características y cualidades adicionales	243
9.3. Posibles innovaciones futuras	244
9.4. Comentarios finales	246
- Apéndice A Moldeo de materiales termoplásticos por inyección	248
- Apéndice B Características de los circuitos integrados	257
- Apéndice C Cálculo de la exactitud y precisión del temporizador	282
- Bibliografía	286

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

En la actualidad el hombre se encuentra en una revolución tecnológica. La electrónica es un área de desarrollo de esta revolución, la cual ha tenido una gran influencia en la sociedad, al grado de cambiar la forma de vida de las personas. Desde sus inicios hasta la fecha, la electrónica ha sufrido muchos cambios importantes. Partiendo desde sus orígenes en la electricidad, pasando por la invención de los bulbos y de los transistores, hasta llegar a los circuitos de muy grande escala de integración (VLSI)<sup>1</sup>, esta rama de la ciencia se ha desarrollado constantemente a través de los años, y en las últimas décadas en forma muy acelerada. Debido a los avances logrados, la electrónica ha llegado a formar una parte importante, tanto en la industria, como en el campo de investigaciones y desarrollos tecnológicos.

---

1) En inglés "Very Large Scale Integration".

A causa del crecimiento tan marcado que esta ciencia ha tenido, y a la falta de recursos económicos, países como México no han podido mantener el mismo nivel de desarrollo electrónico que algunos países más avanzados tecnológicamente tienen. A mediados de este siglo la brecha existente no era muy grande, pero esta situación fue cambiando a través del tiempo, y en la actualidad México tiene un atraso grande en esta rama de la ciencia. Sin embargo, el interés de México en la electrónica nunca desapareció, y el país siempre ha contado con mentes brillantes interesadas en ella.

Lamentablemente, ya ha pasado mucho tiempo desde que México dejó de invertir a grande escala para desarrollar esta ciencia. Sumado ésto al hecho de que la electrónica en otros países se ha desarrollado en forma exponencial en las últimas dos décadas, es prácticamente imposible ponerse a la par de nuevo si se parte del sitio en donde se dejó. Pero lo que México sí puede tratar de hacer es aprovechar tantos años de investigación por parte de otros países, y utilizar los conocimientos logrados, adaptándolos a sus necesidades. Al principio la estrategia a seguir sería la de copiar todas las ideas ya existentes, pero después, poco a poco, se podrían ir desarrollando ideas propias, hasta poder llegar a un cierto nivel reconocido mundialmente. Esto no es imposible de lograr, y sobre todo teniendo tantos recursos naturales y humanos como los que tiene México.

## 1.1. Justificación

Dentro de la electrónica, una rama de mucha importancia es la de sistemas de control. Gran parte de los sistemas de control modernos son de tipo electrónico, y tienen como finalidad el automatizar todo tipo de procesos y máquinas, proporcionándoles incomparables mejoras en la velocidad de respuesta y, al mismo tiempo, disminuyendo el error por debajo del existente en sistemas de control de tipo mecánico o neumático.

Los sistemas de control electrónicos están compuestos por diversas unidades o módulos electrónicos, entre los cuales destacan los módulos de control de tiempo, mejor conocidos como temporizadores. Los temporizadores forman una parte importante en casi todos los sistemas de control, y están presentes en un gran número de ellos.

Actualmente, México tiene una cierta dependencia del extranjero en cuanto a temporizadores digitales de uso industrial aplicables a sistemas de control electrónicos. Esto implica una serie de problemas que afectan directamente a la industria mexicana. Aparte de las limitaciones en cuanto al desarrollo de sistemas de control de tipo electrónico digital de fabricación nacional, y a la reparación de sistemas extranjeros ya existentes, la industria se ve forzada a importar temporizadores a precios elevados. Debido a esto,

se considera justificable el tratar de promover la fabricación de este tipo de control en México para así no tener una dependencia tan grande del extranjero.

## 1.2. Objetivos

El objetivo principal que busca la realización de este trabajo es establecer las bases para la construcción de un temporizador electrónico digital programable, y construir un temporizador prototipo, para así promover la fabricación de este módulo en México. De esta forma, poco a poco se puede integrar un sistema de control electrónico digital de origen nacional. El prototipo terminado tendrá las siguientes características:

- Dos temporizadores en un solo módulo.
- Programación de tiempo mediante interruptores digitales.
- Selección de dos rangos diferentes de tiempo.
- Alta precisión y exactitud.
- Amplio rango de tensiones de alimentación.
- Luces indicadoras de estado.
- Configuraciones de salida de acuerdo a lo requerido

Otro objetivo que tiene este trabajo es tratar de asesorar a los estudiantes mexicanos en su formación profesional dentro de la electrónica. Esta ciencia es una

llave al progreso, y es imperioso que cada vez hayan más jóvenes mexicanos interesados en ella.

### 1.5. Alcances

Este trabajo está dividido en nueve capítulos, los cuales a su vez están subdivididos en diferentes secciones, para poder así estructurarlo de la mejor manera posible.

En el presente capítulo se da un antecedente breve del nivel de desarrollo de la electrónica y el papel que desempeña en la vida actual, y en especial en México. También se establecen las razones que justifican la realización de este trabajo, el propósito que tiene, y sus alcances.

El capítulo dos da una explicación de las bases teóricas relacionadas con los temporizadores electrónicos programables de tipo digital. En este capítulo se desea establecer los conocimientos necesarios para poder diseñar y construir un temporizador digital.

El capítulo tres aclara cual será el sistema de control al que se implementará el temporizador, para así poder establecer las características que el temporizador prototipo debe tener.

En el capítulo cuatro se lleva a cabo un análisis de factibilidad para demostrar que la construcción de un

temporizador digital en México es conveniente y factible. En este capítulo se estudian y comparan diferentes tipos de temporizadores ya existentes, y diversos componentes que pueden ser empleados en la construcción del temporizador prototipo.

En el capítulo cinco se realizan los cálculos pertinentes y las pruebas necesarias para poder diseñar el temporizador, y se lleva a cabo el diseño. En este capítulo también se presentan las instrucciones de ensamble para la construcción del prototipo.

El capítulo seis es empleado para presentar el manual del usuario del temporizador. En él se aclaran las características del temporizador, el procedimiento correcto de instalación, su funcionamiento y su forma correcta de operación.

En el capítulo siete se encuentra el manual de mantenimiento del temporizador. En este capítulo se dan algunas explicaciones de como probar y reparar el temporizador, y se dan algunas instrucciones pertinentes relacionadas a su manejo.

El capítulo ocho se emplea para presentar los costos de todas las partes que forman al temporizador, y el costo total de éste.

En el último capítulo, el capítulo nueve, se presentan las conclusiones a las que se llegaron al final de este trabajo.

Finalmente, en la parte posterior de este trabajo se presentan tres apéndices a forma de consulta.

Cabe aclarar que se desea construir únicamente un prototipo porque este trabajo no busca implantar un sistema de producción de temporizadores, sino que busca promover la futura fabricación de éstos en México, para lo cual se establecerán todas las bases necesarias. En cualquier forma, el prototipo será funcional.

Este trabajo busca despertar el interés en la industria mexicana para fabricar algún tipo de sistema de control electrónico digital en el país. De esta forma, se puede empezar a emprender el largo camino que existe por delante para ponerse a la par con países más avanzados, y con ello, obtener una tecnología electrónica reconocida mundialmente.

de estandarización, los cuales radian señales para calibración y medición de tiempo con una precisión de 1 en  $10^{12}$ . MÁS AUN, ESTAS SEÑALES DE ESTANDARIZACIÓN PUEDEN RECIBIRSE EN LABORATORIOS EN ALGÚN RINCÓN OPUESTO DEL MUNDO UN DÉCIMO DE SEGUNDO DESPUÉS DE QUE SE ENVIARON.

En la actualidad existen diversos tipos de temporizadores. Estos varían desde algunos muy sencillos e inexactos con una sola función, hasta otros sumamente complicados con un gran número de funciones diferentes y con exactitudes casi perfectas.

Pero para poder entender correctamente el funcionamiento de un temporizador, primero se debe definir lo que es en sí un aparato de este tipo.

Un temporizador es un artefacto que se utiliza para poder medir el paso del tiempo. Los temporizadores existen desde hace muchos años. Sin embargo, en sus inicios éstos eran principalmente de tipo mecánico. Después, poco a poco se fueron implementando temporizadores de otros tipos, como lo son los hidráulicos y neumáticos. No fue hasta después de muchos años de su invención que surgieron los temporizadores electromecánicos, y posteriormente, los eléctricos y electrónicos.

## CAPITULO 2

### ASPECTOS TEORICOS

Para poder lograr la construcción de un temporizador digital y comprender correctamente su funcionamiento, primero es necesario entender varios aspectos teóricos y dominar algunas bases elementales. Es preciso conocer los conceptos que rigen algunos componentes y elementos de tipo electrónico, y entender los principios básicos y fundamentales bajo los cuales operan los temporizadores.

Este capítulo está destinado a la presentación de los aspectos teóricos relacionados a los temporizadores de tipo digital.

#### 2.1. Temporizadores

Los alcances y avances de la electrónica actual se demuestran en forma concisa en el campo de la medición del tiempo. Como ejemplo de esto se encuentran los laboratorios

de standardización, los cuales radian señales para calibración y medición de tiempo con una precisión de 1 en  $10^{15}$ . Más aun, estas señales de standardización pueden recibirse en laboratorios en algún rincón opuesto del mundo un décimo de segundo después de que se enviaron.

En la actualidad existen diversos tipos de temporizadores. Estos varían desde algunos muy sencillos e inexactos con una sola función, hasta otros sumamente complicados con un gran número de funciones diferentes y con exactitudes casi perfectas.

Pero para poder entender correctamente el funcionamiento de un temporizador, primero se debe definir lo que es en sí un aparato de este tipo.

Un temporizador es un artefacto que se utiliza para poder medir el paso del tiempo. Los temporizadores existen desde hace muchos años. Sin embargo, en sus inicios éstos eran principalmente de tipo mecánico. Después, poco a poco se fueron implementando temporizadores de otros tipos, como lo son los hidráulicos y neumáticos. No fue hasta después de muchos años de su invención que surgieron los temporizadores electromecánicos, y posteriormente, los eléctricos y electrónicos.

La medición del tiempo se puede efectuar mejor con aparatos de tipo electrónico que de tipo mecánico. Esto es debido a la mayor exactitud, velocidad, sensibilidad y confiabilidad que los aparatos electrónicos dan.

Dentro de los temporizadores electrónicos existen principalmente dos clases diferentes: Los analógicos y los digitales. Los analógicos son aquellos que se rigen mediante una señal base de tiempo cuya onda es analógica; es decir, la forma de onda es de tipo senoidal. Los digitales son aquellos que emplean una señal de onda cuadrada como base de tiempo, en la que se tienen solamente dos estados; uno alto y otro bajo. En los temporizadores digitales prácticamente no existen estados intermedios, como lo existen en los temporizadores de tipo analógico.

Los sistemas electrónicos empleados en la medición del tiempo están basados en su habilidad de producir una serie de pulsos de determinada frecuencia y duración con una precisión casi perfecta. Por lo tanto, un circuito electrónico que emplee un cristal de cuarzo, el cual vibra a una frecuencia constante con gran exactitud, puede procesarse con circuitos digitales divisores de frecuencias para producir una señal de baja frecuencia que tenga un error de variación casi imperceptible.

El ciclo de un temporizador da comienzo cuando se le manda una señal de excitación a través de su sistema de control de entrada, el cual debe tener la configuración necesaria. A la salida del sistema de entrada se puede tener una o varias señales, las cuales se mandan a diferentes secciones del temporizador. A pesar de que se pueden construir temporizadores digitales de muchas formas distintas, se observa que básicamente todos están formados por cuatro o cinco secciones diferentes.

La más importante de estas secciones es la que forma el oscilador. La precisión y exactitud del temporizador están íntimamente ligadas a esta sección. En el oscilador se genera una señal a una frecuencia determinada y pre-establecida.

La señal producida en el oscilador es, por lo general, una señal con una frecuencia muy alta. A consecuencia, normalmente esta señal debe ser procesada con la ayuda de un divisor de frecuencia para poder así obtener una señal a una frecuencia adecuada. El divisor de frecuencia es precisamente otra de las secciones mencionadas con anterioridad.

Una vez que se tiene una señal procesada a una frecuencia deseada, ésta pasa a la siguiente sección del temporizador, la cual es un contador. La función del contador, como su nombre lo indica, es contar la cantidad de

pulsos que le van llegando a través de la señal procesada. En esta sección se efectúa la medición del tiempo, en base a la cantidad de pulsos que se registran en su entrada. Debido a esto, el inverso de la frecuencia de la señal de entrada a esta sección debe ser igual a la unidad mínima de tiempo que se desea medir.

Dependiendo del sistema y de la aplicación del temporizador, se puede o no requerir de un comparador, que sería otra de las secciones del temporizador. En caso de no tener que hacer uso de un comparador, el contador debe ir contando la cantidad de pulsos en su entrada, y cuando ésta sea igual a un número guardado en un registro de memoria, representativo del tiempo que se desea medir, se debe dar una señal de salida. En caso de tener que emplear un comparador, el contador debe tener varias salidas que se empleen en conjunto y simultáneamente para poder formar un código numérico (binario) representativo de la cantidad de pulsos que se han contado. Este código es entonces analizado por el comparador y comparado con un código que se encuentra guardado en memoria, el cual representa el número del tiempo que se desea medir. Cuando los códigos en la memoria y a la salida del contador sean iguales entonces el comparador debe dar una señal de salida.

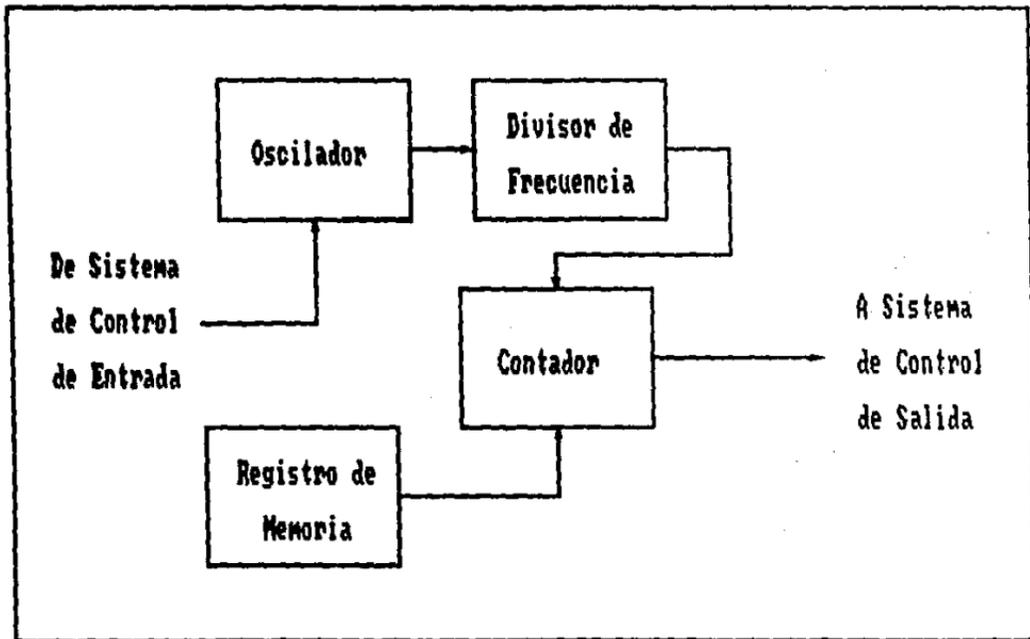


Fig. 2.1. Diagrama de bloques de un temporizador electrónico digital de cuatro secciones.

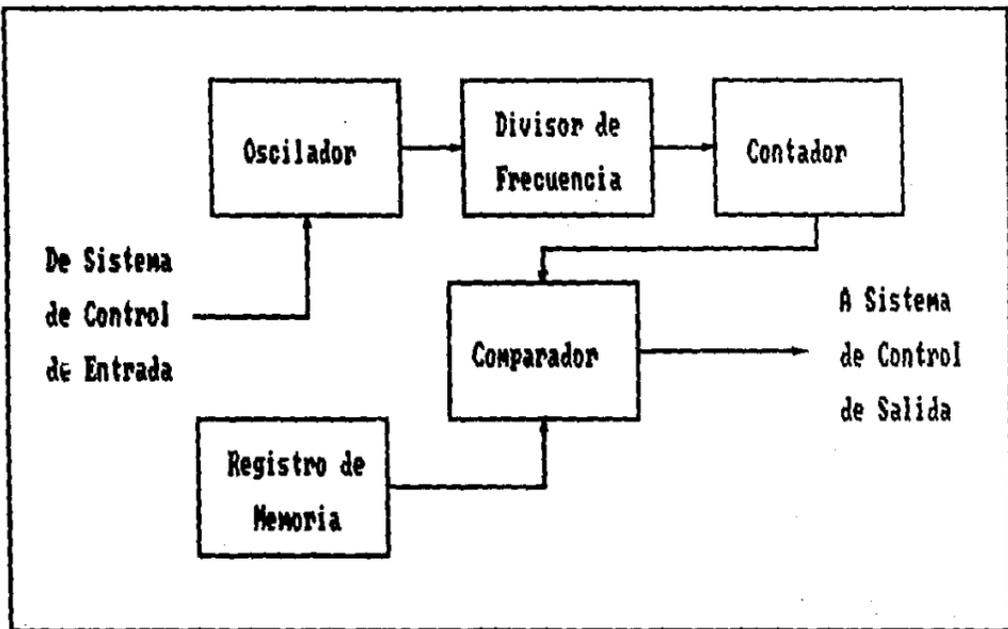


Fig. 2.2. Diagrama de bloques de un temporizador electrónico digital de cinco secciones.

Como ya se pudo haber supuesto, el registro de memoria es la última de las secciones mencionadas que forman parte de un temporizador. Los registros de memoria pueden ser de tipo mecánico o electrónico, y prácticamente la única característica importante que estos deben tener es que su código de salida sea compatible con el del contador o comparador.

Por último, cabe mencionar que la señal de salida que debe existir en el contador o comparador, después de haberse medido el tiempo deseado, excita a un sistema de control de salida, el cual debe tener las configuraciones necesarias.

En la figura 2.1. se muestra el esquema, en forma de diagrama de bloques, de un temporizador formado con cuatro de las diferentes secciones mencionadas anteriormente (sin el uso de un comparador). En la figura 2.2. se muestra el diagrama de bloques de un temporizador formado con todas las secciones mencionadas. Como se puede apreciar, existen algunas diferencias básicas entre estos dos diseños de temporizadores. Una de las diferencias es que en el diseño que emplea únicamente cuatro secciones el registro de memoria se conecta al contador, y en el diseño que emplea cinco secciones el registro se conecta al comparador. La otra diferencia radica en que en el diseño con cuatro secciones la señal que va

hacia el sistema de control de salida proviene del contador, mientras que en el diseño con cinco secciones la señal proviene del comparador.

Con el propósito de aclarar todos estos conceptos, y algunos otros de suma importancia, en el resto de este capítulo se discutirán cada una de estas secciones por separado más a fondo.

## 2.2. Osciladores

En la actualidad, existen un sin fin de clases y tipos de osciladores. En el estudio de la física, se le da la denominación de "oscilador" a todo aquel aparato destinado a generar oscilaciones, ya sean mecánicas o eléctricas. Una oscilación es un movimiento de vaivén de un cuerpo o partícula, a un lado y otro de su posición de equilibrio.

El universo está lleno de movimientos oscilatorios. Como algunos ejemplos de esto se pueden mencionar las oscilaciones de una masa sujeta a un resorte, el balanceo de un reloj, los átomos y moléculas en una estructura cristalina sólida, etc.

Sin embargo, no solamente los sistemas mecánicos pueden oscilar. Existen también muchos sistemas oscilatorios de tipo eléctrico. Como ejemplo de esto se encuentran las

ondas electromagnéticas las cuales son oscilantes, y son producidas por campos magnéticos y eléctricos que también oscilan.

Desde el punto de vista de la electrónica, un oscilador es un circuito electrónico capaz de generar señales de corriente alterna, de cualquier forma de onda, dentro de un muy amplio rango de frecuencias. La corriente alterna generada es de amplitud, frecuencia y fase constantes. Existen dos clases básicas de osciladores electrónicos: Los osciladores armónicos y los osciladores de relajamiento.

Los osciladores armónicos son aquellos que producen una señal de salida con una única frecuencia; la señal de salida es una onda de tipo senoidal. Este tipo de oscilador se puede obtener empleando diferentes métodos, entre los cuales se encuentran los circuitos sintonizados (con inductancias y capacitancias). A partir de este tipo de osciladores se obtiene una señal analógica.

Los osciladores de relajamiento son todos aquellos que no sean osciladores armónicos. Este tipo de oscilador genera señales de salida con formas de onda más complejas que las de los osciladores armónicos. Estas formas de onda pueden ser cuadradas, triangulares o de diente de sierra.

CLASIFICACION	RANGO DE FRECUENCIA
Frecuencia subaudible (VLF)	0 - 20 Hz
Frecuencia audible (AF)	20 Hz - 20 kHz
Frecuencia baja (LF)	20 kHz - 300 kHz
Frecuencia media (MF)	300 kHz - 3 MHz
Frecuencia alta (HF)	3 MHz - 30 MHz
Frecuencia muy alta (VHF)	30 MHz - 300 MHz
Frecuencia ultra alta (UHF)	300 MHz - 3,000 MHz
Microondas	Sobre 3,000 MHz

Tabla 2.1. Diferentes frecuencias generadas por osciladores.

El término de relajamiento es empleado debido a que en este tipo de osciladores existe un cambio radical de un extremo de la onda a otro en la generación de la señal de salida. Es decir, el cambio de un estado a otro no es paulatino como se observa en una señal analógica de forma senoidal, sino que es prácticamente instantáneo. Uno de estos dos estados se considera quiescente, o en reposo (normalmente bajo), mientras que el otro se considera activo (normalmente alto). En la electrónica digital, estos estados se conocen como estados lógicos. Un estado bajo se denomina cero lógico, mientras que un estado alto se denomina uno lógico.

Los osciladores se pueden construir para que operen desde frecuencias muy bajas hasta frecuencias sumamente altas. En la tabla 2.1. se muestra todo el rango de frecuencias que se puede obtener y sus clasificaciones.

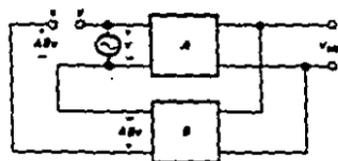
Hasta aquí se han discutido los comportamientos de los osciladores y los diferentes tipos que existen. Sin embargo, no se han analizado los requisitos que son necesarios para obtener un oscilador electrónico. A continuación se presentan estos requisitos.

#### 2.2.1. Sistemas de retroalimentación

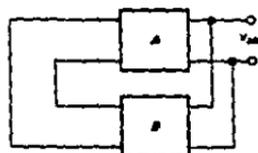
Existen muchos sistemas diferentes de retroalimentación, los cuales tienen muchos usos y aplicaciones distintas. Entre todos los sistemas de retroalimentación se encuentran los sistemas de retroalimentación positiva. El uso de la retroalimentación positiva se reduce principalmente a su aplicación en los osciladores, de forma que estos circuitos generen una señal de salida sin que exista una señal de entrada externa. En los osciladores, una parte de la señal de salida se retroalimenta en la entrada, de forma que esta señal sea la única entrada al circuito.

Para empezar a entender cómo un oscilador puede producir una señal de salida sin que exista una señal de

entrada hágase referencia a la figura 2.3.a. Esta figura muestra a una fuente de tensión  $v$  excitando a las terminales de entrada de un amplificador A. La señal amplificada de salida  $Av$  excita a las terminales de entrada del amplificador B, produciendo la tensión de retroalimentación  $ABv$ . Si el corrimiento de fase del amplificador A y del circuito de retroalimentación a través del amplificador B es adecuado, la señal  $ABv$  llegará al punto "x" exactamente en fase con la señal que excita a las terminales de entrada del amplificador A. De esta forma, se obtiene lo que se conoce como retroalimentación positiva.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fig. 2.3. Retroalimentación positiva y ganancia de lazo.

Una vez obtenida la retroalimentación positiva se debe ajustar el valor de ganancia de lazo  $AB$  para poder obtener un oscilador. Supongase que el punto "x" y el punto "y" de la figura 2.3.a. se unen y que se quita la fuente de tensión  $v$ , para obtener el circuito mostrado en la figura 2.3.b. Ahora, la señal de retroalimentación será la que excite a las terminales de entrada del amplificador  $A$ . De aquí se puede deducir que si  $AB$  es menor que la unidad entonces  $ABv$  será menor que  $v$ . Por lo tanto, la señal de salida tenderá a desaparecer como se muestra en la figura 2.3.c. Esto es debido a que no existe la suficiente tensión de retorno. Pero si por el contrario, el valor de  $AB$  es mayor que la unidad, entonces  $ABv$  será mayor que  $v$ , y por lo tanto la tensión de salida tenderá a aumentar como se muestra en la figura 2.3.d. Finalmente, si el valor de  $AB$  es exactamente igual a la unidad, la tensión de salida no presentará ningún cambio ya que  $ABv$  será igual a  $v$ . Esto se reduce a tener una señal de salida estable, igual a la que se muestra en la figura 2.3.e.

Cabe notar que cuando se encienden los osciladores reales, el valor de la ganancia de lazo  $AB$  es mayor que la unidad. Luego, al aplicar una pequeña tensión en las terminales de entrada del amplificador permitirá que la tensión de salida aumente como se muestra en la figura 2.3.d. Posteriormente, cuando la tensión de salida haya

alcanzado un nivel determinado, el valor de  $A\beta$  disminuye en forma automática hasta obtener un valor igual a la unidad, por lo que a partir de ese instante la amplitud de salida permanecerá constante como se muestra en la figura 2.3.e.

Resumiendo, se puede decir que para que pueda existir una oscilación (obtener una señal a la salida de un sistema, sin que a éste se le aplique una señal externa de excitación) se tienen que cumplir las dos siguientes condiciones:

- 1) Una retroalimentación positiva en que el corrimiento de fase sea de  $0^\circ$  y un valor de ganancia de lazo inicial mayor a la unidad.

- 2) Una vez alcanzado el nivel deseado de tensión, una ganancia de lazo igual a la unidad.

Estas condiciones fueron capituladas por el señor Barkhausen, y por lo tanto se conocen como el teorema de oscilación de Barkhausen.

### 2.2.2. Multivibradores

Los multivibradores son un caso especial de los osciladores de relajamiento y éstos se pueden considerar básicamente como circuitos generadores de pulsos. Existen

tres grupos básicos de multivibradores, los cuales son los monoestables, los biestables y los estables. Como se puede apreciar, estas designaciones hacen referencia a los posibles estados de estabilidad a la salida de cada tipo de circuito. A continuación se presentan algunas explicaciones más detalladas de cada uno de estos tipos de multivibradores.

#### 2.2.2.1. Multivibradores monoestables

Los multivibradores monoestables<sup>1</sup> únicamente tienen un solo estado de estabilidad. Usualmente cuando el multivibrador monoestable se encuentra en su estado de estabilidad, a la salida se tiene un estado bajo. Al mandar una señal de excitación<sup>2</sup> a la entrada de un multivibrador monoestable la salida cambiará a un estado alto, pero puesto que éste no es el estado estable, la salida regresará a su estado estable (estado bajo) después de un periodo determinado. De aquí se puede concluir que un multivibrador monoestable genera un solo pulso de salida por cada pulso de excitación detectado en la entrada.

-----  
1) En inglés también llamados "One-Shots" o de "disparo único".

2) Cabe notar que el pulso de excitación puede ser un pulso negativo o positivo, dependiendo del circuito empleado.

Existen diversas aplicaciones para los multivibradores monoestables. Entre las más comunes se encuentra la de alargar la duración de un pulso. Un pulso muy rápido, en el rango de los nanosegundos, puede ser empleado para excitar un multivibrador monoestable, el cual genere pulsos de salida con una duración desde los nanosegundos hasta las horas. Por lo general, la duración del pulso de salida es mucho más largo que la del pulso de entrada, o de excitación.

Existen dos tipos de multivibradores monoestables: Aquellos que no se pueden re-excitar y aquellos que si se pueden. El aplicar un pulso de excitación en un multivibrador no re-excitable, una vez que éste se encuentre en su estado no estable, no tiene ningún efecto en su salida. Se tiene que esperar a que el tiempo predeterminado en el que el multivibrador se supone debe permanecer en su estado inestable haya transcurrido antes de poder mandar otra señal de excitación. Por el contrario, el mandar un pulso de excitación a un multivibrador re-excitable siempre tiene un efecto en su salida, sin importar en que estado se encuentre éste cuando se mande el pulso. Si el pulso se manda cuando la salida del multivibrador se encuentra en su estado estable, éste reacciona cambiando su estado de salida a un estado inestable. Si el pulso se manda

cuando la salida del multivibrador se encuentra en su estado no estable, éste reacciona volviendo a empezar la medición del tiempo que se supone debe permanecer en su estado inestable. De esta forma, el tiempo total que la salida del multivibrador permanecerá en su estado alto se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$T_{\text{TOTAL}} = T + (T_2 - T_1)$$

en donde  $T$  es el tiempo que normalmente permanecería el multivibrador en su estado alto de no habersele aplicado un segundo pulso de entrada,  $T_1$  es el tiempo en el instante de aplicarse el primer pulso de entrada y  $T_2$  es el tiempo en el instante de aplicarse el segundo pulso de entrada (de forma que  $T_2 - T_1$  sea el tiempo transcurrido entre el primer y segundo pulso de entrada). Todo esto se hace más claro con la ayuda de la figura 2.4.

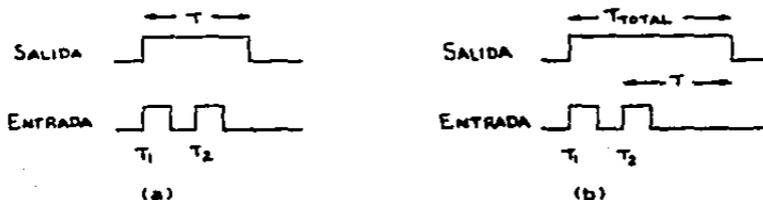


Fig. 2.4. Salidas de los multivibradores monoestables.  
 a) No re-excitable. b) Re-excitable.

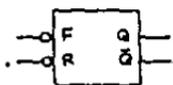
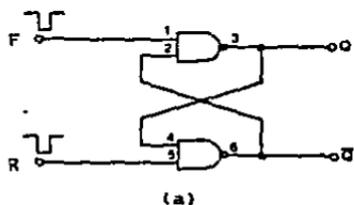
### 2.2.2.2. Multivibradores biestables

Como su nombre lo indica, un multivibrador biestable tiene dos estados de estabilidad. Es decir, la salida del multivibrador se encuentra en estabilidad, y puede permanecer así indefinidamente, ya sea en su estado alto o en su estado bajo. Los multivibradores biestables también son conocidos por su nombre en inglés: "Flip-Flops".

En el caso de los multivibradores biestables, la salida permanece en un estado alto o bajo hasta que en la entrada se le aplique una señal de excitación. Este tipo de multivibrador se puede construir con compuertas lógicas. En la figura 2.5.a. se muestra el esquema de uno de estos multivibradores elaborado con compuertas lógicas NO-Y ("NAND" en inglés). En las figuras 2.5.b. y 2.5.c. se muestran dos posibles representaciones simbólicas de dicho circuito. En la figura 2.5.d. se muestra la tabla de verdad para este tipo de multivibrador biestable. Como se puede observar, estos tipos de multivibradores tienen dos entradas; una de fijación ("set" en inglés) y otra de restauración ("reset" en inglés). También se puede ver como tienen dos salidas, representadas por Q y  $\bar{Q}$ . La salida  $\bar{Q}$ , llamada Q negada, sigue a la salida Q de forma

recíproca, como se muestra en la tabla de verdad en la figura 2.5.d.

El multivibrador de la figura 2.5. es un tipo de multivibrador sumamente sencillo, lo cual puede ser causa de algunos problemas. Cuando se trabaja con varios multivibradores demasiado sencillos, a veces se tienen problemas de sincronismo debido a que éstos pueden tener diferentes tiempos de respuesta a las señales de excitación. Sin embargo, este tipo de problema se puede solucionar empleando multivibradores biestables un poco más complejos.



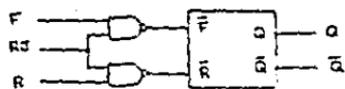
F	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	No permitido	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Sin Cambio	

(d)

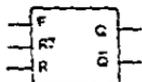
Fig. 2.5. Multivibrador biestable con compuertas ND-Y.

Los multivibradores biestables con reloj<sup>1</sup> son una alternativa para solucionar el problema de sincronismo. El propósito de implementar un reloj (un tren de pulsos) es para sincronizar los cambios en las salidas, de forma que solo puedan haber cambios en ciertos instantes. Los cambios pueden ocurrir cuando los pulsos del reloj se encuentren en un nivel alto o bajo, o cuando se produzca un flanco de subida<sup>2</sup> o bajada<sup>3</sup>, dependiendo del sistema empleado. En la figura 2.6.a. se puede observar el arreglo de conexiones de un multivibrador biestable con reloj que permite cambios en la salida únicamente cuando los pulsos del reloj se encuentran en un nivel alto. Este tipo de multivibrador se forma conectando unas compuertas lógicas NO-Y a un multivibrador igual al mostrado en la figura 2.5. Como se puede observar, este tipo de multivibrador tiene tres entradas; una de fijación, una de restauración y una de reloj (en la entrada de reloj se debe de conectar el tren de pulsos). En la figura 2.6.b. se muestra la representación simbólica de dicho arreglo, y en la figura 2.6.c. se muestra la tabla de verdad de este multivibrador.

- 
- 1) En inglés conocidos como "clocked flip-flops".
  - 2) Transición entre el nivel bajo y alto de una señal.
  - 3) Transición entre el nivel alto y bajo de una señal.



(a)

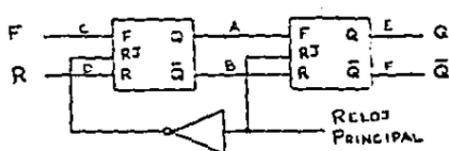


(b)

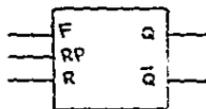
RJ	F	R	Q	$\bar{Q}$
0	X	X	Sin Cambio	
1	X	X	Sin Cambio	
1	0	0	Sin Cambio	
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	No Permitido	

(c)

Fig. 2.6. Multivibrador biestable con reloj.  
La "X" representa indiferencia.



(a)



(b)

Fig. 2.7. Multivibrador biestable maestro-esclavo.

Partiendo de los multivibradores biestables con reloj se puede llegar a otro tipo de multivibradores aún más sofisticado: Los conocidos como multivibradores biestables maestro-esclavo<sup>1</sup>. Los multivibradores maestro-esclavo permiten un solo cambio en la salida por cada pulso de reloj. En la figura 2.7.a. se muestra el diagrama de conexiones para uno de estos multivibradores y en la figura 2.7.b. se muestra su representación simbólica. Como se puede observar, este tipo de multivibrador está formado por dos multivibradores con reloj conectados en serie. La función del inversor es desfasar las entradas de reloj de los dos multivibradores 180°. En este arreglo, cuando la señal de reloj tiene un nivel alto, la entrada de reloj del primer multivibrador tiene un nivel bajo, y como se vio anteriormente, esto no permite que haya cambios a la salida de este primer multivibrador (puntos A y B en el diagrama). Cuando la señal de reloj cambia a un nivel bajo, la entrada de reloj del primer multivibrador cambia a un nivel alto, permitiendo cambios en su salida (puntos A y B) en función de las señales de entrada del sistema (puntos C y D). Pero debido a que el segundo

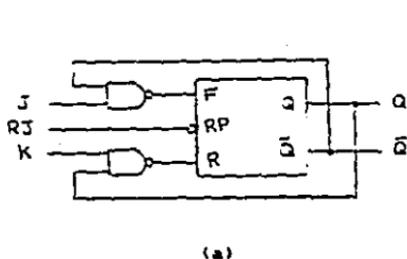
-----  
1) En inglés conocidos como "master-slave flip-flops".

multivibrador se encuentra desactivado en este instante (su entrada de reloj tiene un nivel bajo), a la salida del sistema (puntos E y F) no se registra ningún cambio. Luego, cuando la señal de reloj vuelve a adquirir un nivel alto, la entrada de reloj del primer multivibrador vuelve a adquirir un nivel bajo, no permitiendo más cambios en su salida. Pero la entrada de reloj del segundo multivibrador ahora volverá a tener un nivel alto, permitiendo cambios a la salida del sistema (puntos E y F) basados en los nuevos cambios registrados en los puntos A y B.

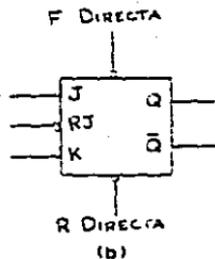
Partiendo de los multivibradores maestro-esclavo se puede obtener otra clase de multivibradores: Los conocidos como multivibradores biestables J-K<sup>1</sup>. Estos multivibradores son muy comunes y empleados. En la figura 2.8.a. se observa que este tipo de multivibrador se forma retroalimentando unas compuertas lógicas NO-Y con las salidas Q y  $\bar{Q}$ , y empleando las otras entradas de las compuertas NO-Y como las terminales de entrada J y K. La figura 2.8.b. muestra la representación simbólica de uno de estos multivibradores.

---

1) En inglés conocidos como "J-K flip-flops".



(a)



(b)

FD	RD	RJ	Q	$\bar{Q}$
0	0	X	No Permitido	
0	1	X	1	0
1	0	X	0	1
1	1	X	Operación Con Reloj	

(c)

J	K	RJ	Q	$\bar{Q}$
0	0		Sin Cambio	
0	1		0	1
1	0		1	0
1	1		División Binaria	

(d)

Fig. 2.8. Multivibrador biestable J-K.

Nótese que no todos los multivibradores J-K tienen las terminales de fijación directa ("preset" en inglés) y restauración directa ("preclear" en inglés). Sin embargo, el tenerlas hace que el multivibrador sea más versátil. En la tabla de verdad de la figura 2.8.c. se aprecia el funcionamiento del J-K empleando las terminales de fijación y restauración directa.

Obsérvese que si ambas terminales directas se conectan a un nivel alto, el multivibrador estará listo para ser operado de forma síncrona (con reloj).

En su forma de operación síncrona, este tipo de multivibrador tiene una ventaja enorme sobre cualquier otro multivibrador discutido hasta ahora. Como se puede observar en la tabla de verdad de la figura 2.8.d., cuando los multivibradores J-K son operados de esta forma, no existen condiciones de entrada no permitidas. Es importante saber que cuando los multivibradores J-K son operados de forma sincronizada, el estado a la salida cambiará únicamente durante los flancos de bajada de la señal de reloj. Cabe notar que si ambas entradas (J y K) son conectadas a un nivel alto, a la salida se obtendrá una señal con la mitad de la frecuencia de entrada (la de reloj).

El multivibrador biestable tipo D<sup>1</sup> es otro multivibrador de suma importancia. En la figura 2.9.a. se muestra el circuito equivalente, mientras que en la figura 2.9.b. se muestra el símbolo empleado para representarlo. Como se puede ver, las señales en las terminales de fijación y restauración son

-----  
1) En inglés conocido como "type D flip-flop".

complementarias y parten de una misma señal común de entrada. A esta señal de entrada se le denomina Dato ("Data" en inglés) y de ahí proviene el nombre de este tipo de multivibrador.

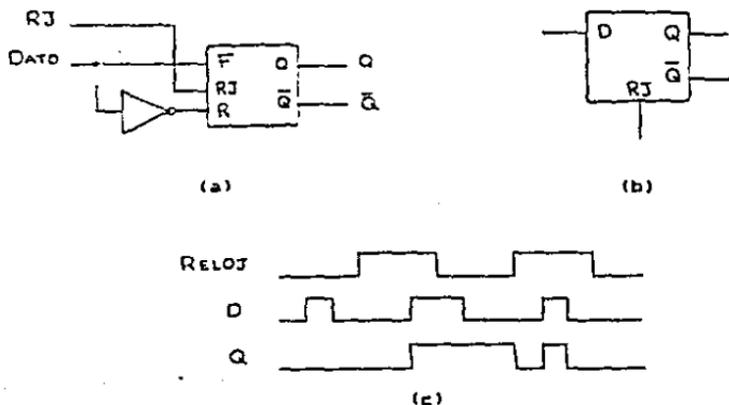


Fig. 2.9. Multivibrador biestable tipo D.

Las reglas que rigen el comportamiento de este multivibrador son sencillas: El nivel de la señal en la entrada será reproducido a la salida, pero únicamente si la señal de reloj se encuentra en un nivel alto. Cuando la señal de reloj cambie a un nivel bajo, la salida mantendrá el nivel que la entrada tenía en ese instante. Luego, con el siguiente nivel alto que se registre en la señal de reloj, la salida empezará a seguir nuevamente a

la señal de entrada. Esto se hace más claro con la ayuda de la figura 2.9.c.

### 2.2.2.3. Multivibradores estables.

El multivibrador estable<sup>1</sup> no tiene estados estables. La salida de este tipo de multivibrador no puede permanecer en ninguno de sus dos estados (alto o bajo) en forma indefinida, sino que va cambiando de un estado a otro constantemente. Por lo tanto, se observa que los multivibradores estables generan una señal de onda cuadrada a la salida. Esto se conoce como la generación de un tren de pulsos.

Los multivibradores estables se aplican en muchos tipos de circuitos diferentes para que en ellos desempeñen la función de generar pulsos de reloj, o actúen como osciladores maestros.

Los multivibradores estables se pueden comparar con un multivibrador monoestable que automáticamente se re-excita al concluir el periodo de duración del pulso de salida.

---

1) En inglés conocido como "astable multivibrator".

Cabe mencionar que la frecuencia de las pulsaciones de salida de un multivibrador astable se puede regular, de forma que las oscilaciones de relajamiento producidas sean las requeridas por el sistema al cual va a ser aplicado.

Existen diversos métodos para obtener multivibradores estables. Algunos de los métodos más comunes emplean circuitos integrados. A continuación se discutirán algunos temas relacionados a los circuitos integrados, y también se hablará de uno de los circuitos integrados más comunes (el 555) con el cual se puede construir multivibradores. Esto se hace a fin de poder comparar éste con otros métodos que se mencionarán posteriormente en este capítulo y poder así escoger la mejor alternativa para la construcción de multivibradores.

### 2.2.3. Osciladores con circuitos integrados

Debido a los grandes avances de la electrónica en las últimas décadas, actualmente se cuenta con una cantidad enorme de circuitos integrados (CI)<sup>1</sup>. Existen circuitos integrados para un sin fin de aplicaciones diferentes con

---

1) En inglés "integrated circuits" (IC).

diversas cualidades y características. Una de tantas aplicaciones es la de crear osciladores. Los osciladores creados con circuitos integrados ocupan mucho menos espacio que los osciladores formados con componentes discretos, y aparte, sus costos pueden llegar a ser mucho menores.

Un circuito integrado es simplemente una agrupación de componentes electrónicos fabricados como una sola unidad. Dentro de una de estas unidades los componentes electrónicos que se pueden encontrar son transistores, diodos, resistores y capacitores. Estos componentes están interconectados entre sí en patrones preestablecidos para lograr los diferentes comportamientos y funciones. Todos los componentes y conexiones están montados sobre una placa llamada sustrato, y la unidad en sí está rodeada por una cápsula que sirve de protección. Debido a que los componentes individuales dentro de estas cápsulas son microscópicos, los circuitos integrados son a veces llamados microcircuitos.

Los circuitos integrados están formados por muchos niveles de materiales que han sido tratados por procesos complicados. La estructura final es un conjunto tridimensional de conductores, aisladores y regiones de semiconductores que contienen un cierto número controlado de impurezas. Se pueden obtener distintos circuitos

integrados con funciones y comportamientos diferentes con solo cambiar los patrones de topografía de los diferentes niveles de materiales y las impurezas de los materiales semiconductores.

La cantidad de funciones electrónicas que se pueden desempeñar con circuitos integrados es inmensa. Los circuitos integrados se han desarrollado a tal grado que prácticamente existe un circuito especial para cada aplicación diferente. Con ellos se pueden construir los circuitos digitales que se emplean en los circuitos lógicos de una computadora, los circuitos analógicos que se emplean en amplificadores, los circuitos empleados en el campo de las microondas, etc. Debido a su tamaño tan reducido, a su bajo consumo de corriente y baja generación de calor, a su precio relativamente bajo, a su confiabilidad y velocidad de operación, etc., se hace posible la construcción de sistemas electrónicos que de otra forma serían imprácticos y/o imposibles de construir.

Como se mencionó con anterioridad, uno de los circuitos integrados más populares actualmente es el 555. Este circuito integrado es un circuito altamente empleado en la construcción de osciladores. Debido a esto, a continuación se presenta un breve estudio del 555.

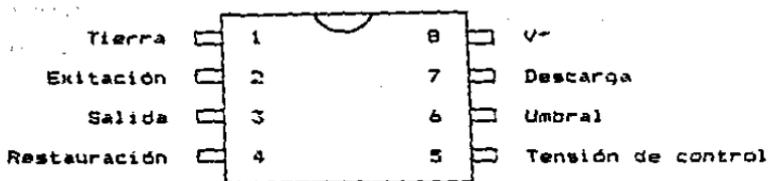


Fig. 2.10. Presentación del CI 555.

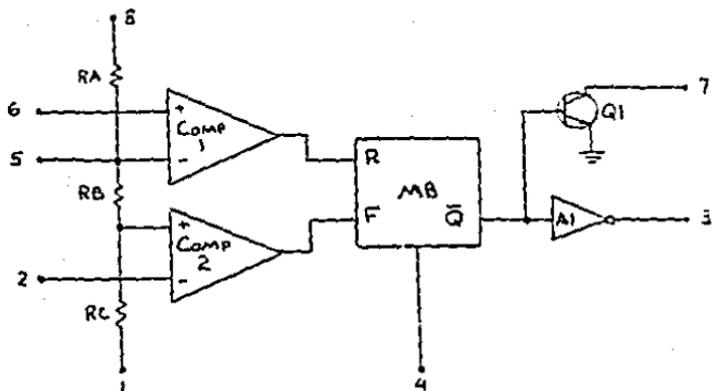


Fig. 2.11. Diagrama de bloques interno del CI 555.

El 555 fue desarrollado por Signetics, Inc., y su presentación es en una cápsula de ocho patas como se muestra en la figura 2.10., mientras que el esquema interno del 555 se muestra en la figura 2.11. Como se puede

observar en esta última figura el CI 555 tiene un multivibrador biestable de control (MB), dos comparadores de tensión (Comp 1 y Comp 2), un transistor interruptor (Q1), un inversor de tensión (A1), y tres resistores del mismo valor (RA, RB y RC).

En la figura 2.12. se muestra el esquema de conexiones para un multivibrador monoestable empleando el CI 555. Durante el periodo quiescente la salida del multivibrador monoestable (pata 3) está en su estado bajo. Debido a que la salida del 555 es un inversor, se emplea la salida invertida ( $\bar{Q}$ ) del multivibrador biestable (MB).

Durante el periodo de restauración la Q negada estará en su estado alto. La entrada de restauración del 555 (pata 4) se excita cuando en ella se tiene un nivel bajo, por lo que es necesario conectarla a  $V^+$  o a una línea que tenga un estado lógico alto cuando no esté en uso.

La entrada de excitación (pata 2) normalmente se debe mantener en un estado lógico alto; basta con mantenerla a una tensión mayor a  $2/3 V^+$ . Para excitar al multivibrador, solo se debe bajar la tensión de esta pata 2 a un nivel menor a  $1/3 V^+$  (tensión de umbral del comparador 2).

Cuando un pulso de excitación se le aplica a la pata 2, se obtiene una salida de estado alto en el comparador 2, forzando al multivibrador biestable a su condición de fijación. La terminal D negada ahora se vuelve baja, haciendo que la pata de salida del 555 se vuelva a un nivel alto.

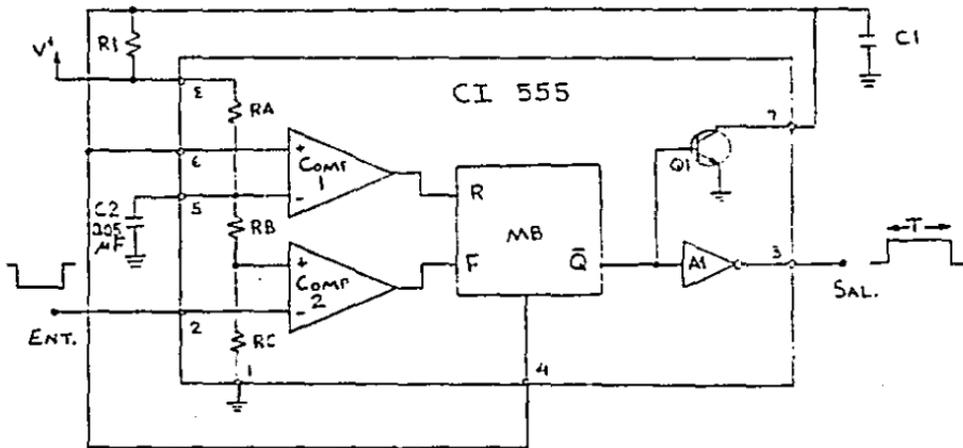


Fig. 2.12. Multivibrador monostable con el CI 555.

Con la D negada del multivibrador biestable en su estado bajo el transistor Q1 queda en corte y deja de descargar al capacitor C1. Luego, el capacitor C1 se empieza a cargar con la tensión  $V^+$  a través del resistor

R1. Cuando la tensión en C1 llega a  $2/3 V^+$ , la salida del comparador 1 se cambia a un estado alto, causando una restauración en el multivibrador. Con esto, la salida del 555 vuelve a adoptar un nivel lógico bajo, y Q1 vuelve a conducir forzando a C1 a descargar rápidamente hasta volver a obtener una tensión de cero volts. Cabe aclarar que el pulso de excitación debe durar menos que el pulso de salida.

El tiempo que dura la pata de salida del 555 en un nivel lógico alto es de:

$$T = 1.1 (R1 C1)$$

donde T está dada en segundos, R1 en ohms y C1 en farads.

El CI 555 también se puede emplear para construir un multivibrador astable como se muestra en la figura 2.13. Como se puede observar, la pata 2 (de excitación) está conectada a tierra a través de un capacitor, de forma que el CI 555 se reexcitará automáticamente cuando:

- 1) se aplique la fuente de alimentación por primera vez.

- 2) Cada vez que el tiempo de duración del nivel lógico alto a la salida (pata 3) haya transcurrido y, por lo tanto, la carga del capacitor se descargue.

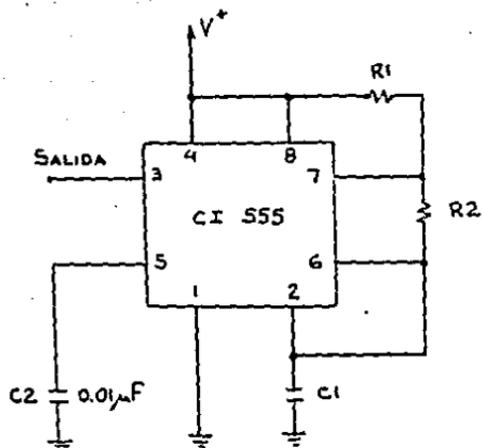


Fig. 2.13. Multivibrador astable con el CI 555.

Cuando  $C_1$  se carga a un nivel de  $2/3 V^+$ , la salida se cambia a un nivel bajo, y el transistor  $Q_1$  se polariza. Esto hará que  $C_1$  se descargue a través de  $R_2$ . Luego, cuando la tensión de  $C_1$  caiga por debajo de  $1/3 V^+$ , el 555 será reexcitado y el ciclo se repetirá.

En este circuito, el capacitor  $C_1$  se carga a través de  $R_1$  y  $R_2$ , pero se descarga solamente a través de  $R_2$ . Esto logra que el tiempo de nivel bajo a la salida sea

menor que el tiempo de nivel alto. Estos tiempos se pueden calcular como se indica en las siguientes ecuaciones:

$$T_{ALTO} = 0.693 C1 (R1 + R2)$$

$$T_{BAJO} = 0.693 C1 (R2)$$

donde las T's están dadas en segundos, las R's en ohms y las C's en farads. Para calcular la frecuencia de este oscilador estable se puede emplear la siguiente ecuación:

$$F = \frac{1.44}{(R1 + 2R2) C1}$$

donde F está dada en hertz.

#### 2.2.4. Precisión y exactitud

La precisión y la exactitud tienen un papel importante en el desarrollo de la ciencia. Actualmente la tecnología trata de obtener precisión y exactitud en todos sus productos.

La precisión se define como la habilidad que tiene un dispositivo en reproducir una respuesta o salida determinada.

La exactitud se define como la desviación que tiene un dispositivo entre la generación de una respuesta o salida y la respuesta o salida que éste debería tener.

Comúnmente la exactitud se expresa como un porcentaje, el cual simboliza el error que el dispositivo puede llegar a tener hacia un lado y otro de la salida perfecta que supuestamente debería tener.

Como un ejemplo para distinguir entre precisión y exactitud, considérese la medición de una tensión conocida de 100 volts con un cierto dispositivo. Se toman cinco medidas cuyos valores son 104, 105, 105, 103 y 105 volts. Con estos valores se ve que el dispositivo no puede tener una exactitud mayor a un 5% (5 volts), mientras que la precisión será de  $\pm 1\%$ , ya que la desviación máxima respecto a la lectura media de 104 volts es de solamente 1 volt.

La exactitud puede mejorarse por medio de la calibración, pero no más allá de la precisión del dispositivo.

Desde un punto de vista electrónico, los errores de precisión y exactitud de cualquier dispositivo están sujetos a muchos factores. Estos factores varían desde el error en la precisión y exactitud de los materiales empleados (resistores, capacitores, etc.) hasta errores aleatorios como lo es la temperatura. A continuación se discuten los errores debidos a la temperatura, ya que éste

es uno de los únicos tipos de errores sobre el cual no se tiene un control accesible, y los errores debido a la calidad.

#### 2.2.4.1. Efectos de la temperatura.

La mayoría de los componentes empleados en la electrónica se ven afectados por los cambios en la temperatura. Aquellos componentes fabricados con materiales como el silicio o germanio, se ven afectados debido a que a mayor temperatura se crean más pares electrón-hueco. Como resultado la difusión de portadores minoritarios por los materiales se incrementa y esto obliga a que el equilibrio ocurra a un valor de potencial algo menor.

Los cambios en la temperatura también afectan a los componentes discretos (resistores, capacitores y bobinas). Esto es debido a que con las variaciones de la temperatura se producen cambios en la cantidad de corriente que fluye a través de los componentes; a mayor temperatura mayor será la resistencia que se le presente al flujo de corriente, y vice-versa. Esto representa una mayor o menor caída de tensión en cada componente.

La razón a la que la tensión va cambiando debido a los cambios en la temperatura se denomina

coeficiente de temperatura, y se representa como  $T_c$ . El coeficiente de temperatura se define como la variación porcentual en la tensión por grado celsius. En forma de ecuación esto se puede expresar como sigue:

$$\Delta V = T_c \Delta T V_0$$

donde  $\Delta V$  representa la variación en la tensión,  $\Delta T$  representa la variación en la temperatura y  $V_0$  representa el valor inicial de la tensión.

#### 2.2.4.2. Factor de calidad

El factor de calidad de los componentes empleados tiene mucho que decir en la determinación de la precisión y exactitud de cualquier dispositivo. Debido a esto, y dependiendo de que tan importante sea la precisión en la aplicación del dispositivo, se debe tratar de obtener un balance adecuado entre la precisión necesaria y el precio (es obvio que entre mayor sea la precisión del dispositivo, mayor será el precio que se tenga que pagar por él).

En los osciladores empleados para la construcción de temporizadores, el factor de calidad debe ser sumamente bueno; la precisión es una característica muy importante en los temporizadores. El

factor de calidad de los osciladores (representado por  $Q$ ) determina que tanta estabilidad tiene su frecuencia de resonancia. Con la ayuda de la curva de respuesta de un oscilador se puede determinar su factor de calidad, ya que  $Q$  está dada por la razón de la frecuencia de resonancia entre la diferencia de las frecuencias en los puntos de media potencia. Es decir:

$$Q = \frac{f_0}{f_1 - f_2}$$

donde  $f_0$  es la frecuencia de resonancia, y  $f_1$  y  $f_2$  son las frecuencias en donde se localizan los puntos de media potencia<sup>2</sup>. Todo esto se hace más claro con la ayuda de la figura 2.14.

De la ecuación anterior se puede ver que entre menor sea el valor de  $Q$ , mayor será la desviación de las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$  con respecto a  $f_0$ , y por lo tanto,

- 
- 1) No se debe confundir esta  $Q$  con la  $Q$  empleada para representar la salida de los multivibradores biestables. De hecho, como estas  $Q$ 's rara vez se emplean al mismo tiempo, existe poco riesgo de confundirlas.
  - 2) Cabe aclarar que a los puntos de la curva en las frecuencias  $f_1$  y  $f_2$  se les llama puntos de media potencia por que a esa frecuencia la potencia de salida útil del sistema será recortada a la mitad de la que se tiene en la frecuencia de resonancia  $f_0$ . Sin embargo, si se habla de tensión en vez de potencia, entonces estos puntos deben ser referidos como puntos del 70% o de  $-3\text{dB}$ .

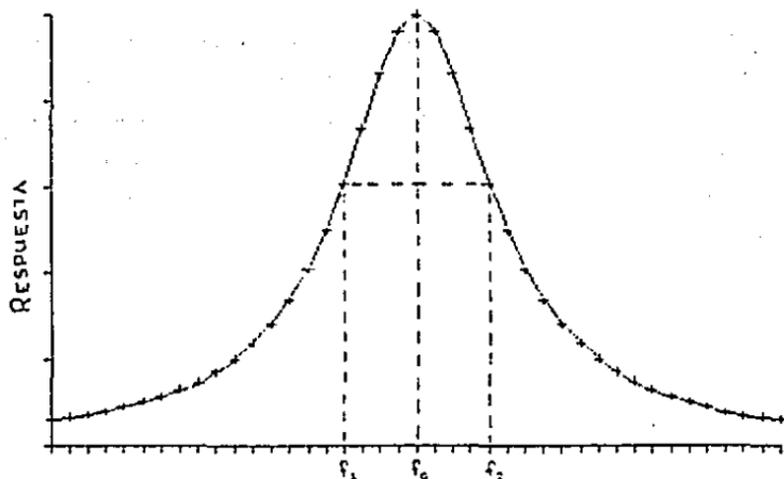


Fig. 2.14. Curva de respuesta de un oscilador.

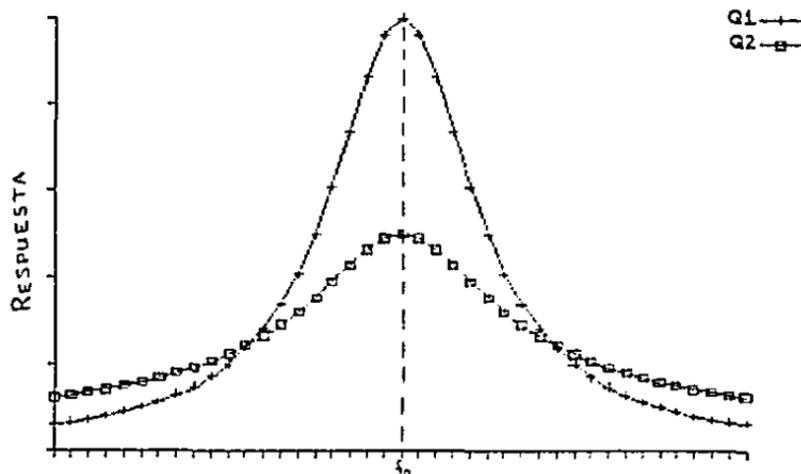


Fig. 2.15. Comparación de dos valores diferentes de  $Q$  ( $Q1 > Q2$ ).

menor será la calidad del oscilador. Esto se debe a que no tendrá su frecuencia de resonancia bien definida, y las variaciones en la generación de su señal de salida serán mayores que en la de un oscilador con un valor de  $Q$  alto. Esto se representa gráficamente en la figura 2.15. En esta figura,  $Q_1$  es mayor a  $Q_2$ , y debido a esto  $Q_1$  representa el factor de calidad de un mejor oscilador.

El factor de calidad en los osciladores de tipo RC (osciladores creados con resistores y capacitores), como lo son los formados con el CI 555, no es muy bueno. Esto es debido a que algunos de los componentes empleados que forman partes críticas tienen errores en sus exactitudes de hasta más del 10%. Aparte, los osciladores RC no son muy apropiados para generar señales de altas frecuencias (por encima de 1MHz).

Los osciladores de tipo LC (osciladores creados con bobinas y capacitores) son mejores para generar señales de alta frecuencia que los de tipo RC. Sin embargo, el factor de calidad en este tipo de osciladores en ocasiones no es tan bueno como se desearía. Esto es porque el factor de calidad de un oscilador LC está directamente relacionado con el de su

bobina. El factor de calidad de una bobina está dado por la razón de su reactancia a su resistencia interna. Es decir:

$$Q = \frac{wL}{R}$$

donde  $wL$  representa la reactancia de la bobina y  $R$  representa su resistencia interna. En bobinas de mala calidad la resistencia interna puede llegar a tener valores demasiado grandes, haciendo que el valor de la  $Q$  se reduzca considerablemente. y como se vio anteriormente, entre menor sea el valor de la  $Q$  menor será la estabilidad de la frecuencia de resonancia. Aparte, los osciladores LC se ven altamente afectados por los cambios de temperatura. Como se discutió con anterioridad, la resistencia al paso de la corriente incrementa con los aumentos de la temperatura. y esto crea una  $R$  mayor en la bobina, lo cual disminuye el valor de  $Q$ .

Los osciladores LC rara vez presentan una  $Q$  mayor a 100, lo cual no es malo para ciertas aplicaciones, pero para tratar de obtener un temporizador realmente bueno, el oscilador debe tener la mayor  $Q$  posible.

Los osciladores con cristales permiten tener valores de  $Q$  muchísimo más elevados que los osciladores RC y LC. La  $Q$  para estos tipos de osciladores puede tener valores de 1,000 fácilmente, y llegar hasta valores mayores a 10,000. Otra ventaja que tienen los osciladores con cristales es que casi no son afectados por los cambios en la temperatura, de tal forma que su  $Q$  prácticamente no tiene variaciones; se puede decir que los cristales no se ven afectados por la temperatura en comparación a otros componentes.

Los métodos de fabricación de los cristales garantizan una gran exactitud y precisión, y por lo tanto la variación que existe de un cristal a otro no es tan marcada como la que se puede llegar a encontrar en componentes electrónicos de otro tipo.

### 2.2.3. Osciladores con cristales

Algunos cristales que se encuentran en la naturaleza presentan el efecto piezoeléctrico, lo cual significa que cuando se les aplica una tensión de corriente alterna entre dos de sus extremos se genera una vibración de igual frecuencia a la de la tensión aplicada. Inversamente, si se les fuerza mecánicamente a vibrar, estos generarán una tensión de corriente alterna con una

frecuencia igual a la de las vibraciones. Las principales sustancias que presentan el efecto piezoeléctrico son el cuarzo, la sal de Rochelle y la turmalina.

La sal de Rochelle es la que tiene mayor actividad piezoeléctrica, pero mecánicamente es más débil y se puede quebrar con facilidad. La turmalina presenta la actividad piezoeléctrica más débil, pero es la sustancia más resistente mecánicamente (también es la más cara). El cuarzo es una combinación entre la actividad piezoeléctrica de la sal de Rochelle y la resistencia mecánica de la turmalina. Debido a que se encuentra en forma abundante en la naturaleza y a que es muy barato, el cuarzo se emplea ampliamente en la construcción de osciladores.

La forma natural del cuarzo es un prisma hexagonal con pirámides en los extremos, como se muestra en la figura 2.16.a. Para obtener un cristal útil de este prisma, se tiene que rebanar una placa rectangular con un cierto espesor  $t$  como la mostrada en la figura 2.16.b. Para uso en circuitos electrónicos se deben colocar dos placas de contacto en las superficies de la placa de cuarzo. En la figura 2.16.c. se puede observar la representación simbólica de un cristal, mientras que en la figura 2.16.d. se muestra su circuito equivalente.

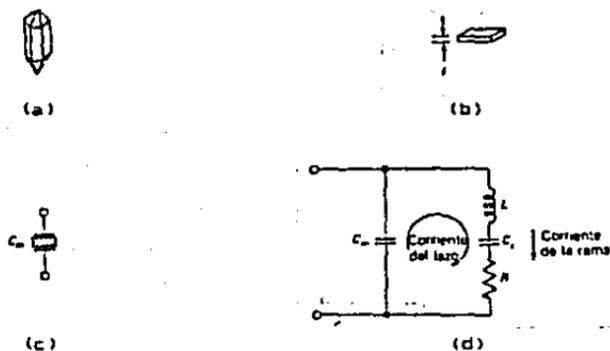


Fig. 2.16. Cristal de cuarzo

Los cristales se cortan y se montan en formas distintas para que vibren mejor a ciertas frecuencias. Estas frecuencias se denominan frecuencias de resonancia de los cristales o frecuencias fundamentales. La ecuación para obtener la frecuencia fundamental de un cristal es:

$$f = \frac{k}{t}$$

en donde  $k$  es una constante que depende del corte y de algunos otros factores, y  $t$  es el espesor del cristal. De aquí se observa que la frecuencia fundamental es

inversamente proporcional al espesor, por lo que existe un límite práctico superior en frecuencia<sup>1</sup>.

Los cristales también tienen otras frecuencias de resonancia superiores a la fundamental, denominadas armónicas. Las frecuencias armónicas son frecuencias múltiples de la fundamental. Es decir, un cristal con una frecuencia fundamental de 1 MHz tendrá frecuencias armónicas de 2 MHz, 3 MHz y así sucesivamente. Sin embargo, si trabajar un cristal a una frecuencia armónica no es tan conveniente como trabajarlo a su frecuencia fundamental, debido a que en las frecuencias armónicas el valor de la  $Q$  es menor al que se tiene en la frecuencia fundamental.

Analizando el circuito equivalente de un cristal (figura 2.16.d.) se puede ver que en verdad existen dos frecuencias de resonancia; una en serie y la otra en paralelo. La frecuencia de resonancia en serie ( $f_s$ ) corresponde a la frecuencia de resonancia de la rama RLCs. A esta frecuencia la corriente que fluye a través de la rama alcanza un máximo debido a que la reactancia inductiva

---

1) Debido a que cuanto más delgado sea el cristal más frágil será, y más fácilmente se romperá por efectos de las vibraciones.

y capacitiva se cancelan mutuamente. La ecuación empleada para obtener la frecuencia de resonancia en serie es:

$$f_s = \frac{1}{2\pi [LC_s]^{1/2}}$$

La frecuencia de resonancia en paralelo ( $f_p$ ) es la frecuencia a la cual la corriente de lazo alcanza su valor máximo. Como se muestra en la figura, esta corriente debe circular a través de dos capacitores en serie ( $C_s$  y  $C_m$ ), de forma que la capacitancia de lazo total será:

$$C_{Lazo} = \frac{C_m C_s}{C_m + C_s}$$

De esta forma, la frecuencia de resonancia en paralelo se puede obtener empleando la siguiente ecuación:

$$f_p = \frac{1}{2\pi [LC_{Lazo}]^{1/2}}$$

Como dos capacitancias en serie producen una capacitancia menor a la menor de ellas,  $C_{Lazo}$  es menor que  $C_s$ , y por lo tanto  $f_p$  es mayor a  $f_s$ . Debido a que en cualquier cristal  $C_s$  siempre es mucho menor que  $C_m$ ,  $C_{Lazo}$  es solo un poco menor que  $C_s$ , lo cual implica que  $f_p$  es solo un poco mayor a  $f_s$ . De esta manera, la frecuencia fundamental quedará comprendida entre  $f_s$  y  $f_p$ , y como

estas dos frecuencias son de valores casi iguales, la frecuencia fundamental será muy estable y bien determinada.

Como cualquier otro oscilador, los construidos con cristales de cuarzo también deben cumplir con los requisitos establecidos en la sección 2.2.1. de este capítulo para que puedan trabajar. En la figura 2.17. se muestra un oscilador con un cristal de cuarzo, empleando un inversor con tecnología CMOS<sup>1</sup>. Como se discutió anteriormente, a la frecuencia de resonancia en serie las reactancias inductiva y capacitiva del cristal se cancelan mutuamente, lo cual logra un circuito equivalente resistivo. De esta forma, se puede observar que en resonancia, el cristal y C<sub>2</sub> propician un desfazamiento de 90°, R<sub>2</sub> y C<sub>1</sub> propician otro desfazamiento de 90°, y el inversor propicia un desfazamiento adicional de 180°. Esto causa que la retroalimentación sea positiva; es decir, que la señal retroalimentada a la entrada del inversor esté en fase. De esta forma, si el sistema tiene una ganancia igual a la unidad el circuito oscilará.

-----  
1) Del término "Complementary Metal-Oxide Semiconductor" en inglés que significa "Complementary Metal-Oxide Semiconductor" en español. Complementario.

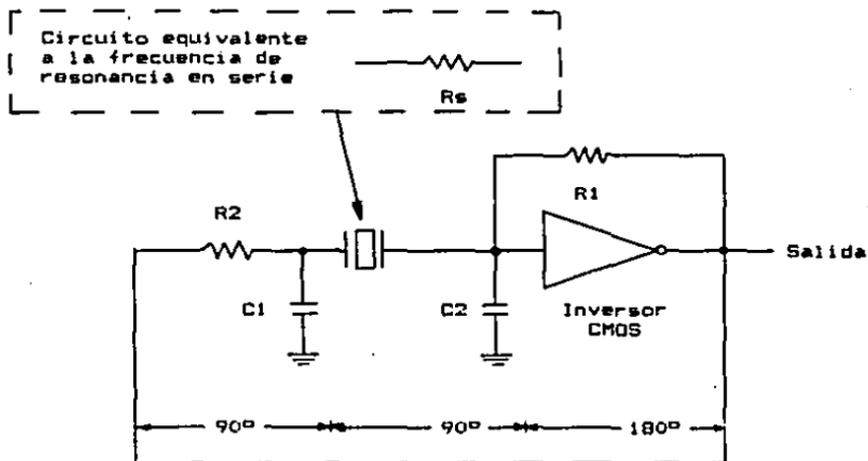


Fig. 2.17. Oscilador con cristal de cuarzo e inversor CMOS. Como se puede observar, la frecuencia de resonancia del oscilador se puede ajustar levemente con la ayuda de un capacitor variable.

En este oscilador, el resistor  $R_1$  se emplea para que el sistema empiece a oscilar cuando se parte de su estado quiescente. Si este valor de resistencia se elige adecuadamente, el resistor prácticamente no tendrá ningún efecto sobre el circuito una vez que el oscilador haya empezado a trabajar. El valor de resistencia de  $R_1$  debe ser muy grande. Este debe ser muchas veces mayor al valor de resistencia de  $R_2$ . Así, la retroalimentación de este

sistema se efectúa a través del resistor R2 y del cristal de cuarzo, y no a través del resistor R1. De esta manera, se puede observar que teniendo un valor fijo de R1, el resistor R2 se puede emplear para establecer el paso de corriente que fluye a través del cristal, a forma de protegerlo de descargas eléctricas grandes.

Cabe notar que a la salida de este oscilador se tiene una señal de onda cuadrada porque el inversor solo reconoce dos estados: uno alto y otro bajo.

Debido al relativamente bajo costo de los cristales, vale la pena considerarlos en cualquier aplicación en la que se desea obtener un oscilador de relajamiento con una muy buena precisión y exactitud.

### 2.3 Registros de memoria

Los registros de memoria forman una parte importante en la electrónica digital. Estos sirven para almacenar datos formados por combinaciones de estados lógicos. Cada una de estas combinaciones puede ser uno de muchos códigos que existen en la actualidad. Uno de los códigos más comunes es el código binario decimal natural (BCD natural<sup>1)</sup>, el cual

---

1) Proveniente del término en inglés "Binary Code Decimal".

sirve para representar números arábigos del sistema decimal empleando estados lógicos. En la tabla 2.2. se muestra el código BCD natural con sus equivalencias a los números en el sistema decimal. Obsérvese que el código BCD natural se compone con cuatro dígitos binarios ("bit" en inglés). ya que con estas basta para representar todos los números. del cero al nueve, en el sistema decimal. Si se deseara representar un número decimal de dos dígitos en código BCD natural, se tendrían que emplear ocho unidades mínimas de memoria; cuatro para representar a un dígito y cuatro para representar al otro.

Existen registros de memoria mecánicos y electrónicos. Los registros mecánicos son aquellos en los que

Números en sistema decimal	Código BCD natural
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Tabla 2.2. Código binario decimal natural.

A base de interruptores mecánicos<sup>1</sup> se forma una combinación de estados lógicos (ceros y unos lógicos). Los registros electrónicos son aquellos en los que a base de multivibradores biestables se mantienen los estados lógicos necesarios para formar las combinaciones requeridas.

Cabe mencionar que los registros de memoria mecánicos tienen una gran ventaja sobre los registros de memoria electrónicos. Esta ventaja radica en que en caso de falla del suministro de energía eléctrica la memoria no se pierde en un registro de memoria mecánico, mientras que en uno electrónico si se pierde (al menos que se tenga un respaldo de baterías, pero un respaldo de baterías puede llegar a ser muy costoso y ocupar demasiado espacio).

La mayoría de los registros de memoria electrónicos son simplemente un arreglo de multivibradores biestables, y estos arreglos se pueden clasificar de acuerdo a la forma en que estén conectados y al tipo de entrada y salida de datos que tengan. Existen los registros de memoria entrada-serie-salida-serie (ESSS), entrada-paralelo-salida-paralelo (EPSP), entrada-serie-salida-paralelo (ESSP) y entrada-paralelo-salida-serie (EPSS).

-----  
1) Existen muchos sistemas diferentes, pero los interruptores digitales, conocidos como "Thumbwheels" en inglés, son de lo más común.

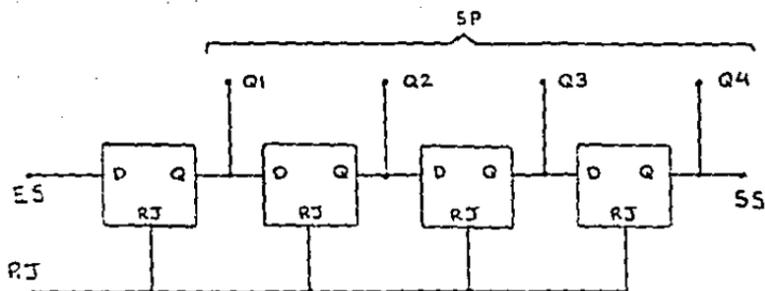
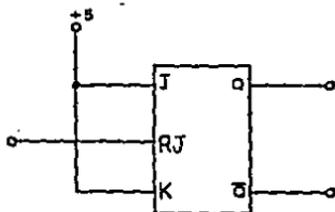


Fig. 2.18. Registros de memoria electrónicos de corrimiento.

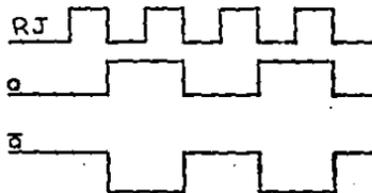
Entre los registros de memoria electrónicos, uno de los tipos más comunes es el de corrimiento. Se denominan de corrimiento porque a un conjunto de registros que se conectan en serie o cascada, le entran los datos en un extremo y se van corriendo de registro en registro conforme van entrando más datos. De esta forma, la salida de un registro en el conjunto se convierte en la entrada del siguiente registro. En la figura 2.18. se muestran unos registros de corrimiento tipo ESSS y ESSP.

## 2.4. Contadores

Un contador digital es un dispositivo formado por un arreglo de multivibradores biestables. Los contadores son sistemas secuenciales con una sola entrada de impulsos (una entrada-serie), cuyo estado interno en cada instante representa el número de pulsos que se le han aplicado. El número de estados internos debe ser igual al máximo número de pulsos que se deseen contar, más uno, que sería el estado inicial el cual sirve para indicar la ausencia de pulsos.



(a)



(b)

Fig. 2.19. Multivibrador biestable J-K empleado como contador.

Una forma de construir un contador digital es empleando un multivibrador biestable J-K. En la figura 2.19.a. se muestra el esquema de conexiones típico de uno de estos multivibradores para emplearse en forma de contador, y en la figura 2.19.b. se muestran las señales de entrada y salida de uno de estos contadores. Nótese como las salidas cambian únicamente cuando la señal de entrada tiene un flanco de bajada.

En la figura 2.20.a. se puede observar el esquema de conexiones de un contador empleando un conjunto de multivibradores J-K. Aunque no se muestre en la figura, las entradas J-K de cada multivibrador están conectadas a V<sup>-</sup> como se indicó en la figura 2.19.a. En la figura 2.20.b. se muestran las señales presentes en cada uno de los diferentes puntos del contador de la figura 2.20.a. Los puntos A,B,C y D representan una codificación binaria (BCD nat.), en donde A es el dígito binario menos significativo y D es el dígito binario más significativo. (Obsérvese como todas las salidas cambian únicamente después de haber recibido un flanco de bajada en sus respectivas entradas.) Después del primer pulso de entrada, la salida Q<sub>a</sub> cambia a un uno lógico, mientras que todas las demás Q's se mantienen igual. Esto representa al número uno (0001) en el código BCD natural. Después del segundo pulso, Q<sub>a</sub> vuelve a cambiar de estado a un cero lógico, y a su vez, Q<sub>b</sub> cambia a un uno lógico debido al flanco de

bajada que se registró en su entrada (punto A). Analizando esta secuencia uno se puede percatar de que el resultado a la salida de la codificación formada por los puntos A, B, C y D es igual al mostrado en la tabla 2.2. en la sección anterior.

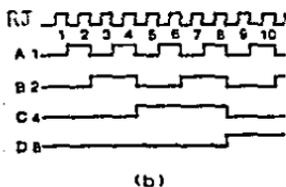
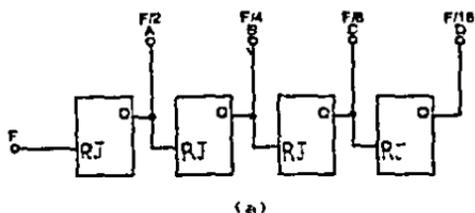


Fig. 2.20. Contador hecho con multivibradores J-K.

Otro tipo de contador digital es el que se conoce como contador regresivo o contador inverso. El esquema de conexiones para un contador de este tipo se muestra en la figura 2.21. Este tipo de contador también se forma a base de multivibradores biestables J-K, y se debe recordar nuevamente

que las terminales J-K deben estar conectadas a V<sup>-</sup>. Obsérvese que la diferencia entre un contador regresivo y un contador normal se reduce a que en el contador regresivo la Q sirve para dar el código y la Q negada se emplea para alimentar a la siguiente fase; no como en el contador normal en el que la Q se emplea para dar el código y alimentar a la siguiente fase al mismo tiempo. Nótese también que todas las conexiones de fijación directa de los diferentes multivibradores están interconectadas entre sí para que de esta forma se pueda mandar una señal que haga que el contador regrese a su estado inicial.

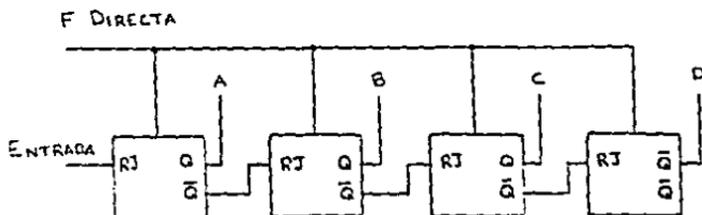


Fig. 2.21. Contador regresivo.

En los contadores regresivos la cuenta es regresiva en vez de progresiva como se ha visto hasta ahora. Es decir, si a un contador regresivo de cuatro fases, como el mostrado en la figura 2.21., se le aplica un pulso en la entrada, la salida cambiará a un número binario igual al anterior menos 1. En la tabla 2.3. se puede ver que cuando el número binario en la salida es 0000 y se le aplica un pulso en la entrada, la salida cambiará al número binario 1111 (lo que es igual a  $0000 - 1$ ).

Número de pulso	Salida en código BCD natural.
0	0000
1	1111
2	1110
3	1101
4	1100
5	1011
6	1010
7	1001
8	1000
9	0111

Tabla 2.3. Salida de un contador regresivo de cuatro fases.

## 2.5. Divisores de frecuencia

Un divisor de frecuencia es un dispositivo al cual se le aplica una señal en su entrada con una frecuencia

determinada, y se obtiene una señal a la salida cuya frecuencia es una fracción de la frecuencia inicial.

Todo contador digital se puede emplear como un divisor de frecuencia. La capacidad de división es igual a la capacidad de conteo más 1. Es decir, de un contador cuya capacidad de conteo es  $n$ , se puede obtener a la salida un pulso por cada  $n + 1$  pulsos que se le hayan aplicado en su entrada. Esto se hace más claro haciendo referencia a la figura 2.20.b. que apareció en la sección anterior. Ahí se ve que si se usa el contador en forma ESSS, a la salida se obtendrá un pulso por cada  $n + 1$  pulsos aplicados en la entrada.

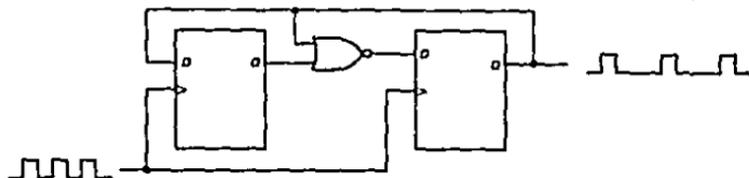


Fig. 2.22. Divisor de frecuencia entre tres.

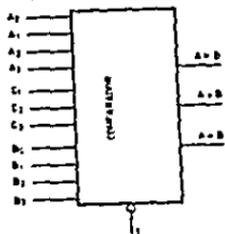
Cabe notar que se pueden hacer divisores de frecuencia que dividan entre  $n$  veces. En la figura 2.22. se muestra un divisor de frecuencia, compuesto con multivibradores biestables tipo D, que divide entre tres. y

como se mostró en la figura 2.20. también se pueden hacer divisores que dividan entre dos, cuatro, ocho, etc. Así pues, se puede obtener un divisor de frecuencia con una división de  $n$  veces haciendo arreglos y combinaciones con diferentes tipos de divisores y compuertas lógicas.

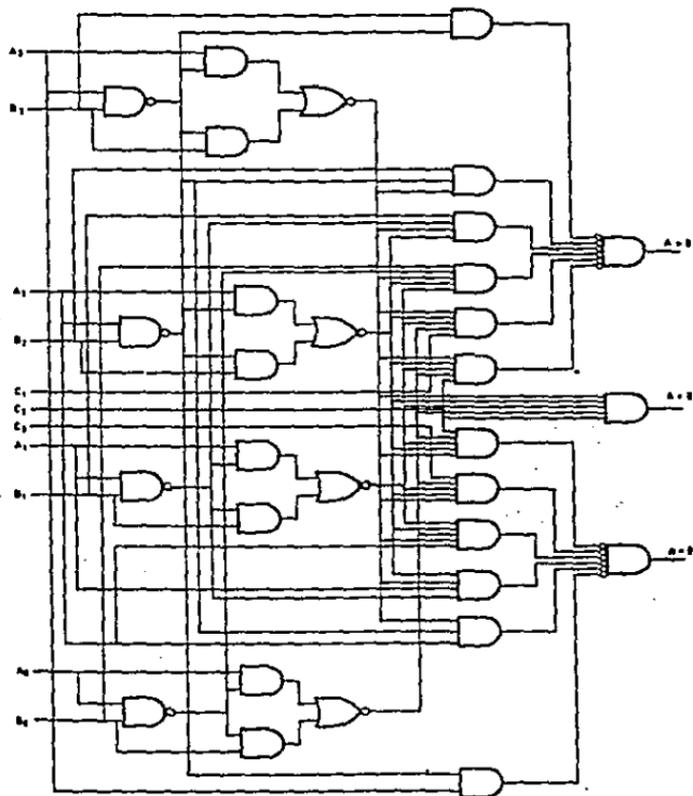
## 2.6. Comparadores

Los circuitos comparadores son sistemas combinacionales que detectan si dos combinaciones de códigos binarios son iguales o no. Estos circuitos se utilizan con frecuencia en el diseño de sistemas lógicos, y por lo tanto se han desarrollado circuitos integrados que desempeñan esta función. Su tamaño y disponibilidad como un bloque funcional permite simplificar en gran medida la complejidad de realización de estos sistemas.

Existen comparadores para cantidades diferentes de dígitos binarios. Algunas representaciones simbólicas de estos circuitos se muestra en las figuras 2.23.a. y 2.24.a., mientras que sus configuraciones internas se muestran en las figuras 2.23.b. y 2.24.b. Para poder emplear estos circuitos adecuadamente, se debe estar familiarizado con las tablas de verdad que los rigen. Estas tablas se presentan en las figuras 2.23.c. y 2.24.c.



(a)



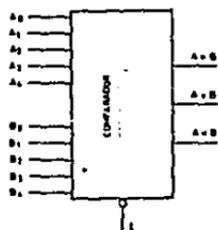
(b)

A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	A < B	A = B	A > B
A < B	X	X	X	X	1	0	0
A > B	X	X	X	X	0	0	1
A = B	1	0	0	0	0	0	1
A = B	0	1	0	0	0	1	0
A = B	0	0	1	1	1	0	0

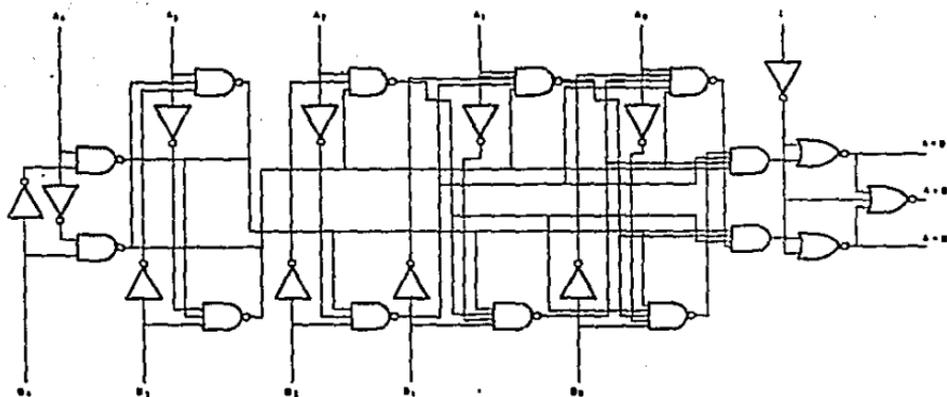
X Las entradas correspondientes pueden tomar el valor cero o uno lógicos

(c)

Fig. 2.23. Comparador de 4 dígitos binarios.



(a)



(b)

I	A B	A < B	A = B	A > B
1	X	0	0	0
0	A < B	1	0	0
0	A = B	0	1	0
0	A > B	0	0	1

X La entrada correspondiente puede tomar el valor cero o uno lógicos

(c)

Fig. 2.24. Comparador de 5 dígitos binarios.

Nótese en la tabla de verdad para el comparador de cinco dígitos binarios (figura 2.24.c.) que si la entrada de inhibición tiene un uno lógico, todas las salidas adoptan un cero lógico, mientras que si tiene un cero lógico todas las salidas adoptan su estado correspondiente.

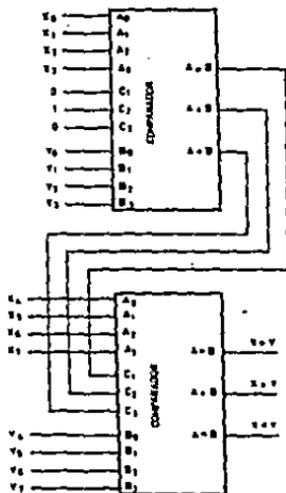


Fig. 2.25. Comparador de 8 dígitos binarios.

El comparador de cuatro dígitos binarios posee tres entradas (C1, C2 y C3), las cuales permiten efectuar la comparación de combinaciones binarias de un número de dígitos binarios cualquiera. En su tabla de verdad se observa que, en el caso de que A y B sean iguales el resultado depende del estado lógico de C1, C2 y C3 y, por lo tanto, conectando estas entradas respectivamente a las salidas  $A > B$ ,  $A = B$  y  $A < B$  de otro comparador y así sucesivamente, se amplía la capacidad de comparación. En la figura 2.25, se hace más claro este concepto.

## CAPITULO 3

### CARACTERISTICAS DEL DISEÑO

Para poder construir un temporizador electrónico digital prototipo que sea funcional es necesario implementarlo a algún sistema de control. De esta forma, se puede hacer constar que el temporizador opera adecuadamente y de acuerdo a sus requisitos.

Se ha decidido que el sistema al cual se va implantar el temporizador es un sistema de control electrónico, el cual rige a una máquina de moldeo de materiales termoplásticos por inyección. Cabe notar que el temporizador prototipo no estará limitado únicamente a este sistema de control, y que de hecho se puede emplear en cualquier otro sistema que sea compatible.

Lo primero que se debe conocer para lograr la construcción correcta del temporizador son las características y requisitos que pide el sistema de control al cual se va a implantar. Precisamente, este capítulo está destinado a la

aclaración y al estudio de los requisitos y características que debe tener el temporizador de acuerdo a lo requerido por el sistema de control.

Como se considera que también es importante saber como funciona el sistema de control al cual se implantará el temporizador (o por lo menos las partes relacionadas con el temporizador) y entender el funcionamiento de la máquina regida por él, que en este caso es una máquina de moldeo de materiales termoplásticos por inyección, en el apéndice A se da una explicación breve del sistema y algunos otros temas relacionados. Todos estos conocimientos no se mencionan en este capítulo debido a que no influyen de forma directa en la construcción del temporizador.

Debido a que en los manuales de operación de la máquina en general, y particularmente en los del sistema de control, no se especifica prácticamente ningún aspecto técnico, no quedó ninguna alternativa excepto medir físicamente todas las señales necesarias para determinar todo lo relacionado a las especificaciones que debe tener el temporizador. Todas las mediciones se realizaron sobre un temporizador original del sistema. Se hicieron mediciones de las tensiones y corrientes de alimentación, y de las señales de entrada y salidas con la ayuda de un osciloscopio y un multímetro. El osciloscopio empleado fue un osciloscopio marca HEWLETT-PACKARD modelo 1222A. El multímetro

empleado fue un multímetro marca FLUKE modelo 77. Todas las mediciones obtenidas se presentan a continuación

### 3.1. Tensiones y corrientes de alimentación

La fuente de alimentación con la que se dispone es de suma importancia en el diseño de cualquier dispositivo. Por lo tanto, lo primero que se midió para poder construir el temporizador prototipo fueron los valores de las diferentes tensiones de la fuente de alimentación con la cual se cuenta en el sistema de control.

Con las mediciones de las tensiones de alimentación se encontró que el sistema de control cuenta con tensiones constantes de +15 volts, -15 volts y 0 volts (masa). Todas estas tensiones son de corriente continua, y el temporizador original hace uso de todas ellas.

Normalmente, la corriente continua que se obtiene a partir de una corriente alterna no es perfectamente continua; lo que se obtiene una especie de rizo. Con la ayuda de la figura 3.1, se puede entender este concepto más fácilmente. Esta figura representa la respuesta en la pantalla del osciloscopio al hacer la medición de +15 volts (el resultado de la medición de -15 volts es básicamente igual, con la única diferencia de que el rizado se encuentra hacia abajo de la línea de cero en vez de hacia arriba). Como se puede



Fig. 3.1. Medición de +15 volts de la fuente de alimentación del sistema. Cada división representa 2 volts.

observar, la tensión pico del rizado es de aproximadamente 0.2 volts, lo cual significa que su valor de tensión rms es de 0.14 volts. Con esta información se puede obtener lo que se conoce como factor de rizado (representado con  $r$ ), mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{V_r}{V_{cc}} \cdot 100$$

donde  $V_r$  es la tensión rms del rizado y  $V_{cc}$  es la tensión supuesta de corriente continua.

Como se puede ver en la ecuación, la relación de Vr entre Vcc esta multiplicada por cien, debido a que el factor de rizado se expresa en porciento.

Ahora substituyendo en la ecuación los valores obtenidos se obtendrá:

$$r = \frac{0.14}{15} \cdot 100 = 0.94 \%$$

Es obvio que entre menor sea el factor de rizado, mejor será la fuente de alimentación. Pero de hecho, una fuente de alimentación de corriente continua con un factor de rizado por debajo del 1% es perfectamente aceptable.

Cabe mencionar que en la tensión de cero volts no se registró ningún rizo.

En cuanto a la medición de la corriente de alimentación requerida por el temporizador original se observó lo siguiente:

En la terminal de +15 volts se tenía un flujo de corriente de 58.3 miliamperes.

En la terminal de -15 volts se tenía un flujo de corriente de 5.1 miliamperes.

# ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

En la terminal de masa (0 volts) se tenfa un flujo de corriente de 53.5 miliamperes.

Cabe notar que entre menor sea la corriente requerida por el temporizador prototipo, éste será mejor. Esto se debe a que entre menor corriente consume, menor será el consumo de potencia, y entre menor sea el consumo de potencia, menor será la cantidad de calor que éste genere. Por lo tanto, las variaciones a causa de los cambios en la temperatura serán reducidas. Aparte, entre menor sea el consumo de potencia más económico será el temporizador.

## 3.2. Señal de entrada

Después de hacer las mediciones pertinentes en la terminal de entrada del temporizador original, se descubrió una cosa interesante: Este sistema de control trabaja con lógica negativa. Esto quiere decir que se requiere de una señal con estado lógico bajo para obtener un estado de excitación o activación, mientras que se requiere de una señal con estado lógico alto para obtener un estado quiescente o de desactivación.

De esta forma al medir la tensión en la terminal de entrada del temporizador se observó que antes de que se envíe la señal de excitación se tienen +15 volts de corriente continua. Luego, al enviarse la señal de excitación, existe

una caída de tensión en la terminal y se obtiene una tensión de 0 volts de corriente continua. Cabe mencionar que en la señal de entrada al temporizador no se registró ninguna especie de rizado.

Al hacer las mediciones de corriente en la terminal de entrada se observó que durante el periodo de no excitación (estado lógico alto) no existe un flujo de corriente. También se observó que durante el periodo de excitación (estado lógico bajo) existe un flujo de corriente de 0.476 miliamperes.

Por último, cabe hacer la aclaración de que en este sistema de control (en el cual se implantará el temporizador prototipo) nunca se mandan dos señales de entrada al mismo tiempo al mismo módulo de temporizadores. (Recuérdese que una de las características con las cuales debe contar el prototipo es tener dos temporizadores en un mismo módulo; capítulo I, sección 1.2., y apéndice A). Esto implica que en un módulo de temporizadores, un temporizador trabaja primero, y posteriormente, una vez que el primero haya concluido su operación, el segundo podrá ser operado; pero nunca se pondrán a trabajar los dos temporizadores de un mismo módulo al mismo tiempo.

### 3.3. Señales de salida

Para poder entender e interpretar las señales de salida que tiene el temporizador primero es necesario estar familiarizado con la nomenclatura que se emplea para representar los estados y configuraciones de las salidas. Esta nomenclatura esta basada en un código de tres caracteres (XXX) donde cada uno de los caracteres representa un periodo. El primer caracter representa el periodo anterior a la señal de excitación en la entrada. El segundo caracter representa el periodo de conteo del temporizador: es decir, el segundo caracter representa el periodo que empieza al excitarse la terminal de entrada y que acaba cuando el temporizador termina de contar el tiempo programado. El tercer y último caracter representa el periodo comprendido entre la terminación del conteo del temporizador y el final de la señal de excitación en la terminal de entrada. Cada uno de los tres caracteres puede ser o una "X" o un "0". La X representa un estado de activación, mientras que el 0 representa un estado quiescente o de desactivación.

Al estudiar el temporizador original se observó que éste tiene dos terminales de salida. Con la medición de las tensiones se vió que una de estas dos terminales tiene una configuración de salida tipo 00X. Es decir, la salida se mantiene en su estado quiescente excepto durante el periodo

comprendido entre la terminación del conteo del tiempo programado del temporizador y el final de la señal de excitación. Se debe recordar que como este sistema de control tiene una lógica negativa, durante los estados quiescentes (los dos ceros) se tiene una tensión de +15 volts, mientras que en el estado de activación (la X) se tiene una tensión de 0 volts. Al medir la corriente que fluye a través de esta terminal se encontró que durante el periodo de desactivación no existe flujo de corriente, pero que durante el periodo de activación se tiene un flujo de 0.714 miliamperes.

En la otra de las dos terminales de salida se tiene una configuración de tipo OXX. Esto quiere decir que en esta salida durante el periodo anterior a la excitación del temporizador se tiene un estado quiescente (+15 volts). Luego, al excitarse el temporizador, esta salida cambia a un estado de activación (0 volts), y se mantiene en este estado hasta que la señal de excitación se retire. En cuanto a la medición de corriente se encontró que durante el periodo quiescente no existe flujo alguno, mientras que durante el periodo de activación se tiene un flujo de corriente de 0.758 miliamperes.

Todo esto se puede ver gráficamente en la figura 3.2. Al igual que la señal de entrada al temporizador, las señales de salida no registraron ningún rizo.

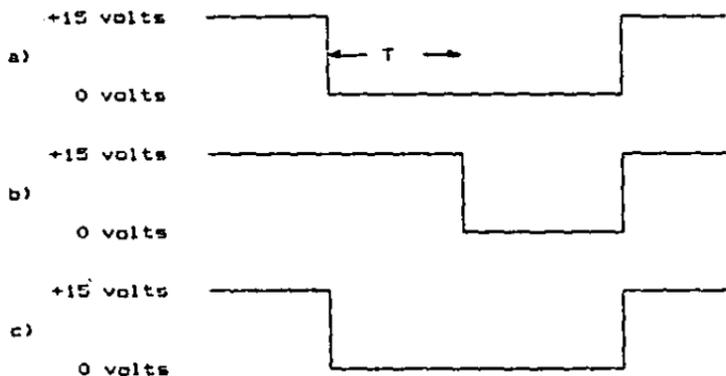


Fig. 3.2. Resultados de las mediciones de tensión. a) Terminal de entrada. b) Terminal de salida OOX. c) Terminal de salida OXX. T es el tiempo de conteo programado del temporizador.

## CAPITULO 4

### ANALISIS DE FACTIBILIDAD

En el diseño y construcción de cualquier dispositivo se deben tomar en cuenta dos cosas de suma importancia: La clase y tipos de dispositivos similares ya existentes, y la clase y tipos de materiales existentes con los cuales se puede construir el dispositivo. El análisis de estos dos puntos es indispensable, ya que el resultado de este estudio puede decidir si es factible y conveniente contruir el dispositivo o no. Por ejemplo, puede ser que con los materiales existentes en el mercado no se pueda construir el dispositivo, o que resulte más caro construirlo que comprar uno similar ya existente.

Debido a esto, en el análisis se debe incluir todo tipo de información pertinent: que ayude a formar un criterio válido. De no ser así, el resultado puede ser erróneo y cargar consigo serias consecuencias.

Para poder obtener toda la información necesaria, y que al mismo tiempo fuera confiable, en este estudio se entrevistaron a agentes de ventas de diferentes compañías, y se consiguieron catálogos, manuales y panfletos con especificaciones y características, y listas de precios. Esto se aplica para ambos estudios: el de los temporizadores ya existentes y el de los componentes y accesorios disponibles.

Así pues, el propósito de este capítulo es demostrar que la construcción de un temporizador electrónico digital programable es factible y conveniente. Para ello, a continuación se presenta un estudio de algunos tipos diferentes de temporizadores, y un estudio de algunos tipos diferentes de componentes y accesorios empleados en la construcción del temporizador.

Nota: Debido al índice de inflación tan elevado que existe en México actualmente, es pertinente establecer que todas las cotizaciones en este trabajo se hicieron con fecha del 16 de noviembre de 1987. También es pertinente establecer la paridad que el peso mexicano tenía en dicha fecha con respecto una moneda extranjera la cual no se vea tan afectada por la inflación (como, por ejemplo, el dolar estadounidense). La paridad que el peso tenía con respecto al dolar estadounidense era de 1,708.00 pesos por 1.00 dolar.

#### 4.1. Algunos temporizadores existentes

Para hacer este estudio de temporizadores se tomaron diferentes marcas con un cierto renombre, y se analizaron diferentes modelos dentro de cada una de las marcas. Cabe mencionar que se analizaron temporizadores nacionales y extranjeros. Sin embargo, el análisis de los temporizadores nacionales se hace por separado al de los extranjeros debido a que existen muchos parámetros y condiciones diferentes entre ellos, como la disponibilidad, la diferencia en precios debido a los cambios monetarios, las posibilidades de reparaciones, etc.

A continuación se presentan las características y especificaciones de algunos temporizadores nacionales, y posteriormente se presentarán las de algunos temporizadores extranjeros. Finalmente, se hará un análisis de alternativas en el que se compararán los diferentes tipos de temporizadores y se establecerá cuales son los que mejor llenan las especificaciones y características necesarias según la aplicación deseada, que como se mencionó en el capítulo anterior, es la de un sistema electrónico de control para una máquina de moldeo de materiales termoplásticos por inyección.

#### 4.1.1. Temporizadores nacionales

Para poder comparar más fácilmente todas las cualidades, características y especificaciones de los diferentes temporizadores se ha decidido presentar toda la información recabada en forma de tabla. En la tabla 4.1. se muestra toda esta información, y en seguida se harán algunos comentarios pertinentes acerca de los diferentes temporizadores. Se desea hacer notar que los precios de los temporizadores están dados en pesos M. N.

Los temporizadores marca Desarrollos Digitales son todos de tipo analógico, lo cual significa que su exactitud no es del todo buena. Pero en general, esto es una característica de los temporizadores analógicos, debido a que el tiempo se programa con la ayuda de potenciómetros, los cuales no son tan exactos como se desearía. En cuanto a precisión se refiere se puede ver que no es del todo mala, ya que el  $\pm 1\%$  podría ser aceptable. Su lógica es positiva, no negativa como lo pide el sistema, y las tensiones de alimentación tampoco concuerdan con las requeridas. Aparte, cada temporizador solo tiene un tipo de salida, lo cual implica que sería necesario adaptar más de un temporizador para obtener los resultados deseados.

Dentro de la marca Controles Automáticos y Electrónicos, los temporizadores de tipo analógico

TADLA 4.1. CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE DIFERENTES  
 TEMPORIZADORES NACIONALES (PRIMERA PARTE).

RELACION:	MARCA:	MODELO:	PRECIO:
1	Desarrollos Digitales	SCR 01 S F	86,000.00
2	Desarrollos Digitales	SCR 01 T F	86,000.00
3	Desarrollos Digitales	SCR 02 S F	86,000.00
4	Desarrollos Digitales	SCR 02 T F	86,000.00
5	Controles Automáticos y Electrónicos	T 300 12 180	80,000.00
6	Controles Automáticos y Electrónicos	T 300 24 180	80,000.00
7	Controles Automáticos y Electrónicos	T 301 12 180	88,000.00
8	Controles Automáticos y Electrónicos	T 301 24 180	88,000.00
9	Controles Automáticos y Electrónicos	CT500	480,000.00
10	Laser Ingeniería	L 52 3 E 1 P	76,000.00
11	Laser Ingeniería	L 52 3 E 2 P	88,000.00
12	Laser Ingeniería	L 52 5 E 1 P	76,000.00
13	Laser Ingeniería	L 52 5 E 2 P	88,000.00
14	Atto	TD100	325,000.00
15	Atto	TD1000	325,000.00

TABLA 4.1. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE DIFERENTES  
 TEMPORIZADORES NACIONALES (SEGUNDA PARTE).

RELACION:	TIPO:	AJUSTE DE TIEMPO:	ESCALA DE TIEMPO:	TEMP. DE OPERACION:
1	Analógico	Potenciómetro	0.4 a 120 seg.	0° a 70° C
2	Analógico	Potenciómetro	0.4 a 120 seg.	0° a 70° C
3	Analógico	Potenciómetro	0.4 a 120 seg.	0° a 70° C
4	Analógico	Potenciómetro	0.4 a 120 seg.	0° a 70° C
5	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	-10° a 50° C
6	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	-10° a 50° C
7	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	-10° a 50° C
8	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	-10° a 50° C
9	Digital	Interruptor digital		
10	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	0° a 50° C
11	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	0° a 50° C
12	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	0° a 50° C
13	Analógico	Potenciómetro	0 a 100 seg.	0° a 50° C
14	Digital	Interruptor digital	0 a 100 seg.	0° a 60° C
15	Digital	Interruptor digital	0 a 100 seg.	0° a 60° C

TABLA 4.1. CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE DIFERENTES  
 TEMPORIZADORES NACIONALES (TERCERA PARTE).

RELACION:	EXACTITUD:	PRECISION:	TENSION DE OPERACION:	CONFIGURACION(ES) DE SALIDA:
1	$\pm 10\%$	$\pm 1\%$	+12VCD	00X Lógica Positiva (LP)
2	$\pm 10\%$	$\pm 1\%$	+24VCD	00X LP
3	$\pm 10\%$	$\pm 1\%$	+12VCD	0X0 LP
4	$\pm 10\%$	$\pm 1\%$	+24VCD	0X0 LP
5	$\pm 5\%$	$\pm 1\%$	+12VCD	00X LP
6	$\pm 5\%$	$\pm 1\%$	+24VCD	00X LP
7	$\pm 5\%$	$\pm 1\%$	+12VCD	0X0 LP
8	$\pm 5\%$	$\pm 1\%$	+24VCD	0X0 LP
9				
10	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	+12VCD	00X LP
11	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	+12VCD	0X0 LP
12	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	+24VCD	00X LP
13	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	+24VCD	0X0 LP
14	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.1\%$	+110VCA	0XX, 00X y 0X0 LP
15	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.1\%$	+110VCA	0XX, 00X y 0X0 LP

supuestamente tienen una exactitud del  $\pm 5\%$ . Sin embargo, esto es algo sospechoso ya que, según su agente de ventas, las carátulas no están graduadas con números (sino que solo tienen puntos y marcas de max. y min.) debido a que las variaciones que tienen de un temporizador a otro son tan grandes que rara vez siguen la escala. Esto en sí crea una cierta desconfianza en cuanto al resto de sus especificaciones. Las tensiones de alimentación y la lógica empleada no concuerdan con las requeridas, y únicamente existe un tipo de salida por temporizador. En cuanto al temporizador de tipo digital no se pudo recabar más información, debido a que aún no sale a la venta a causa de algunos problemas que han tenido en el diseño, y que por lo tanto los mismos fabricantes todavía tienen dudas acerca de sus especificaciones y características.

La marca Laser Ingeniería cuenta con temporizadores analógicos únicamente. La supuesta exactitud es de  $\pm 2\%$ , pero nuevamente existe una desconfianza en las especificaciones de estos temporizadores ya que se observó que sus carátulas no están graduadas con números, sino que están graduadas con puntos y marcas de max. y min. Al igual que todos los otros temporizadores analógicos mencionados anteriormente, estos temporizadores solo tiene una salida, y sus tensiones de alimentación no son las requeridas.

Los temporizadores marca Atto son de tipo digital, y tienen una exactitud de  $\pm 0.01\%$ , la cual es mejor que la de los de tipo analógico. Su precisión de  $\pm 0.1\%$  también es buena, y su ajuste de tiempo se hace mediante interruptores digitales. Sus configuraciones de salida son las necesarias, pero éstas tienen una lógica positiva y no negativa, y sus tensiones de alimentación no son compatibles con las requeridas. Pero el mayor problema que existe con estos temporizadores es que no son confiables. Esto se observó debido a que, habiendo ya lanzado los temporizadores al mercado, sus fabricantes pararon la línea de producción debido a quejas de fallas por parte de los consumidores, y presentemente los temporizadores aún siguen en un proceso de rediseño.

#### 4.1.2. Temporizadores extranjeros

Al igual que en la sección anterior, toda la información recabada acerca de las características y especificaciones de los temporizadores se presenta en forma de tabla, en la tabla 4.2. Sin embargo, debido a que estos temporizadores son extranjeros, los precios están dados en dolares estadounidenses. A continuación se hacen algunos comentarios pertinentes.

TABLA 4.2. CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE DIFERENTES  
 TIPOLOGIAS DE EXTERMINADORES (PRIMERA PARTE).

RELACION:	MARCA:	MODELO:	PRECIO:
1	General Electric	IC 3622 TCR 4	\$529.00
2	General Electric	IC 3622 TCR 2	\$529.00
3	Automatic Timing and Controls	305E 000 H 2 0 X X	\$319.00
4	Automatic Timing and Controls	353A 351 A 10 P X	\$449.00
5	Automatic Timing and Controls	365A 300 H 30 P X	\$346.00

94

TABLA 4.2. CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE DIFERENTES  
 TEMPORIZADORES EXTRANJEROS (SEGUNDA PARTE).

RELACION:	TIPO:	AJUSTE DE TIEMPO:	ESCALA DE TIEMPO:	TEMP. DE OPERACION:
1	Digital	Interruptor Digital	0 a 99.9 seg.	0° a 55° C
2	Digital	Interruptor Digital	0 a 999 seg.	0° a 55° C
3	Digital	Interruptor Digital	0 a 120 seg.	0° a 60° C
4	Digital	Interruptor Digital	0 a 999.9 seg.	0° a 60° C
5	Digital	Interruptor Digital	0 a 99.9 seg.	0° a 60° C

TABLA 4.2. CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE DIFERENTES  
TEMPORIZADORES EXTRANJEROS (TERCERA PARTE).

RELACION:	EXACTITUD:	PRECISION:	TENSION DE OPERACION:	CONFIGURACION(ES) DE SALIDA:
1	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.1\%$	+15VCD, 0VCD y -15VCD	0XX y 00X Lógica Negativa
2	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.1\%$	+15VCD, 0VCD y -15VCD	0XX y 00X Lógica Negativa
3	$\pm 1.75\%$	$\pm 3.5\%$	+20VCD	X00, XX0 y 00X LP
4	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.01\%$	+120VCA	00X, XX0, 0X0 y X0X LP
5	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.01\%$	+24VCD	X00, XX0, 00X y 0X0 LP

Los temporizadores marca General Electric son los empleados originalmente en el sistema de control. Como es obvio, todas sus características y especificaciones son las necesarias, y éstas ya se han mencionado en el capítulo anterior. Los problemas que existen con estos temporizadores son su disponibilidad existe una demora en su entrega de siete a ocho semanas después de hacer el pago) y sus precios tan elevados causados por el tipo de cambio monetario. Aparte, los permisos de importación y pagos de aranceles corren por cuenta del consumidor, y su posibilidad de reparación en México es casi nula.

En cuanto a los temporizadores marca Automatic Timing and Controls de tipo analógico se puede ver que su exactitud y precisión no son tan malas para ser temporizadores analógicos. Aparte, a pesar de no tener lógica negativa se pueden emplear sus salidas X00 y XX0 para obtener lo necesario. El problema radica en que sus tensiones de alimentación no son las requeridas, y que se excita con lógica positiva. En cuanto a los temporizadores de tipo digital, se observa que su exactitud y precisión son buenas. Al igual que en los de tipo analógico, se pueden emplear sus salidas X00 y XX0 para ser compatible con el sistema, pero nuevamente se tienen problemas de compatibilidad en cuanto a sus tensiones de alimentación y lógica de excitación. Aparte, esta marca de temporizadores

también tiene los problemas mencionados anteriormente que todos los temporizadores extranjeros tienen.

#### 4.1.3. Análisis de alternativas

Es obvio que una de las mejores alternativas, si no es que la mejor, es la de los temporizadores originales General Electric. De hecho, presentemente la mayoría de las empresas que tienen estos tipos de sistemas de control adquieren los temporizadores originales cuando se presentan fallas en los que ya tienen. Conseguir otro tipo de temporizador extranjero prácticamente no conviene porque sus especificaciones y características no son exactamente las requeridas, y sus precios, y sus problemas de importación, disponibilidad y reparación son prácticamente los mismos.

En cuanto a los temporizadores nacionales se puede observar que el mercado tiene un atraso importante en comparación al mercado estadounidense. La gran mayoría de los existentes son de tipo analógico, cuyas exactitudes y precisiones no tienen comparación con las de los de tipo digital. Aparte, debido a que éstos no tienen las salidas requeridas, sería necesario emplear varios temporizadores al mismo tiempo para obtener los resultados que tiene uno solo original. En cuanto a los temporizadores digitales de

fabricación nacional se refiere, se ve que aún se están empezando a desarrollar, y que por lo tanto, aún no son muy confiables.

Por lo tanto, construir un temporizador electrónico digital con las características y especificaciones del original, cuyo precio sea menor y que tenga una mejor disponibilidad (debido a su fabricación nacional), sería conveniente.

#### 4.2. Disponibilidad de componentes en México

Para poder diseñar un dispositivo cualquiera se debe estar familiarizado con muchos tipos diferentes de componentes, partes y accesorios con los cuales se puede contar para su construcción. También, y hasta donde sea posible, todos los materiales empleados deben ser de origen nacional, ya que así se evitan posibles problemas, como la disponibilidad, pagos de aranceles y dificultades de importación, costos de fletes y embarques, etc.

A continuación se presentan los resultados del estudio de componentes, y posteriormente se presentarán los del estudio de accesorios. Para hacer estos estudios se tomaron en cuenta diferentes marcas y distribuidores con un cierto renombre.

Es pertinente hacer la aclaración de que todos los precios citados son precios de mayoreo, debido a que si se fuera a implantar una línea de producción de temporizadores, las compras de los componentes serían en volúmenes grandes. También cabe notar que todas las cotizaciones hechas en las siguientes secciones están dadas en pesos M. N.

Finalmente, en el análisis de alternativas se hará una comparación de los diferentes precios que ofrecen los distribuidores, para poder así decidir que componentes y accesorios conviene comprar con que distribuidores.

#### 4.2.1. Componentes

Cuando se habla de componentes, se está haciendo referencia a los componentes de estado sólido, y a los componentes discretos. En la actualidad, solo existen unas cuantas marcas con prestigio mundial que se dedican a la construcción de componentes, y las diferencias que existen en cuanto a las especificaciones, características y calidades entre cada una de ellas es casi imperceptible. Por lo tanto, este estudio tiene principalmente un enfoque económico, y en él se comparan los diferentes precios que ofrecen diferentes distribuidores en el país.

TABLA 4.3. LISTA DE CIRCUITOS INTEGRADOS  
Y PRECIOS (PRIMERA PARTE)

DESCRIPCION DEL PRODUCTO:

4013 Dos multivibradores biestables tipo D  
4017 Contador/divisor por década  
4018 Contador módulo N preajustable  
4020 Contador binario de 14 etapas  
4022 Contador/divisor por octava  
4040 Contador binario de 12 etapas  
4049 Seis amplificadores de corriente inversores  
4050 Seis amplificadores de corriente no inversores  
4060 Contador binario de 14 etapas con oscilador  
4069 Seis inversores  
4071 Cuatro compuertas "O" de 2 entradas  
4072 Dos compuertas "O" de 4 entradas  
4081 Cuatro compuertas "Y" de 2 entradas  
4160 Contador por década con borrado asíncrono  
4161 Contador binario con borrado asíncrono  
4162 Contador por década con borrado síncrono  
4163 Contador binario con borrado síncrono  
4522 Contador binario módulo N programable  
4526 Divisor/contador binario entre N  
4574 Comparador programable  
4585 Comparador de magnitud de 4 dígitos binarios

TABLA 4.3. LISTA DE CIRCUITOS INTEGRADOS  
Y PRECIOS (SEGUNDA PARTE)

RELACION:	DISTRIBUIDOR:	4013:	4017:	4018:	4020:	4022:
1	Compañía General de Electrónica	850.00	1,650.00	1,650.00	1,500.00	1,650.00
2	Componentes Eléctricos y Metálicos	610.00	1,180.00			1,180.00
3	Componentes Profesionales	660.00	1,350.00	1,350.00	1,400.00	1,350.00
4	Connector Corporation de México	720.00	1,000.00		1,080.00	1,000.00
5	Copelac	710.00			1,190.00	
6	Dicopal	510.00	910.00	1,200.00	920.00	910.00
7	Electrónica Componentes y Módulos	700.00	1,570.00			1,570.00
8	Electrónica Seta	685.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
9	Electrónica Steren	570.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
10	Impulsora Electrónica	710.00	1,220.00	1,220.00	1,220.00	1,220.00
11	Semiconductores Profesionales	550.00	940.00	940.00	960.00	940.00
12	Servicomponentes	785.00	1,400.00	1,400.00		1,400.00
13	Suministro de Materiales Eléctricos	800.00	1,550.00	1,550.00	1,400.00	1,550.00

TABLA 4.3. LISTA DE CIRCUITOS INTEGRADOS  
Y PRECIOS (TERCERA PARTE)

RELACION:	4040:	4049:	4050:	4060:	4069:	4071:	4072:	4091:
1		850.00	850.00	1,500.00		500.00	500.00	500.00
2		710.00	710.00		510.00	510.00	510.00	510.00
3	1,400.00	660.00	660.00	1,500.00	570.00	570.00	570.00	570.00
4	1,080.00	790.00	790.00	1,090.00	690.00	690.00	690.00	690.00
5	1,210.00	950.00	950.00	1,750.00	740.00	550.00	550.00	550.00
6	920.00	450.00	450.00	1,200.00	450.00	410.00	410.00	410.00
7	1,620.00	920.00	920.00	1,620.00	920.00	570.00	570.00	570.00
8	1,330.00	685.00	685.00	1,330.00	455.00	455.00	455.00	455.00
9	1,110.00	570.00	570.00		380.00	380.00	380.00	380.00
10	1,570.00	640.00	670.00	1,570.00	670.00	670.00	670.00	670.00
11	960.00	410.00	410.00	1,100.00	380.00	380.00	380.00	380.00
12		685.00	685.00		550.00	650.00	650.00	650.00
13	1,550.00	800.00	800.00	1,550.00	530.00	530.00	530.00	530.00

**TABLA 4.3. LISTA DE CIRCUITOS INTEGRADOS  
 Y PRECIOS (CUARTA PARTE)**

RELACION:	4160:	4161:	4162:	4163:	4522:	4526:	4574:	4585:
1	1,850.00	1,850.00	1,850.00	1,850.00	1,950.00		3,200.00	2,250.00
2								
3	1,400.00	1,400.00	1,400.00	1,400.00				
4						1,800.00	2,950.00	2,950.00
5					1,870.00			2,100.00
6	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00				1,410.00
7	1,750.00	1,750.00	1,750.00	1,750.00				1,620.00
8	1,330.00	1,330.00	1,330.00	1,330.00		1,400.00		1,590.00
9	1,110.00	1,110.00	1,110.00	1,110.00	1,170.00	1,170.00	2,920.00	1,330.00
10	1,400.00	1,400.00	1,400.00	1,400.00				2,100.00
11					1,050.00	1,100.00		
12	1,530.00	1,530.00	1,530.00	1,530.00	1,600.00	1,650.00	3,700.00	
13	1,750.00	1,750.00	1,750.00	1,750.00				2,980.00

TABLA 4.4. LISTA DE RESISTORES Y  
CAPACITORES Y SUS PRECIOS

DISTRIBUIDOR:	RESISTORES DE 1/4 W:	RESISTORES DE 1/2 W:	ARREGLOS DE 32K $\Omega$ :	ARREGLOS DE 47K $\Omega$ :	CAPACIT. DE 0.1 $\mu$ f:	CAPACIT. DE 22pf:
Compañía General de Electrónica	35.00	50.00	500.00	500.00	320.00	110.00
Componentes Eléctricos y Metálicos	20.00	37.00			320.00	90.00
Componentes Profesionales	22.00	30.00			260.00	105.00
Copaluc	18.00	28.00	420.00	420.00	205.00	75.00
Dicopal	16.00	25.00	360.00	360.00	120.00	50.00
Electrónica Componentes y Módulos	27.00	33.00			280.00	95.00
Electrónica Sula	20.00	31.00			250.00	100.00
Electrónica Steren	17.00	25.00			195.00	60.00
Impulsora Electrónica	18.00	27.00			200.00	65.00
Servicoponentes	21.00	34.00			225.00	95.00
Suministro de Materiales Eléctricos	28.00	36.00			280.00	120.00

TABLA 4.5. LISTA DE CRISTALES Y PRECIOS

DISTRIBUIDOR:	CRISTAL DE 32,768Hz:	CRISTAL DE 3,50MHz:	CRISTAL DE 4MHz:	CRISTAL DE 4,5MHz:	CRISTAL DE 10,7MHz:
Cristales de Cuarzo	19,610.00	23,850.00	23,850.00	23,850.00	28,380.00
Distribuidora Sargo			2,500.00	3,400.00	
Electrónica Aldaco	1,000.00		1,200.00		
Electrónica Trajorlesa		6,750.00			10,100.00
Yugo Fly		5,680.00			8,900.00

**TABLA 4.6. LISTA DE DIODOS EMISORES  
DE LUZ Y PRECIOS**

RELACION:	DISTRIBUIDOR:	DIODO DE 5 mm.:	PORTA DIODO:
1	Compañía General de Electrónica	190.00	190.00
2	Componentes Eléctricos y Metálicos	165.00	140.00
3	Componentes Profesionales	140.00	140.00
4	Connector Corporation de México	185.00	140.00
5	Copelac	160.00	160.00
6	Dicopel	110.00	110.00
7	Electrónica Componentes y Módulos	135.00	145.00
8	Electrónica Sota	145.00	145.00
9	Electrónica Steren	125.00	130.00
10	Impulsora Electrónica	185.00	185.00
11	Semiconductores Profesionales	110.00	115.00
12	Servicomponentes	125.00	130.00
13	Suministro de Materiales Eléctricos	175.00	170.00

En las tablas 4.3., 4.4., 4.5. y 4.6. se presentan unas listas de componentes que pueden ser empleados en la construcción del temporizador. junto con los diferentes precios que ofrecen algunos distribuidores. Como se puede observar en las tablas, se han dejado algunos espacios en blanco. Esto se hace en caso de que el distribuidor no maneje ese producto.

Cuando se habla de circuitos integrados en la tabla 4.3., solo se toman en cuenta los circuitos integrados fabricados con tecnología CMOS. No obstante, se debe estar consciente de que existen muchos otros tipos de circuitos integrados que se podrían emplear en la construcción de un temporizador. Sin embargo, debido al rango de tensiones tan amplio bajo el cual pueden ser operados, a su inmunidad tan grande al ruido, a su bajo consumo de potencia, a su baja disipación de calor, y a su muy alta impedancia de entrada y muy baja impedancia de salida, se ha decidido emplear circuitos integrados del tipo CMOS.

En la tabla 4.4. se habla de resistores y capacitores, en la tabla 4.5. de cristales de cuarzo, y en la tabla 4.6. se habla de diodos emisores de luz. Es importante hacer la aclaración de que la compañía Cristales de Cuarzo, en la tabla 4.5., se dedica a hacer cristales a pedido y por lo tanto se puede obtener un cristal de

cualquier frecuencia deseada. Sin embargo, debido a que todos los cristales que fabrican son a pedido, y por lo tanto, no cuentan con un almacén surtido de cristales, los precios de éstos son muy elevados; mucho más que los de cualquier otro distribuidor de cristales de cuarzo.

Cabe notar que en este estudio se enumeran más componentes de los necesarios con el fin de poder tener opciones, y poder elegir los mejores componentes en el diseño del temporizador. Dicha elección de componentes se hará en el próximo capítulo, en el cual se realiza el diseño del temporizador.

#### 4.2.2. Accesorios

Los accesorios empleados en la construcción del temporizador son mínimos, y básicamente son empleados para darle una mayor funcionalidad y para darle un acabado con mayor presentación.

En las tablas 4.7., 4.8. y 4.9. se presentan los resultados de este estudio, y al igual que en la sección anterior, este estudio tiene principalmente un enfoque económico.

TABLA 4.7. LISTA DE INTERRUPTORES Y PRECIOS

INTERRUPTORES DIGITALES

DISTRIBUIDOR:	MARCA:	MODELO:	PRECIO:
Proam	Omron	SRT	69,524.00
Proam	Omron	A7SS	35,415.00
Proam	Omron	A7C	28,780.00
Proam	Digitran Co.	7G202B	31,629.00
Proam	Cherry	T5001M	36,057.00
Proam	Cherry	T6501A	29,190.00
Dicopel	C & K	302119	60,919.00
Dicopel	C & K	304119	74,766.00
Connector Corp. de Mex.	Imlec	TR12	41,692.00
Connector Corp. de Mex.	Imlec	IR12	68,289.00

INTERRUPTORES DE PASO 2 POLOS 2 TIROS

DISTRIBUIDOR:	PRECIO:
Connector Corp. de Mex.	2,500.00
Dicopel	1,400.00
Copelec	2,100.00
Servicomponentes	2,000.00

TABLA 4.0. PRECIOS DE LA CARATULA Y CONECTORES

COMPAÑIA:	PLACA FRONTAL DE CARATULA:	PLACA TRASERA DE CARATULA:	ESCUADRAS:	ESPACIADORES:	CONECTORES:
Troquelmax	7,500.00	3,000.00	1,800.00	2,000.00	900.00
Proposa	15,750.00	11,320.00	6,300.00	6,540.00	3,800.00
Hersa	10,000.00	8,000.00	3,000.00	4,500.00	2,000.00
Troquelados Nacionales	8,320.00	7,900.00	2,100.00	2,800.00	1,250.00

**TABLA 4.9. PRECIOS DEL CABLE PLANO Y CONECTORES**

<b>DISTRIBUIDORES:</b>	<b>1 METRO CABLE PLANO:</b>	<b>CONECTOR MACHO:</b>	<b>CONECTOR HEMERA:</b>
Dicopel	3,900.00	10,520.00	4,700.00
Connector Corp. de Mex.	11,460.00	14,660.00	7,800.00
Servicomponentes	4,125.00	14,100.00	6,930.00
AMP	5,470.00	15,250.00	7,600.00
Grupo Matel	5,006.00	15,990.00	6,200.00

En la tabla 4.7. se habla acerca de los interruptores que se emplean en el temporizador, los cuales son: Los interruptores digitales con código de salida tipo BCD natural para almacenar en memoria el tiempo de conteo programado, y los interruptores de paso de dos polos dos tiros para seleccionar la escala de tiempo.

En la tabla 4.8. se habla de la carátula del temporizador y de todo lo relacionado a ésta, y de los conectores que se emplean para conectar la tarjeta al sistema de control. Es pertinente mencionar que el diseño de la carátula que se ha decidido emplear para el temporizador se discute en el próximo capítulo, y es ahí en donde se muestran todos los esquemas pertinentes, los cuales se han diseñado para que el temporizador sea compatible con el original. De la misma forma, las terminales para la conexión del temporizador al sistema de control se han diseñado para que el temporizador sea fácilmente intercambiable con el original.

Por último, en la tabla 4.9. se habla acerca del cable plano y de los conectores que se emplean en conjunto con éste dentro del temporizador.

#### 4.2.3. Análisis de alternativas

Es obvio que del estudio de componentes y accesorios las mejores alternativas de compra serán con aquellos distribuidores y compañías que ofrezcan los precios más bajos. Así pues, a continuación se recapitulan los resultados de los estudios, y se dan las tres mejores alternativas para cada producto, mencionando la mejor de ellas primero, luego la segunda y por último la tercera. Para que toda esta información se pueda asimilar más fácilmente se presenta en forma de tabla, en las tablas 4.10 a 4.16.

En relación a la tabla 4.14. es pertinente notar que se enumeran los tres tipos de interruptores digitales más baratos con sus respectivos distribuidores en México. Esto es debido a que la existencia de interruptores digitales en México es muy reducida y no existen diferentes distribuidores que vendan la misma marca.

TABLA 4.10. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA  
CIRCUITOS INTEGRADOS (PRIMERA PARTE)

PRODUCTO: DISTRIBUIDORES:

---

4013	Dicopel, Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren
4017	Dicopel, Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren
4018	Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren, Uicopel o Electrónica Seta
4020	Dicopel, Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren
4022	Dicopel, Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren
4040	Dicopel, Semiconductores Profesionales, Connector Corp. de Mex.
4049	Semiconductores Profesionales, Dicopel, Electrónica Steren
4050	Semiconductores Profesionales, Dicopel, Electrónica Steren
4060	Connector Corp. de Mex., Semiconductores Profesionales, Dicopel
4069	Electrónica Steren o Semiconductores Profesionales, Dicopel
4071	Electrónica Steren o Semiconductores Profesionales, Dicopel

**TABLA 4.10. ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA  
 CIRCUITOS INTEGRADOS (SEGUNDA PARTE)**

**PRODUCTO: DISTRIBUIDORES:**

---

4072	Electrónica Steren o Semiconductores Profesionales, Dicopel
4081	Electrónica Steren o Semiconductores Profesionales, Dicopel
4160	Electrónica Steren, Dicopel, Electrónica Seta
4161	Electrónica Steren, Dicopel, Electrónica Seta
4162	Electrónica Steren, Dicopel, Electrónica Seta
4163	Electrónica Steren, Dicopel, Electrónica Seta
4522	Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren, Suministro de Mat. Elec.
4526	Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren, Electrónica Seta
4574	Electrónica Steren, Connector Corp. de Mex., Compañía General de Electrónica
4585	Electrónica Steren, Dicopel, Electrónica Seta

TABLE 4.11. ANALISIS DE ALTERNATIVAS  
 PARA RESISTORES Y CAPACITORES

PRODUCTO:	DISTRIBUIDORES:
Resistores de 1/4 de W	Dicopal, Electrónica Steren, Copelec o Impulsora Electrónica
Resistores de 1/2 de W	Dicopal u Electrónica Steren, Impulsora Electrónica
Arrreglos de 32K $\Omega$	Dicopal, Copelec, Compañía General de Electrónica
Arrreglos de 47K $\Omega$	Dicopal, Copelec, Compañía General de Electrónica
Capacitores de 0.1 $\mu$ F	Dicopal o Electrónica Steren, Impulsora Electrónica
Capacitores de 22pF	Dicopal o Electrónica Steren, Impulsora Electrónica

12

TABLA 4.12. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA  
 CRISTALES DE CUARZO

PRODUCTO:	DISTRIBUIDORES:
Cristal de 32.768KHz	Electrónica Aldaco, Cristales de Cuarzo
Cristal de 3.589KHz	Yugo Fly, Electrónica Trajedesa, Cristales de Cuarzo
Cristal de 4MHz	Electrónica Aldaco, Distribuidora Sargo, Cristales de Cuarzo
Cristal de 4.5MHz	Distribuidora Sargo, Cristales de Cuarzo
Cristal de 10.7MHz	Yugo Fly, Electrónica Trajedesa, Cristales de Cuarzo

Tabla 4.13. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA  
DIODOS EMISORES DE LUZ

PRODUCTO: DISTRIBUIDORES:

---

Diado de  
5 mm.

Dicopel o Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren o Serviciocomponentes

Porta  
diado

Dicopel, Semiconductores Profesionales, Electrónica Steren o Serviciocomponentes

TABLA 4.14. ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA INTERRUPTOFES

INTERRUPTORES DIGITALES

PRODUCTO:	DISTRIBUIDORES:
Omron A7C	Proam
Cherry T6301A	Proam
Digitran Co. 7B202B	Proam

INTERRUPTORES DE PASO 2 POLOS 2 TIROS

PRODUCTO:	DISTRIBUIDORES:
Interruptor de paso	Dicopal, Serviccomponentes, Copelec

TABLA 4.15. ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA  
CARATULA Y CONECTORES

PRODUCTO:	DISTRIBUIDORES:
Placa frontal de carátula	Troquelmex, Troquelados Nacionales, Hersa
Placa trasera de carátula	Troquelmex, Troquelados Nacionales, Hersa
Escuadras	Troquelmex, Troquelados Nacionales, Hersa
Espaciadores	Troquelmex, Troquelados Nacionales, Hersa
Conectores	Troquelmex, Troquelados Nacionales, Hersa

TABLA 4.16. ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA  
CABLE PLANO Y CONECTORES

PRODUCTO:	DISTRIBUIDORES:
Cable Plano	Dicopel, Servicomponentes, Grupo Matel
Conector Macho	Dicopel, Grupo Matel, Servicomponentes
Conector Hembra	Dicopel, Grupo Matel, Servicomponentes

## CAPITULO 5

### DISENO DEL TEMPORIZADOR

En todos los capitulos anteriores se han discutido diferentes temas de importancia en el diseno de un temporizador. Manteniendo todos estos temas en mente, a continuación se presenta el diseno del temporizador.

Como se observó en la sección 2.1. del capitulo 2, un temporizador está compuesto por diferentes secciones. En este capitulo, el diseno de cada una de las secciones del temporizador prototipo se hace por separado, y finalmente se agrupan todos los disenos individuales para obtener el temporizador acabado.

#### 5.1. Diseno del divisor de frecuencia

El divisor de frecuencia de este temporizador debe dividir la señal a la salida del oscilador de tal forma que existan dos señales procesadas que sirvan como base de tiempo. Estas dos señales en las salidas de divisor deben tener

frecuencias de 10Hz y de 1Hz. Todo esto es con el fin de tener dos posibles escalas de tiempo. De esta forma, se pueden hacer mediciones de tiempo de 0 a 99.9 segundos y de 0 a 999 segundos.

A continuación se presentan los cálculos realizados y el diseño del divisor de frecuencia.

### 5.1.1. Diseño preliminar

Para poder elaborar el diseño del divisor, primero se debe conocer la frecuencia de la señal original con la cual se va a trabajar (la señal a la salida del oscilador). Sin embargo, el oscilador se puede construir de forma que tenga una señal de salida con prácticamente cualquier valor de frecuencia. Por esta razón, primero se escogerá la frecuencia con la que más convenga trabajar, y posteriormente, en otra sección, se elaborará el diseño del oscilador<sup>1</sup>.

Partiendo de la tabla 4.5. del capítulo anterior, se puede ver cuales son los valores comerciales de cristales de cuarzo. Se debe recordar que a pesar de que

---

1) El diseño del oscilador se trata en la sección 5.2. de este capítulo.

la compañía Cristales de Cuarzo puede fabricar cristales a cualquier frecuencia, no es conveniente emplearlos por dos razones:

1- Los precios son sumamente altos, lo cual elevaría el costo del temporizador.

2- Si se escoge un cristal con una frecuencia no comercial será muy difícil sustituirlo en caso de descompostura, lo cual va en contra de uno de los propósitos de construir un temporizador nacional: que pueda ser fácilmente reparable.

Así pues, y para fines prácticos, se deben tomar las frecuencias de los cristales comerciales como posibles señales de entrada al divisor.

Cabe recordar que aunque los divisores de frecuencia pueden dividir la frecuencia de una señal entre  $n$  veces, donde  $n$  es cualquier número (capítulo 2, sección 2.5.), este número debe ser un número entero. Es decir, no es posible dividir entre un número fraccional. Por lo tanto, cada una de las frecuencias de los cristales debe ser analizada individualmente, de forma que se establezca cuales pueden ser divididas para obtener una señal de 10Hz exactamente.

Para lograr esto más fácilmente, se ha elaborado un programa de computadora con el cual se pueden calcular todas las posibles combinaciones de números primos entre los cuales se puede dividir la frecuencia original para obtener una frecuencia de salida lo más cerca posible a 10Hz. (Este programa fue hecho en el idioma "Basica" en una computadora IBM PC XT). El programa únicamente analiza las posibles combinaciones de algunos números primos porque a partir de la combinación de ellos se puede obtener cualquier otro número deseado. El análisis se hace empleando únicamente los números primos del 2 al 13 debido a que el emplear divisores individuales que hagan divisiones mayores a 13 es un tanto más complejo.

Una vez obtenida una señal de salida de 10Hz se puede volver a hacer una división entre diez para así obtener la otra señal de salida necesaria: la de 1Hz. A continuación se presenta este programa, y posteriormente se presentarán los resultados obtenidos para el análisis de cada una de las frecuencias.

```

10 REM      *****
20 REM      ***
30 REM      *** CALCULO DEL DIVISOR DE FRECUENCIA ***
40 REM      ***
50 REM      *** ELABORADO POR FERNANDO FUENTES ***
60 REM      ***
70 REM      *****
80 REM
90 REM LAS PROXIMAS 3 INSTRUCCIONES LE DAN UN VALOR DE CERO A
TODAS LAS VARIABLES Y BORRAN TODOS LOS PARAMETROS.
100 KEY OFF
110 CLS
120 CLEAR
130 REM LA PROXIMA INSTRUCCION INTRODUCE EL VALOR DE LA
FRECUENCIA A SER ANALIZADA A LA VARIABLE A.
140 INPUT "FRECUENCIA DEL CRISTAL";A
150 REM LA PROXIMA INSTRUCCION IMPRIME EL VALOR DE LA FRECUENCIA
EN PAPEL.
160 LPRINT CHR$(10);CHR$(10);CHR$(10);"F XTAL =";A;CHR$(10)
170 REM EN LAS PROXIMAS 12 INSTRUCCIONES SE CALCULAN LAS
DIFERENTES POSIBLES COMBINACIONES DE NUMEROS PRIMOS (DEL 2 AL
13) QUE PUEDEN DIVIDIR A LA FRECUENCIA.
180 Z=CINT((LOG(A)/LOG(2)))
190 FOR B=0 TO Z
200 Y=CINT((LOG(A)-B*LOG(2))/LOG(3))
210 FOR C=0 TO Y
220 X=CINT((LOG(A)-B*LOG(2)-C*LOG(3))/LOG(5))
230 FOR D=0 TO X
240 W=CINT((LOG(A)-B*LOG(2)-C*LOG(3)-D*LOG(5))/LOG(7))
250 FOR E=0 TO W
260 V=CINT((LOG(A)-B*LOG(2)-C*LOG(3)-D*LOG(5)-E*LOG(7))/LOG(11))
270 FOR G=0 TO V
280 U=CINT((LOG(A)-B*LOG(2)-C*LOG(3)-D*LOG(5)-E*LOG(7)-
G*LOG(11))/LOG(13))
290 FOR H=0 TO U
300 REM A CONTINUACION SE HACE EL CALCULO DEL PRODUCTO DE LOS
NUMEROS PRIMOS.
310 T=2^B*3^C*5^D*7^E*11^G*13^H
320 REM EN LAS SIGUIENTES 2 INSTRUCCIONES SE ANALIZA LA
VARIACION QUE EXISTE ALREDEDOR DE 10 DESPUES DE DIVIDIR LA
FRECUENCIA ENTRE EL PRODUCTO DE LOS NUMEROS PRIMOS. SI LA
330 REM VARIACION EXEDE EL 1% LA COMBINACION NO SE TOMA EN
CUENTA.
340 S=10-A/T
350 IF S>.1 OR S<-.1 GOTO 460
360 REM EN LOS SIGUIENTES 3 COMANDOS SE CALCULA EL VALOR DE LA
FRECUENCIA A LA SALIDA DEL DIVISOR. Y SE IMPRIME EN PAPEL
ESTE VALOR Y LA COMBINACION DE NUMEROS PRIMOS CON LOS CUALES
370 REM SE OBTUVO.
380 R=10-S

```

```

390 LPRINT "F DIV =" ; R
400 LPRINT "2^";B,"3^";C,"5^";D,"7^";E,"11^";G,"13^";H;CHR$(10)
410 REM EN SEGUIDA SE ANALIZA SI LA FRECUENCIA A LA SALIDA DEL
    DIVISOR ES EXACTAMENTE IGUAL A 10, Y EN CASO DE SERLO SE LE
    LLAMA LA ATENCION AL USUARIO.
420 IF R=10 GOTO 560
430 REM A CONTINUACION SE LE LLAMA LA ATENCION AL USUARIO PARA
    INDICARLE QUE SE ENCONTRARON NUEVOS VALORES CON LOS CUALES SE
    OBTIENE UNA FRECUENCIA CON UN ERROR MENOR AL 1%.
440 GOTO 570
450 REM LOS SIGUIENTES 7 COMANDOS SIRVEN PARA ANALIZAR OTRAS
    POSIBLES COMBINACIONES DE NUMEROS PRIMOS.
460 NEXT H
470 NEXT G
480 NEXT E
490 NEXT D
500 NEXT C
510 REM LA SIGUIENTE INSTRUCCION SE EMPLEA PARA INDICARLE AL
    USUARIO EN QUE PARTE DEL ANALISIS SE ENCUENTRA EL PROGRAMA.
520 LOCATE 19,29; PRINT "      2^ ";B+1; "      "
530 NEXT B
540 REM LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES SIRVEN PARA MANTENER AL
    USUARIO AL TANTO DE LO QUE ESTA PASANDO EN EL PROGRAMA Y
    PODERSE COMUNICAR CON EL.
550 LOCATE 19,18; PRINT "SE HAN ANALIZADO TODOS LOS VALORES
    POSIBLES"; GOTO 620
560 LOCATE 19,29; PRINT "ENTRE 10 EXACTAMENTE"; BEEP; GOTO 580
570 LOCATE 19,29; PRINT "      NUEVOS VALORES      "; GOTO 580
580 BEEP; LOCATE 21,32; INPUT "CONTINUA (S/N)";A$
590 IF A$="N" OR A$="n" GOTO 620
600 LOCATE 21,32; PRINT "      "
610 GOTO 460
620 LPRINT CHR$(12); KEY ON
630 END

```

F XTAL = 32768

F DIV = 10.03					
2^0	3^3	5^0	7^0	11^2	13^0
F DIV = 10.08246					
2^1	3^0	5^3	7^0	11^0	13^1
F DIV = 9.929697					
2^2	3^1	5^2	7^0	11^1	13^0
F DIV = 10.00244					
2^2	3^2	5^0	7^1	11^0	13^1

F XTAL = 3579545

F DIV = 9.910722					
2^0	3^4	5^0	7^3	11^0	13^1
F DIV = 9.919621					
2^0	3^8	5^1	7^0	11^1	13^0
F DIV = 9.939039					
2^1	3^1	5^2	7^4	11^0	13^0
F DIV = 9.960611					
2^1	3^3	5^1	7^0	11^3	13^0
F DIV = 10.05733					
2^1	3^4	5^0	7^0	11^0	13^3
F DIV = 10.02084					
2^1	3^6	5^1	7^2	11^0	13^0
F DIV = 10.06225					
2^2	3^0	5^4	7^0	11^1	13^1
F DIV = 10.08607					
2^2	3^1	5^1	7^2	11^2	13^0
F DIV = 9.933248					
2^2	3^1	5^2	7^1	11^0	13^2
F DIV = 10.03461					
2^3	3^2	5^1	7^1	11^1	13^1
F DIV = 10.04362					
2^4	3^0	5^1	7^3	11^0	13^1
F DIV = 10.02876					
2^4	3^4	5^2	7^0	11^1	13^0
F DIV = 9.94318					
2^6	3^1	5^0	7^0	11^1	13^2
F DIV = 10.08845					
2^6	3^2	5^4	7^0	11^0	13^0
F DIV = 9.959115					
2^9	3^2	5^0	7^1	11^1	13^0

F DIV = 9.959115  
2^ 10 3^ 3

5^ 0

7^ 0

11^ 0

13^ 1

F DIV = 9.98727  
2^ 11 3^ 0

5^ 2

7^ 1

11^ 0

13^ 0

F DIV = 9.930822  
2^ 15 3^ 0

5^ 0

7^ 0

11^ 1

13^ 0

F XTAL = 4000000

F DIV = 10.0471	2^0	3^0	5^4	7^2	11^0	13^1
F DIV = 10.0963	2^0	3^1	5^1	7^4	11^1	13^0
F DIV = 10.00365	2^1	3^0	5^0	7^1	11^0	13^4
F DIV = 9.967357	2^1	3^2	5^1	7^3	11^0	13^1
F DIV = 9.976306	2^1	3^6	5^2	7^0	11^1	13^0
F DIV = 10.04939	2^1	3^7	5^0	7^1	11^0	13^1
F DIV = 10.01753	2^2	3^1	5^2	7^0	11^3	13^0
F DIV = 10.09092	2^2	3^2	5^0	7^1	11^2	13^1
F DIV = 10.07811	2^2	3^4	5^2	7^2	11^0	13^0
F DIV = 9.916503	2^3	3^1	5^0	7^5	11^0	13^0
F DIV = 9.961548	2^3	3^3	5^0	7^0	11^1	13^2
F DIV = 9.99001	2^4	3^0	5^2	7^1	11^1	13^1
F DIV = 10.0623	2^4	3^1	5^0	7^2	11^0	13^2
F DIV = 10.02084	2^6	3^4	5^0	7^1	11^1	13^0
F DIV = 10	2^7	3^0	5^5	7^0	11^0	13^0

F DIV = 9.933249					
2^ 8	3^ 0	5^ 0	7^ 0	11^ 2	13^ 1
F DIV = 9.920635					
2^ 8	3^ 2	5^ 2	7^ 1	11^ 0	13^ 0
F DIV = 10.01603					
2^ 11	3^ 1	5^ 1	7^ 0	11^ 0	13^ 1
F DIV = 9.964924					
2^ 13	3^ 0	5^ 0	7^ 2	11^ 0	13^ 0

F XTAL = 4500000

F DIV = 10.06993	2^0	3^0	5^5	7^0	11^1	13^1
F DIV = 9.916503	2^0	3^3	5^0	7^5	11^0	13^0
F DIV = 9.961548	2^0	3^5	5^0	7^0	11^4	13^2
F DIV = 10.00271	2^1	3^0	5^0	7^0	11^3	13^2
F DIV = 9.917356	2^1	3^1	5^4	7^0	11^2	13^0
F DIV = 9.99001	2^1	3^2	5^2	7^1	11^1	13^1
F DIV = 10.0632	2^1	3^3	5^0	7^2	11^0	13^2
F DIV = 10.09195	2^2	3^0	5^2	7^3	11^0	13^1
F DIV = 9.93904	2^3	3^1	5^1	7^3	11^1	13^0
F DIV = 10.02084	2^3	3^6	5^0	7^1	11^1	13^0
F DIV = 10.06225	2^4	3^1	5^0	7^1	11^3	13^0
F DIV = 10.08507	2^4	3^1	5^1	7^0	11^1	13^2
F DIV = 10	2^4	3^2	5^5	7^0	11^0	13^0
F DIV = 9.933249	2^5	3^2	5^0	7^0	11^2	13^1
F DIV = 9.920635	2^5	3^4	5^2	7^1	11^0	13^0

F DIV = 10.05461					
2^6	3^0	5^0	7^2	11^1	13^1
F DIV = 9.905959					
2^7	3^1	5^0	7^1	11^0	13^2
F DIV = 10.01605					
2^8	3^3	5^1	7^0	11^0	13^1
F DIV = 10.04464					
2^9	3^0	5^3	7^1	11^0	13^0
F DIV = 9.964924					
2^10	3^2	5^0	7^2	11^0	13^0
F DIV = 9.987571					
2^13	3^0	5^1	7^0	11^1	13^0

F XTAL = 16700000

F DIV = 9.982508					
2^0	3^0	5^3	7^3	11^0	13^0
F DIV = 10.07747					
2^0	3^3	5^2	7^0	11^2	13^1
F DIV = 10.06467					
2^0	3^5	5^4	7^1	11^0	13^0
F DIV = 9.915872					
2^1	3^0	5^0	7^3	11^2	13^1
F DIV = 9.939342					
2^1	3^0	5^1	7^2	11^0	13^3
F DIV = 9.903281					
2^1	3^2	5^2	7^4	11^0	13^0
F DIV = 9.924776					
2^1	3^4	5^1	7^0	11^3	13^0
F DIV = 10.02113					
2^1	3^5	5^0	7^0	11^0	13^3
F DIV = 9.98479					
2^1	3^7	5^1	7^2	11^0	13^0
F DIV = 10.06697					
2^1	3^12	5^0	7^0	11^0	13^0
F DIV = 10.06256					
2^2	3^0	5^0	7^0	11^2	13^3
F DIV = 9.97669					
2^2	3^1	5^4	7^0	11^1	13^1
F DIV = 10.02605					
2^2	3^2	5^1	7^2	11^2	13^0
F DIV = 10.04978					
2^2	3^2	5^2	7^1	11^0	13^2
F DIV = 9.925789					
2^4	3^0	5^3	7^2	11^1	13^0

F DIV = 9.998504					
2^4	3^1	5^1	7^3	11^0	13^1
F DIV = 10.00748					
2^4	3^5	5^2	7^0	11^1	13^0
F DIV = 10.0808					
2^4	3^6	5^0	7^1	11^0	13^1
F DIV = 10.04884					
2^5	3^0	5^2	7^0	11^3	13^0
F DIV = 9.947492					
2^6	3^0	5^0	7^5	11^0	13^0
F DIV = 9.992678					
2^6	3^2	5^0	7^0	11^1	13^2
F DIV = 9.907408					
2^6	3^3	5^4	7^0	11^0	13^0
F DIV = 10.09464					
2^7	3^0	5^0	7^2	11^0	13^2
F DIV = 10.05216					
2^9	3^3	5^0	7^1	11^1	13^0
F DIV = 9.925284					
2^10	3^4	5^0	7^0	11^0	13^1
F DIV = 9.951638					
2^11	3^1	5^2	7^1	11^0	13^0
F DIV = 10.04733					
2^14	3^0	5^1	7^0	11^0	13^1

Analizando los resultados del programa para cada una de las frecuencias diferentes, se observa que solamente se puede obtener una frecuencia exacta de 10Hz a la salida del divisor si a su entrada se tiene una frecuencia de 4MHz o de 4.5MHz. Debido a esto, y estudiando las combinaciones de números primos empleados para llegar a estas frecuencias, se ha determinado que conviene emplear el cristal de 4MHz por dos razones:

1- Como se van a emplear circuitos integrados de tipo CMOS en la construcción del prototipo, conviene trabajar con las frecuencias más bajas posibles, ya que en ocasiones los circuitos CMOS no son tan rápidos como se desearía.

2- La cantidad de circuitos integrados que se deben emplear para obtener una frecuencia de 10Hz a partir de una frecuencia de 4MHz, es menor que la cantidad necesaria si se parte de una frecuencia de 4.5MHz.

Así pues, partiendo de una señal de 4MHz se puede obtener una señal de 10Hz si ésta se divide entre:

$$2^7 \times 5^3 = 400,000$$

La división de  $2^7$  se puede lograr mediante un solo circuito integrado; ya sea el 4020, el 4040 o el 4060. Sin embargo, el 4060 tiene una gran ventaja sobre los otros

dos, la cual radica en que este circuito integrado tiene salidas para incorporar un oscilador si es deseado. En el apéndice B se pueden encontrar las características y el diagrama interno de este circuito integrado<sup>1</sup>, mientras que en la figura 5.1. se puede observar su diagrama de conexiones.

Haciendo referencia a esta figura, se puede observar que la pata 16 se debe conectar a  $V^+$  y la pata 8 se debe conectar a tierra. Las patas 10 y 11 se deben emplear para conectar el oscilador. La pata 12 se emplea para dar la señal de restauración (lo cual se logra con un uno lógico) durante la primera etapa del temporizador<sup>2</sup>. En la pata 6 se obtiene la señal de salida (dividida entre 2<sup>3</sup>).

La división de 5<sup>3</sup> se puede obtener mediante una combinación de cinco circuitos integrados. Entre los circuitos integrados que se pueden utilizar destacan el 4017, el 4018 y el 4022. Sin embargo, el más común y fácil

- 
- 1) De hecho, las características y diagramas internos (a manera de bloques) de todos los circuitos integrados empleados en la construcción del temporizador se encuentran en el apéndice B.
  - 2) Las diferentes etapas del temporizador se discutieron en el capítulo 3, sección 3.3.

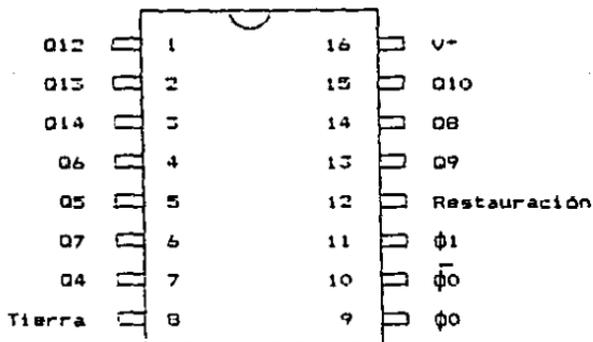


Fig. 5.1. Esquema del diagrama de conexiones del CI 4060.

de manejar de estos circuitos es el 4017. En la figura 5.2. se muestra el diagrama de conexiones de este circuito integrado. Como se observa, la pata 16 debe conectarse a V+ y la pata 8 a tierra. La pata 13 se debe conectar a tierra para que el reloj siempre esté activado y pueda trabajar cuando le lleguen pulsos a la entrada (la activación de reloj<sup>1</sup> sucede cuando se tiene un cero lógico en esta pata). La pata 14 se debe conectar a la señal de reloj (la cual es la salida de la etapa anterior), la pata 12 a la entrada de reloj de la siguiente etapa, y la pata 1 debe conectarse a la pata 15, de forma que después de cada

1) En inglés "clock enable".

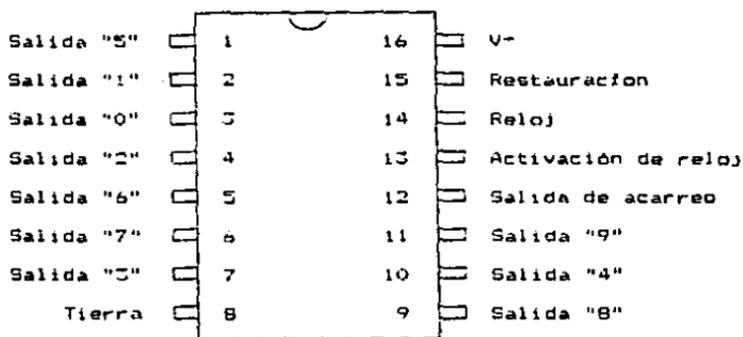


Fig. 5.2. Esquema del diagrama de conexiones del CI 4017.

cinco pulsos se de automáticamente una señal de restauración y el circuito vuelva a empezar su conteo (la señal de restauración es un uno lógico). Debido a que en este arreglo la salida "5" se emplea como señal de retroalimentación para generar la restauración, se debe tener en cuenta una cosa de suma importancia: La señal de salida se debe tomar de la pata 10 y no de la pata 1. Esto es debido a que al retroalimentar la salida de la pata 1 a la pata de restauración, el circuito obtiene su estado de salida cero prácticamente de forma instantánea. Por lo tanto, esto no permite tener una duración de pulso lo suficientemente larga en la pata 1 como para ser utilizada.

Otro aspecto importante que se tiene que tomar en cuenta es que se debe idear la forma de dar una señal de restauración al conjunto de divisores durante la primera etapa del temporizador. De esta forma, se logra que todos los divisores adquieran su estado inicial de cero de forma que cada vez que empiece un conteo de tiempo, el conteo empiece de cero y no de un número avanzado. Al CI 4060 es muy sencillo dar la señal de restauración, ya que solo falta conectar la pata 12 al dispositivo que mande esta señal. Sin embargo, mandar una señal de restauración al CI 4017 es un poco más difícil debido a que su pata 15 (de restauración) ya está conectada a su pata 1. Pero lo que se puede hacer para dar una señal de restauración general al CI 4017 es conectar tanto la salida de la pata 1 como la salida del dispositivo que mande la señal de restauración general a las entradas de una compuerta lógica "0", y conectar la salida de la compuerta lógica a la pata 15 del CI 4017. De esta forma, el CI 4017 adquiere su estado inicial de cero cuando se mande la señal de restauración general, o cuando se hayan contado cinco pulsos. La compuerta "0" empleada es el circuito integrado 4071, y su diagrama de conexiones se muestra en la figura 5.3. El esquema de conexiones para el arreglo de restauración del CI 4017 se muestra en la figura 5.4.

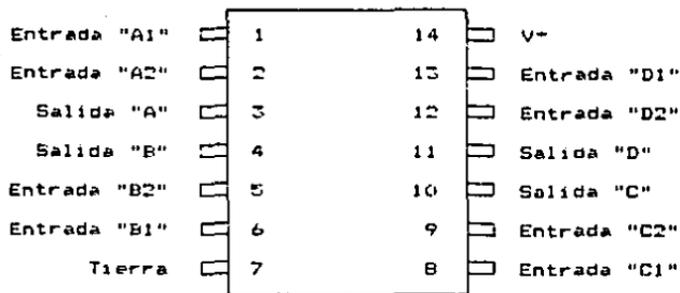


Fig. 5.3. Esquema del diagrama de conexiones del CI 4071.

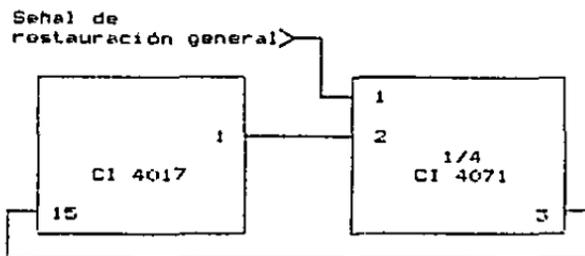


Fig. 5.4. Arreglo de restauración para el CI 4017.

Una vez obtenida la señal de 10Hz a la salida del quinto CI 4017, se puede emplear otro CI 4017 para hacer una división más de entre 10, para obtener la otra salida necesaria del conjunto de divisores (la de 1Hz). La conexión de las patas de este último circuito es igual que

el de las patas de los anteriores, con la diferencia de que la pata 1 no se conecta a nada, y que debido a esto, no es necesario emplear una compuerta "0" para dar la señal de restauración general, sino que ésta se puede conectar en forma directa a la pata 15. La salida de este último CI del divisor se encuentra en la pata 11.

### 5.1.2. Cálculo y diseño definitivo

El problema que existe con el arreglo mostrado en la figura 5.4. es que como se necesitan cinco CI 4017 que requieren compuertas "0" para darles una restauración general, se necesitan dos CI 4071 (cada CI 4071 tiene solo cuatro compuertas "0"). Esto implica que con el CI 4060, los seis CI 4017, y los dos CI 4071, se tendría un total de nueve circuitos integrados necesarios para formar el divisor de frecuencia. Sin embargo, si se analiza la combinación de números primos más a fondo, se puede ver que:

$$27 \times 5^3 = 2 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5$$

o lo que es igual:

$$27 \times 5^3 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times (2 \times 5) \times (2 \times 5) \times (2 \times 5) \times 5 \times 5$$

$$27 \times 5^3 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 10 \times 10 \times 10 \times 5 \times 5$$

lo que equivale a:

$$2^7 \times 5^2 = 2^4 \times 10^3 \times 5^2 = 400,000$$

y como ya se había visto:

$$4\text{MHz} / 400,000 = 10\text{Hz}$$

Con esto se puede ver que ahora ya solo son dos los CI 4017 que requieren emplear compuertas "0", con lo que se elimina uno de los dos CI 4071 que se habían mencionado en la sección anterior. Esto, aparte de reducir un poco el costo, ahorra espacio en la tarjeta del temporizador, lo cual es una ventaja grande. Cabe notar que no se pudo eliminar por completo el uso de las compuertas "0" debido a que la salida más baja del CI 4060 es Q4; no existe una salida Q2 que sería la necesaria para poder eliminar el uso de las dos compuertas "0" restantes.

En la figura 5.5. se muestra el diagrama del diseño final para el divisor de frecuencia. Con la ayuda de este diagrama y de las características de los diferentes circuitos empleados, que como se mencionó anteriormente se encuentran en el apéndice B, se pueden hacer unos cuantos cálculos para confirmar que no existan problemas de compatibilidad en las corrientes de entrada y salida entre los diferentes circuitos integrados.



El valor de corriente más crítico que puede llegar a existir a la salida del CI 4060 (pata 7) es de 3mA, y la máxima cantidad de corriente requerida en la entrada del CI 4017 es de 0.3µA, por lo que no existe problema alguno.

De la misma forma, el valor de corriente más crítico que puede haber a la salida de un CI 4017 es de 1.2mA, y como ya se observó, la máxima cantidad de corriente requerida a la entrada de uno de éstos es de 0.3µA. Esto hace que los CI 4017 sean compatibles entre sí, y por lo tanto, puedan ser fácilmente interconectados en serie.

Por último, para el caso en el que la salida de un CI 4017 se conecta a una entrada de compuerta "0", se observa que la entrada de la compuerta requiere como máximo 0.3µA, lo cual no es causa de problema alguno. La salida de la compuerta "0" es capaz de suministrar una corriente de hasta 3mA, lo que quiere decir que tampoco existe problema alguno para retroalimentar la señal de restauración al CI 4017.

Como es obvio, todos estos circuitos integrados son perfectamente compatibles entre sí. Sin embargo, esto era lógico de esperarse debido a un cierto número de factores. En primer lugar, siendo todos los CI's de la

misma familia es de suponerse que éstos deben ser compatibles entre sí. Pero aparte, al ser estos CI's de la familia de los CMOS esta característica se acentúa aún más, ya que los CMOS tienen comúnmente una capacidad de ramificación<sup>1</sup> de 50 compuertas aproximadamente.

Como se puede apreciar en el esquema de la figura 5.5., se han colocado dos interruptores de paso para poder seleccionar la señal de salida que se desea emplear: la de 10Hz o la de 1Hz. Se emplean dos interruptores para poder seleccionar la señal de salida hacia los dos temporizadores en forma individual (recuérdese que una de las características de este prototipo es que se tendrán dos temporizadores en un solo módulo). Como se puede apreciar, también se han colocado unos diodos emisores de luz para indicar al usuario en que estado se encuentra cada uno de los temporizadores, si en su estado de X10 (1Hz) o en su estado normal (10Hz). La corriente que pasa a través de los diodos ha sido limitada mediante un resistor de 8.2K $\Omega$ .

---

1) En inglés "fan-out".

En el caso ideal de que no existiera caída de tensión en los diodos, la corriente máxima que pasaría a través de ellos y de los resistores sería de:

$$I = V / R = 15 / 8,200 = 1.8\text{mA}$$

lo cual no es una corriente muy significativa.

## 5.2. Diseño del oscilador

Como se mencionó en el capítulo 2, sección 2.1., el oscilador es el alma de cualquier temporizador; la precisión y exactitud de un temporizador están directamente relacionadas a su oscilador. Debido a esto, se ha decidido que el oscilador de este temporizador se construirá empleando un cristal de cuarzo, ya que éstos son sumamente precisos y exactos. De esta forma no existirán variaciones en su frecuencia debido a cambios en la temperatura y a problemas en el factor de calidad en forma tan marcada como en los osciladores RC y LC (capítulo 2, secciones 2.2.4.1. y 2.2.4.2.).

### 5.2.1. Diseño preliminar

Como se discutió anteriormente en este capítulo, el cristal de cuarzo que será empleado en la construcción del oscilador tendrá una frecuencia de 4MHz.

Recordando las bases teóricas detrás de uno de estos osciladores (discutidas en el capítulo 2, sección 2.2.5.), se sabe que el material empleado para su construcción consta de:

- Un cristal de cuarzo
- Un inversor (en este caso de tecnología CMOS)
- Dos resistores (uno con valor mucho mayor al otro)
- Dos capacitores

Los circuitos integrados (inversores) que se pueden emplear en la construcción del oscilador son el CI 4049, el CI 4069, o el CI 4060. Sin embargo, la gran ventaja de emplear un CI 4060 es que en ese mismo circuito se tiene un contador/divisor binario que se puede emplear en la división de la frecuencia del cristal. De no ser así, sería necesario emplear otro circuito integrado para lograr la división binaria necesaria.

El esquema del diagrama de conexiones de este circuito ya ha sido mostrado en la figura E.1., y su forma de conectarse se discutió también con anterioridad en este capítulo. Pero el montaje del cristal de cuarzo al circuito aún no ha sido discutido.

En la figura 5.6. se muestra la forma de conectar el cristal al CI 4060. El valor de los capacitores que se eligieron fue de 22 pf, y se decidió que no se emplearía un capacitor variable debido a que la fluctuación que puede llegar a existir en la señal de salida del oscilador no es muy grande, y se hace casi imperceptible después de dividirla 400,000 veces. Aparte, el montar un capacitor variable implica más trabajo en el ensamble del temporizador debido a ajustes, lo cual puede no ser conveniente, y sobre todo si se habla de una producción masiva. El valor asignado arbitrariamente a R1 fue de 10M $\Omega$ . Se considera que este valor es lo suficientemente grande como para no afectar al circuito una vez que esté

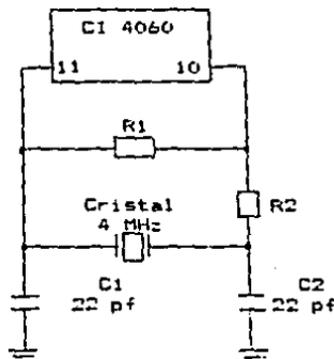


Fig. 5.6. Oscilador con cristal empleando el CI 4060.

oscilando, y al mismo tiempo, no afectar al sistema de retroalimentación a través del cristal y del resistor R2.

Sabiendo que la reactancia capacitiva de C2 es:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 (4 \times 10^4) (12 \times 10^{-12})} = 1,808.6$$

se puede calcular el valor de R2 para la frecuencia de resonancia, sin permitir un desfazamiento menor a 85° en el circuito integrador R2C2, de la siguiente manera:

Forma Polar	Forma rectangular
$Z = 1,808.6 \angle 85^\circ$	$Z = 157.6 + j 1,801.7$

Así, el valor comercial del resistor más próximo a 157.6Ω es de 100Ω. De esta forma se puede observar que:

Forma rectangular	Forma polar
$Z = 100 + j 1,808.6$	$Z = 1,811.4 \angle 86.8^\circ$

el desfazamiento en el circuito integrador R2C2 será de prácticamente 87°, lo cual es perfectamente aceptable.

Una vez obtenidos los valores de R1 y R2, se prosiguió a montar el oscilador y tomar mediciones de su respuesta. La señal de salida obtenida se muestra en la figura 5.7. Como se puede observar, la señal tiene una amplitud de 14Vpp.

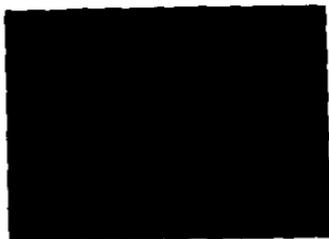


Fig. 5.7. Salida del oscilador con R2 igual a  $100\Omega$ .  
(Frecuencia de 4MHz y amplitud de 14Vpp)



Fig. 5.8. Salida del oscilador con R2 igual a  $500\Omega$ .  
(Frecuencia de 4MHz y amplitud de 12Vpp)

A forma de tratar de proteger más al cristal contra una descarga eléctrica grande, el valor del resistor R2 fue aumentado. Así, se le asignó un valor arbitrario de  $500\Omega$ . El resultado a la salida del oscilador se puede



Fig. 5.9. Salida del oscilador con  $R_2$  igual a  $1K$  .  
(Frecuencia de 4MHz y amplitud de 11Vpp)

observar en la figura 5.8. Como se aprecia, la señal tiene una amplitud de 12Vpp. Posteriormente, se aumentó aún más el valor del resistor  $R_2$ . En esta ocasión se le asignó un valor de  $1K$  . El resultado de este cambio se muestra en la figura 5.9.. que como se puede observar, es una señal con una amplitud de 11Vpp.

#### 5.2.2. Cálculo y diseño definitivo

El diseño definitivo del oscilador es igual al mostrado en la figura 5.6. Los valores de los resistores  $R_1$  y  $R_2$  son de  $10M$  y  $100$  respectivamente. Se decidió que aunque se perdiera un poco en la protección del cristal se debía colocar una resistencia  $R_2$  igual a  $100$  para así estar protegidos contra un paro en el funcionamiento del

oscilador debido a una baja en la tensión. Como se puede observar en la figura 5.7., con un valor  $R2$  de  $100\Omega$  existe una caída de  $0.5V$  con respecto a  $V^+$  y tierra en cada extremo de la señal de salida, por lo que no sería aconsejable aumentar más el valor de  $R2$ .

En cuanto a la frecuencia de reloj con la que se está trabajando, se puede ver que a pesar de que los circuitos son de tipo CMOS, y por lo tanto son algo lentos, el temporizador puede trabajar bien a esta frecuencia. El CI 4060 típicamente puede trabajar hasta con una frecuencia de  $10MHz$ , y en el peor de los casos trabaja hasta con una frecuencia de  $4MHz$ , lo cual implica que no se está trabajando con una frecuencia mayor a la peor posibilidad. En cuanto a el CI 4017, en el peor de los casos puede trabajar hasta con una frecuencia de  $6MHz$ , que está por encima de lo necesario, ya que cuando les llega la señal de reloj, ésta ya ni siquiera es de  $4MHz$ .

### 5.3. Diseño del contador

El contador que se requiere en la construcción del prototipo debe poder contar hasta un número de tres dígitos. Esto se debe a que son tres los dígitos con los que se debe poder contar para poder programar el tiempo de retardo del temporizador.

Cabe notar que debido a que el prototipo tiene dos temporizadores en el mismo módulo, será necesario emplear dos contadores; uno para cada uno de los temporizadores. Sin embargo, es obvio que basta diseñar un solo contador, ya que el mismo diseño puede ser empleado para el otro contador.

### 5.3.1. Diseño preliminar

Actualmente, no existe en el mercado un contador que por sí solo pueda contar hasta un número de tres dígitos. Pero lo que se puede hacer para lograr esto es conectar varios circuitos integrados en serie, de forma que cada circuito represente uno de los tres dígitos.

Los CI 4160, CI 4161, CI 4162, CI 4163, CI 4522 y CI 4526 son contadores que están diseñados para poder conectarse en cascada y lograr así contar hasta un número de  $n$  dígitos. Sin embargo, los CI 4161, CI 4163 y CI 4526 son contadores binarios, lo cual implica que cuentan con base dieciséis.

Los CI 4160, CI 4162 y CI 4522 son contadores por década, y por lo tanto cuentan con base diez. Sin embargo, el CI 4162 tiene un barrado<sup>1</sup> síncrono, lo cual implica que se necesita tener un pulso de reloj presente para lograr

-----  
1) En inglés, "clear".

borrar los estados de salida y obtener un cero. Esto no es muy conveniente porque cuando se necesite dar un borrado en este temporizador, el borrado tendrá que ser instantáneo, para así mantener la mayor exactitud posible.

Analizando los dos circuitos restantes, el CI 4160 y el CI 4522, se puede observar que el que menos conviene emplear es el CI 4160. Esto es debido a que el CI 4160 es un contador normal (que cuenta en forma progresiva) que requiere de un comparador para que cuando sus salidas lleguen al número de conteo programado el comparador lo detecte y pueda mandar una señal que de aviso de que el tiempo programado de conteo ha transcurrido y que haga que el contador se detenga. En cambio, el CI 4522 es un contador regresivo que cuenta desde algún número programado hasta cero, y cuando llega a cero, éste manda una señal de aviso y se detiene si así se desea, lo cual implica que no se requiere el uso adicional de ningún comparador. Por lo tanto, si se requieren tres contadores por cada temporizador (uno para cada dígito) y son dos temporizadores en el prototipo, es obvio que se necesitarán seis contadores, y que si se decidiera emplear el CI 4160 se necesitarían seis comparadores extras en el diseño, que se podrían eliminar si se emplea el CI 4522.

En la figura 5.10. se muestra el diagrama de conexiones del contador CI 4522. Como se puede observar la pata 16 se debe conectar a  $V^+$  y la pata 8 a tierra. Las patas 5, 11, 14 y 2 se deben conectar al código de salida de un registro de memoria, en donde la pata 5 se conecta al dígito binario menos significativo y la pata 2 se conecta al dígito binario más significativo. La pata 10 se debe conectar a tierra ya que si se tuviera un estado lógico alto en esta pata todas las salidas obtendrían su estado cero. La pata 3 se debe conectar a una señal que tenga un nivel lógico alto durante la primera etapa del temporizador, para así cargar el número programado de retardo del temporizador, y que tenga un nivel lógico bajo durante las otras dos etapas, para así permitir el conteo.

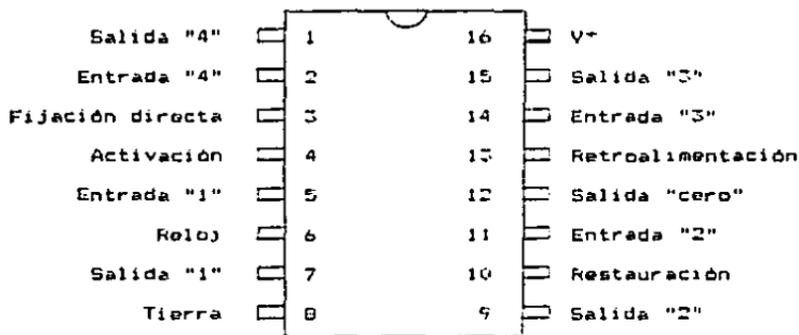


Fig. 5.10. Esquema de diagrama de conexiones para el CI 4522.

La pata 13 se debe conectar a la pata 12 del siguiente contador. y en el caso del último contador, se debe conectar a  $V^+$ ; la pata 12 del primer contador se debe conectar a su propia pata 4. La pata 4 del segundo y tercer contador se deben conectar a tierra. La pata 6 se debe conectar a la pata 1 del contador anterior. y en el caso del primer contador, a la salida del divisor de frecuencia.

### 5.3.2. Cálculo y diseño definitivo

En la figura 5.11. se muestra el diagrama del diseño definitivo del contador. Como se puede apreciar, es necesario emplear tres CI 4522 en la construcción del contador, ya que cada uno de estos circuitos tiene la capacidad de contar un solo dígito. Es importante recordar que debido a que se necesitan dos contadores en el prototipo, en verdad se emplearán seis CI 4522.

En cuanto al consumo y suministro de corriente se refiere, se puede ver que no existe problema alguno en este diseño. El consumo de corriente máximo que puede tener el CI 4522 en cualquiera de sus entradas es de 0.3 $\mu$ A. y en el caso del primer circuito, la corriente mínima con la que se dispone es de 1.2mA (corriente a la salida del divisor de

frecuencia). En el caso del segundo y tercer circuito, la corriente mínima con la que se dispone es de 3mA (corriente de salida mínima del mismo CI 4522).

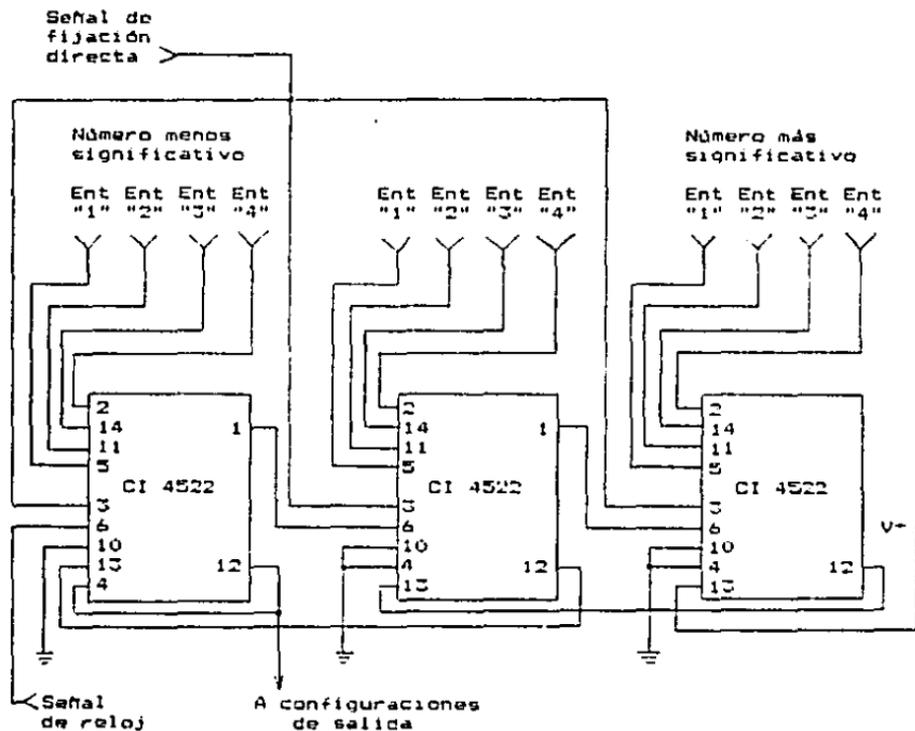


Fig. 5.11. Esquema del diseño definitivo del contador.

#### 5.4. Diseño de los registros de memoria

Los registros de memoria que se emplearán en la construcción del prototipo deben reunir ciertas características. Estos deben poder almacenar un número de tres dígitos, que como se vió anteriormente, es el número de dígitos con los cuales se debe poder disponer para programar el tiempo de retardo de cada temporizador. Aparto, su codificación de salida debe ser compatible con la codificación que se emplea en los contadores: una codificación ECD natural.

Debido a que son dos temporizadores en un mismo prototipo, será necesario emplear dos registros de memoria individuales (de tres dígitos cada uno). Pero al igual que con los contadores, basta con hacer el diseño de un solo registro, ya que es obvio que se puede emplear el mismo diseño para ambos registros.

##### 5.4.1. Diseño preliminar

Como se discutió en el capítulo 2, sección 2.3., básicamente existen dos tipos de registros de memoria. Estos son los mecánicos y los electrónicos, y los registros de memoria mecánicos tienen algunas ventajas sobre los

electrónicos. Debido a esto, se ha decidido que los registros de memoria que se emplearán en la construcción del prototipo serán de tipo mecánico.

A pesar de que para fines prácticos todos los interruptores digitales considerados en la sección 4.2.2. del capítulo 4 son iguales (o por lo menos en su funcionamiento), se ha decidido emplear los interruptores marca "The Digitran Co." modelo 76 202 B. Esto es porque aparte de ser los que se asemejan más con los empleados en los temporizadores originales, son de los más económicos.

Estos interruptores digitales tienen una entrada y cuatro salidas para cada dígito. La entrada se emplea para abastecer al interruptor con una señal continua de estado lógico alto, mientras que las salidas se emplean simultáneamente para representar un número arábigo decimal en código BCD natural. El código de salida se obtiene mediante la posición de una perilla marcada con números representativos; dependiendo de la posición de la perilla las salidas son conectadas y desconectadas de la señal de entrada. Así pues, basta conectar las salidas de los registros a las patas adecuadas de los contadores para obtener el sistema necesario.

#### 5.4.2: Cálculo y diseño definitivo

Al montar este arreglo en el laboratorio se observó una cosa interesante: Al estar las salidas del interruptor digital desconectadas de su señal de entrada (que tiene un nivel lógico alto), y que, por lo tanto, se suponía que éstas debían tener un nivel lógico bajo, se registraban señales con diferentes niveles lógicos causadas por ruido a las entradas de los contadores. En ocasiones los niveles lógicos registrados ascendían hasta por encima de los niveles mínimos que los contadores toman como señales con un nivel lógico alto. Esto causaba discrepancias entre los números programados de conteo en memoria y el tiempo de conteo real.

Para combatir las anomalías causadas por el ruido que se estaba filtrando en las entradas de los contadores, se decidió que no era posible dejar las salidas de los interruptores digitales "flotando", sino que éstas debían estar conectadas a un nivel lógico alto o bajo constantemente. Para lograr esto, se conectaron unos resistores de las salidas de los interruptores a tierra, como se muestra en la figura 5.12., la cual es un esquema del diseño final de los registros de memoria. Aunque en la figura se muestran los resistores como elementos individuales, se decidió emplear arreglos resistivos en la

construcción del temporizador prototipo. de forma que se pudiera ahorrar un poco de espacio. El diagrama interno de uno de estos arreglos resistivos se muestra en la figura 5.13.

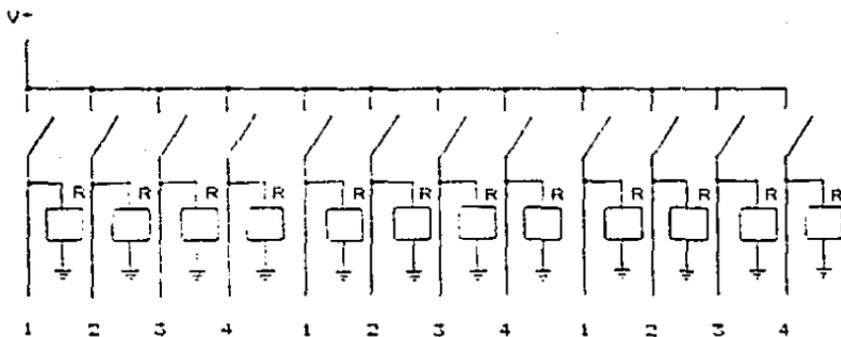
Como se puede observar en la figura 5.12., el valor de los resistores es de 32K $\Omega$ . Cuando la salida del registro esté conectada su señal de entrada ( $V^+$ ), el flujo de corriente a través del resistor será de:

$$I = \frac{V^+}{R} = \frac{15}{32,000} = 0.469 \text{ mA}$$

lo cual prácticamente no afecta en nada al sistema. Luego, cuando la salida del registro esté desconectada de su entrada, la tensión máxima que se tendrá en la pata de entrada del contador será de:

$$V = R \times IIN = 32,000 \times 0.3 \times 10^{-6} = 9.6 \text{ mV}$$

donde IIN es la corriente máxima que puede llegar a haber en la entrada del CI 4522. Como se puede apreciar, la tensión obtenida está muy por debajo del nivel máximo permisible para que el contador registre un cero lógico.



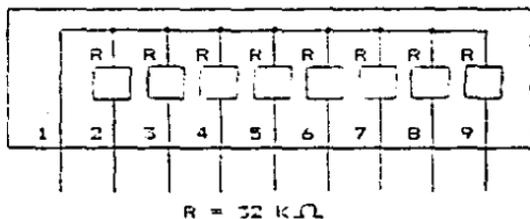
numero menos significativo

numero mas significativo

a entradas de contadores

$$R = 32 \text{ K}\Omega$$

Fig. 5.12. Esquema del diseño definitivo del registro de memoria.



$$R = 32 \text{ K}\Omega$$

Fig. 5.13. Diagrama interno de un arreglo resistivo.

### 5.5. Diseño de la configuración de entrada

La configuración de entrada en cualquier temporizador es de suma importancia. A través de ella se hace el enlace entre el propio temporizador y el sistema de control al cual se va a implantar. Es en esta configuración en donde se toman una gran parte de las decisiones lógicas que rigen el funcionamiento del dispositivo.

Entre las características más importantes que debe tener la configuración de entrada del temporizador se encuentra la de tener la mayor impedancia de entrada posible para que de esta forma su consumo de corriente sea mínimo y pueda ser compatible con un mayor número de sistemas de control.

#### 5.5.1. Diseño preliminar

Este prototipo únicamente empleará una sola configuración de entrada para ambos temporizadores. El sistema será utilizado para mandar señales de restauración al oscilador y a los divisores de frecuencia, y para mandar señales de fijación directa a los contadores.

Las señales de restauración se deben mandar cuando se cumpla una o varias de las siguientes condiciones:

1) Ambas terminales de entrada del prototipo se encuentren en su estado quiescente.

2) Cualquiera de las dos terminales de entrada se encuentre en su estado quiescente, y el temporizador correspondiente a la otra terminal de entrada haya concluido su segunda etapa

3) Ambos temporizadores se encuentren en su tercera etapa.

Como se puede observar, para que cada una de las cuatro posibilidades mencionadas se cumpla (la posibilidad 2 es una doble posibilidad), se deben reunir dos condiciones simultáneamente. Así, se puede obtener una señal proveniente de cada una de las posibles condiciones con la ayuda de una compuerta lógica "Y". Un circuito integrado con el que se puede lograr esto es el CI 4081, cuyo esquema del diagrama de conexiones se muestra en la figura 5.14. Como se puede apreciar en la figura, la pata 14 se debe conectar a  $V^+$ , y la pata 7 se debe conectar a tierra. En las diferentes patas de entrada se deben

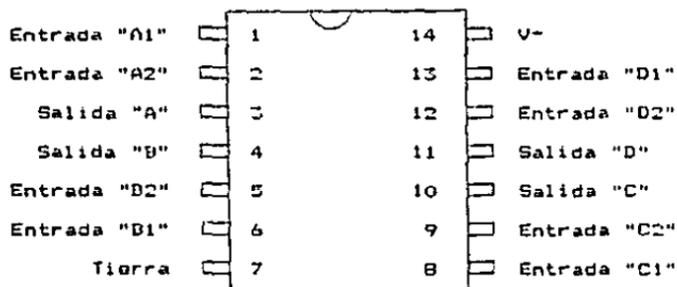


Fig. 5.14. Esquema del diagrama de conexiones del CI 4081.

conectar las diferentes combinaciones posibles, y las patas de salida se deben conectar a la siguiente etapa de la configuración de entrada.

La siguiente etapa esta formada por una compuerta lógica "O" de cuatro entradas, en donde se conectan las cuatro posibles salidas del CI 4081. Esto es debido a que la señal de restauración se debe mandar cuando se registre cualquiera de las posibles combinaciones. Con el circuito integrado 4072 se puede lograr esto, y su diagrama de conexiones se muestra en la figura 5.15. Como se muestra, la pata 14 debe conectarse a V-, la pata 7 a tierra, y como se mencionó anteriormente, las cuatro entradas de cualquiera de las dos compuertas "O" se deben conectar a las cuatro salidas del CI 4081 (es obvio que una de las dos compuertas no será empleada).

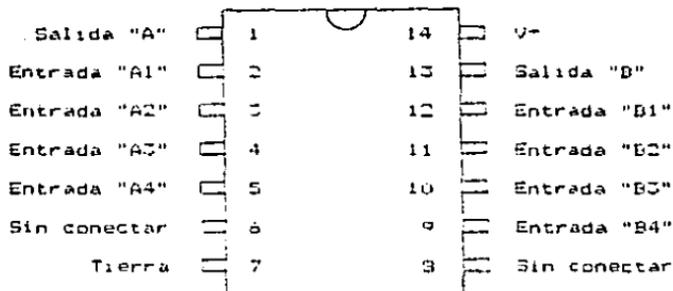


Fig. 5.15. Esquema del diagrama de conexiones del CI 4072.

Las señales de fijación directa se deben mandar a los contadores cuando sus respectivas terminales de entrada se encuentren en su estado quiescente. Esto se puede lograr fácilmente conectando cada terminal de entrada directamente a su respectivo contador.

### 5.5.2. Cálculo y diseño definitivo

Las ideas para el diseño de la configuración de entrada mencionadas en la sección anterior no están nada mal. Sin embargo, estas se pueden mejorar un poco.

La mejora se puede lograr haciendo que la impedancia de entrada de los temporizadores sea aún mayor a la que ya se tiene. Esto se puede lograr mediante la ayuda de un amplificador de corriente, el cual se puede conectar

directamente a la terminal de entrada. De esta forma, la corriente requerida por el temporizador en sus terminales de entrada será únicamente la que el amplificador necesita, y a la salida del amplificador se pueden obtener todas las señales necesarias para conectarlas a todos los diferentes componentes mencionados.

El circuito integrado que se puede emplear como amplificador de corriente es el CI 4050, cuyo diagrama de conexiones se muestra en la figura 5.16., mientras que en la figura 5.17. se muestra el diseño final de la configuración de entrada.

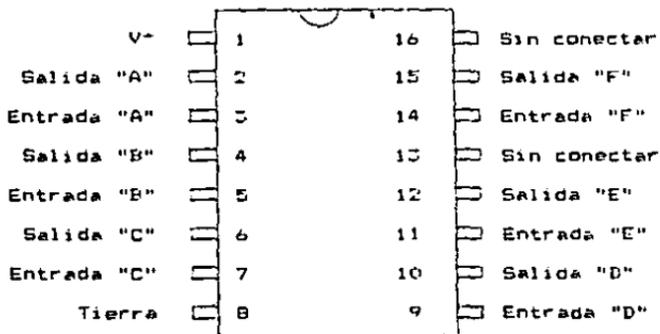


Fig. 5.16. Esquema del diagrama de conexiones del CI 4050.

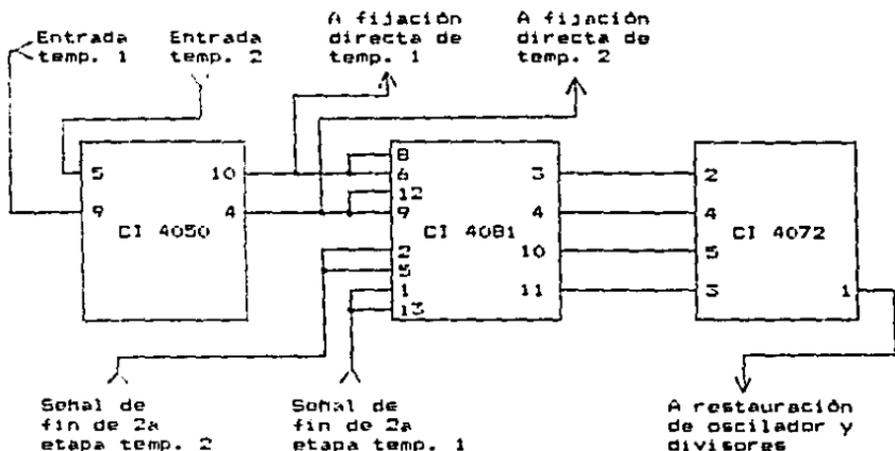


Fig. 5.17. Esquema del diseño definitivo de la configuración de entrada.

En cuanto a los diferentes consumos de corrientes que existen en este diseño no hay problema alguno. En el peor de los casos, el CI 4050 consume en su entrada una corriente de  $0.3\mu\text{A}$ , lo cual esta muy por debajo de los  $476\mu\text{A}$  que se consumen en las terminales de entrada de un temporizador original (el consumo es 1.587 veces menor al del temporizador original, para ser exacto).

A la salida del amplificador se dispone, como mínimo, con una corriente de 6.2mA, y se consume un total máximo de:

Entrada al CI 4081 (Compuerta "Y")	0.3 $\mu$ A
Entrada al CI 4081 (Compuerta "Y")	0.3 $\mu$ A
Entrada al CI 4522 (Contador)	0.3 $\mu$ A
	-----
Total	0.9 $\mu$ A

lo cual es más que perfectamente aceptable.

Las salidas del CI 4081 pueden suministrar una corriente de por lo menos 3mA, y las entradas del CI 4072 consumen como máximo una corriente de 0.3 $\mu$ A.

Por último, a la salida del CI 4071 se tiene una corriente de 3.4mA como mínimo, y el consumo máximo que puede llegar a haber es de:

Entrada a seis divisores de frecuencia CI 4017 (6 X 0.3 $\mu$ A)	1.8 $\mu$ A
Entrada al CI 4060	0.3 $\mu$ A
	-----
Total	2.1 $\mu$ A

Como es obvio, este diseño tiene un amplio margen de corriente.

### 5.6. Diseño de las configuraciones de salida

El diseño de las configuraciones de salida es de suma importancia, ya que el temporizador solo se puede comunicar con el resto del sistema de control a través de ellas. Una vez que el temporizador haya realizado el conteo del tiempo programado, es mediante estas configuraciones que se debe lograr obtener todas las diferentes salidas necesarias, y todas las señales de retroalimentación al mismo temporizador.

Cabe mencionar que una característica de suma importancia que las configuraciones de salida deben tener es la cualidad de tener una muy baja impedancia de salida, de forma que puedan suministrar la mayor cantidad de corriente posible.

En el diseño del prototipo, será necesario hacer uso de dos configuraciones de salida; una para cada uno de los dos temporizadores. Pero nuevamente, basta con diseñar solo una de las configuraciones, ya que el mismo diseño se puede emplear dos veces.

### 5.6.1. Diseño preliminar

A través de la configuración de salida, se deben poder obtener las salidas OXX y OOX del temporizador (para una explicación de las salidas, hágase referencia a la sección 3.3 del capítulo 3). la señal de retroalimentación para hacer que el contador detenga su conteo, la señal de retroalimentación para las compuertas "Y" de la configuración de entrada para lograr dar la señal de restauración, y las señales para encender a los diodos emisores de luz que indican la etapa en la que se encuentra el temporizador; la segunda o tercera etapa. No hace falta indicar cuando el temporizador se encuentra en la primera etapa, ya que ésta es una etapa de desactivación. En cualquier forma, la ausencia de indicación de la segunda o tercera etapa podría ser tomada como indicación de que el temporizador se encuentra en la primera etapa.

La señal de salida del temporizador, que indica la terminación de la medición del tiempo programado, se toma de la pata 12 del contador CI 4522 que cuenta las unidades mínimas de tiempo menos significativas. Esta pata se encontrará en un nivel lógico bajo hasta que la medición del tiempo se haya realizado; momento en el cual el nivel lógico de la pata cambiara a uno alto.

Debido a que son muchas las funciones que se deben llevar a cabo partiendo de una misma señal, es pertinente hacer que esta señal pase primero a través de un amplificador de corriente (un CI 4050, cuyo diagrama de conexiones ya ha sido ilustrado en la figura 5.16.). De esta forma se puede estar seguro de que la corriente requerida por la configuración de salida podrá ser suministrada.

Es muy sencillo obtener la salida OXX, ya que ésta es una salida de repetición instantánea (es decir, esta salida copia en todo instante a la señal de entrada). Así pues, la salida OXX se puede obtener a partir de la salida del amplificador de corriente empleado en la configuración de entrada.

También es fácil conseguir la salida OOX. Si se observa cuidadosamente, esta salida sigue fielmente a la señal de salida del temporizador (la pata 12 del CI 4522 que se mencionó anteriormente), pero con lógica opuesta. Entonces, basta con conectar la señal de salida del temporizador a un amplificador de corriente inversor para obtener la señal de salida OOX (recuérdese que la señal de salida del temporizador primero debe ser pasada a través de un amplificador de corriente; el CI 4050). La señal de salida OOX se pasa a través de un amplificador inversor, y

no solo a través de un inversor, para poder obtener una señal con muy baja impedancia de salida. El circuito integrado empleado como amplificador inversor es el CI 4049. El esquema con el diagrama de conexiones de este circuito se muestra en la figura 5.18.

Para obtener ambas señales de retroalimentación (la empleada para parar el conteo del contador y la empleada para alimentar las compuertas "Y" en la configuración de entrada) solo se debe conectar la señal de salida del temporizador, después de haber pasado por el amplificador, a los puntos correspondientes en los diferentes circuitos.

La señal necesaria para encender el diodo emisor de luz, indicador de la tercera etapa, se puede conseguir a partir del amplificador inversor empleado para dar la señal de salida 00X. Como el diodo se debe encender únicamente hasta que el temporizador haya llegado a la tercera etapa, y la señal a la salida del inversor cambia de niveles lógicos precisamente en ese instante, esta compuerta es ideal para realizar esta función. Debido a que la salida del inversor se encuentra en un nivel bajo durante la tercera etapa, y en un nivel alto el resto del tiempo, el extremo negativo del diodo se debe conectar al inversor, y el extremo positivo a la tensión de alimentación ( $V^-$ ).

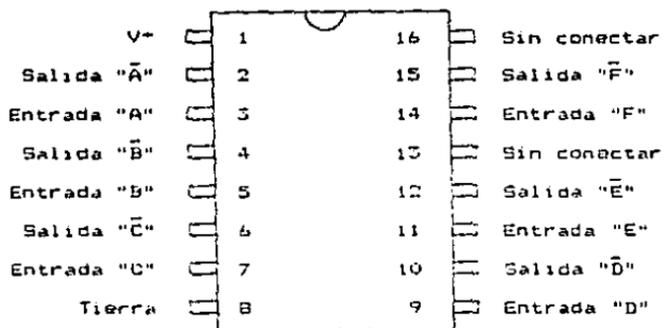


Fig. 5.18. Esquema del diagrama de conexiones del CI 4049.

Para poder limitar el paso de la corriente a través del diodo es necesario colocar un resistor en serie. Al igual que en el diseño de los dividores de frecuencia, en este diseño se pueden colocar unos resistores con valor de 8.2K $\Omega$ .

Por último, se puede obtener la señal para encender el diodo emisor de luz, indicador de la segunda etapa, haciendo una combinación de conexiones entre las configuraciones de entrada y de salida. El extremo negativo del diodo se debe conectar a la salida del amplificador de corriente de la señal de salida del temporizador. El extremo positivo del diodo se debe conectar a la salida de un amplificador de corriente inversor, el cual debe estar conectado a la salida del

amplificador de la señal de entrada al temporizador. (Cabe recordar que nuevamente se debe conectar un resistor de  $8.2k\Omega$  en serie para limitar el paso de corriente a través del diodo). Así pues, ambos extremos del diodo tendrán un nivel lógico bajo durante la primera etapa del temporizador, y por lo tanto, éste no estará encendido. Durante la segunda etapa, el ánodo del diodo cambiará a un nivel lógico alto, mientras que el cátodo permanecerá en un nivel lógico bajo, y entonces el diodo será encendido. Por último, durante la tercera etapa, el ánodo del diodo permanecerá en un nivel lógico alto, pero el cátodo cambiará a un nivel lógico alto, por lo que el diodo se apagará.

#### 5.6.2. Cálculo y diseño definitivo

El diseño definitivo de las configuraciones de salida es exactamente igual al discutido en la sección anterior. En la figura 5.19, se muestra el esquema de este diseño, de forma que se pueda entender más fácilmente.

En cuanto a las diferentes corrientes de este diseño se refiere, no existe problema alguno. A la salida

Salida del  
temp. 1  
(temp. 2)

Salida del amplificador  
de corriente en configuración  
de entrada. 10 (4)

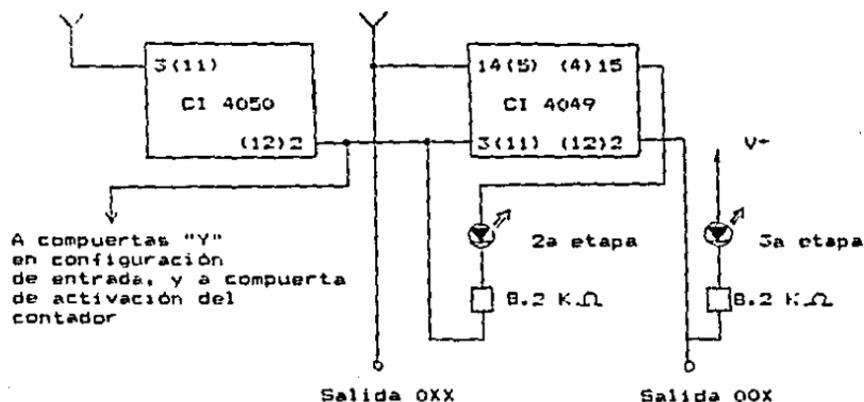


Fig. 5.19. Esquema del diseño definitivo de las configuraciones de salida.

del amplificador de corriente de la señal de entrada del temporizador se dispone con un mínimo de 6.2mA, y el consumo total máximo que se requiere es de:

Consumo explicado en la sección 5.5.2.	0.9 $\mu$ A
Entrada al CI 4049 (Amp. inversor)	0.3 $\mu$ A
Salida OXX al sistema de control	758 $\mu$ A
Total	759.2 $\mu$ A

lo cual no es malo. A la salida del temporizador (contador CI 4522) se dispone con una corriente mínima de 3mA, y el consumo máximo del amplificador de corriente CI 4050 es de 0.3µA. Este mismo amplificador puede suministrar, en el peor de los casos, una corriente de 6.2mA, y el consumo máximo que puede haber es de:

Retroalimentación al CI 4522 (Contador)	0.3µA
Retroalimentación al CI 4081 (Compuerta "Y")	0.3µA
Retroalimentación al CI 4081 (Compuerta "Y")	0.3µA
Entrada al CI 4049 (Amp. Inversor)	0.3µA
Diode indicador de segunda etapa	1.8mA
	-----
Total	1.8012mA

A la salida del amplificador inversor de la señal de salida del temporizador se cuenta con un mínimo de 6.2mA, y el consumo máximo que se le puede requerir es de:

Diode indicador de tercera etapa	1.8mA
Salida OOX al sistema de control	714µA
	-----
Total	2.51mA

Por último, la salida del amplificador inversor de la señal de entrada del temporizador puede suministrar una corriente de 3.2mA como mínimo, y solo se consume una corriente de 1.8mA a través del diodo indicador de la segunda etapa.

Así, se puede observar que el diseño de las configuraciones de salida no tiene ningún problema de compatibilidad, y que no solo cumple con los requisitos, sino que hasta tiene márgenes de sobra.

## 5.7. Diseño definitivo del temporizador

Una vez diseñadas todas sus diferentes partes, se puede proseguir e interconectarlas para obtener el diseño definitivo del temporizador. Por lo tanto, en el resto de este capítulo se presenta la forma de conectar todas las secciones entre sí, junto con algunos otros temas relacionados de importancia.

### 5.7.1. Diagrama de bloques del temporizador

En las secciones anteriores de este capítulo se han presentado, en forma de diagrama de bloques, los esquemas de los diseños de las diferentes secciones. Ahora, para obtener el esquema del diseño total solo falta juntar todas las partes como se muestra en la figura 5.20.

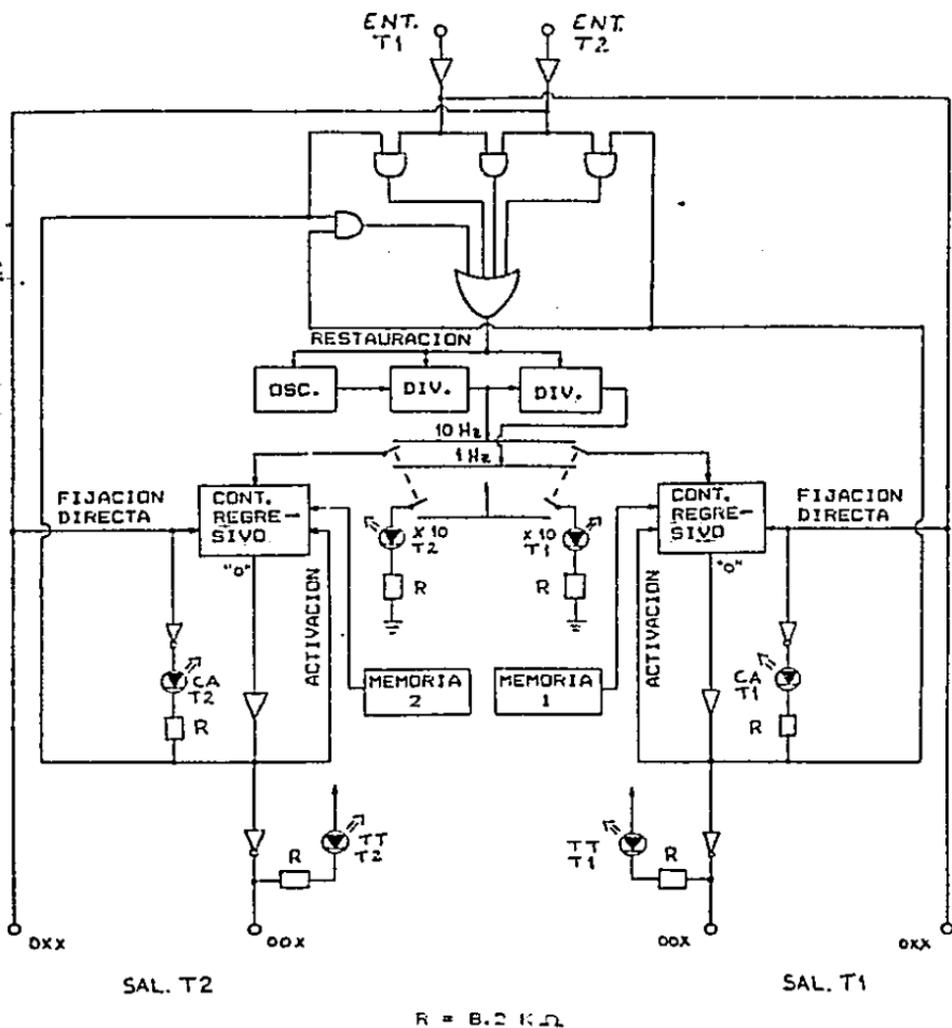


Fig. 5.20. Diagrama de bloques del diseño definitivo del temporizador.

### 5.7.2. Lista de partes

A continuación se presenta la tabla 5.1., en donde aparece una lista de las partes y los componentes empleados en la construcción del temporizador prototipo. Como se puede observar, cada componente que aparece en la tabla tiene una clave representativa. Esta clave se emplea en conjunto con los diagramas de configuración y los esquemas eléctricos que aparecen en las secciones 5.7.3. y 5.7.4. de este capítulo, para poder determinar más fácilmente a que componente se está haciendo referencia.

CLAVE	PRODUCTO	CLAVE	PRODUCTO	CLAVE	PRODUCTO
C11	CI 4522	C118	CI 4017	C6	0.1 $\mu$ f
C12	CI 4522	R1	Arreglo 32K $\Omega$	C7	0.1 $\mu$ f
C13	CI 4522	R2	8.2K $\Omega$	D1	Diode
C14	CI 4522	R3	10M $\Omega$	D2	Diode
C15	CI 4522	R4	100 $\Omega$	D3	Diode
C16	CI 4522	R5	Arreglo 32K $\Omega$	D4	Diode
C17	CI 4049	R6	8.2K $\Omega$	D5	Diode
C18	CI 4060	R7	8.2K $\Omega$	D6	Diode
C19	CI 4081	R8	Arreglo 32K $\Omega$	I1	Int. digital
C110	CI 4050	R9	8.2K $\Omega$	I2	Int. digital
C111	CI 4017	R10	8.2K $\Omega$	I3	Int. de paso
C112	CI 4072	R11	8.2K $\Omega$	I4	Int. de paso
C113	CI 4017	C1	0.1 $\mu$ f	CR1	Conector
C114	CI 4071	C2	0.1 $\mu$ f	CR2	Conector
C115	CI 4017	C3	22pf	X1	Cristal 4Mz
C116	CI 4017	C4	22pf		
C117	CI 4017	C5	0.1 $\mu$ f		

Tabla 5.1. Lista de partes.

### 5.7.3. Diagramas de configuración

En el diseño definitivo del temporizador se emplean dos circuitos impresos, ya que el emplear uno solo representaría un consumo de espacio mucho mayor. Aparte, de esta forma el temporizador prototipo será similar al temporizador original, y por lo tanto, éstos serán más fácilmente intercambiables.

En las figuras 5.21. y 5.22. se presentan los dos diagramas de configuración del prototipo (un diagrama para cada uno de los circuitos impresos). En estos diagramas se muestra la posición relativa de todos los componentes y accesorios sobre los circuitos impresos (los esquemas de los circuitos impresos se presentarán posteriormente en la sección 5.7.5. de este capítulo).

Como se puede observar en el diagrama de configuración de la figura 5.21., este circuito se emplea para montar los interruptores digitales y los interruptores de paso. En la figura 5.22. se muestra el diagrama de configuración del otro circuito, el cual se emplea para montar el resto de los componentes.

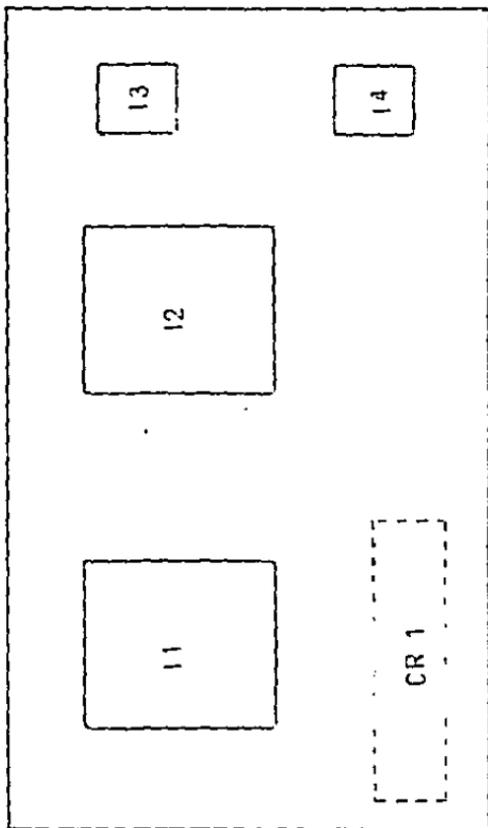


Fig 5.21. Diagrama de configuración de los interruptores.

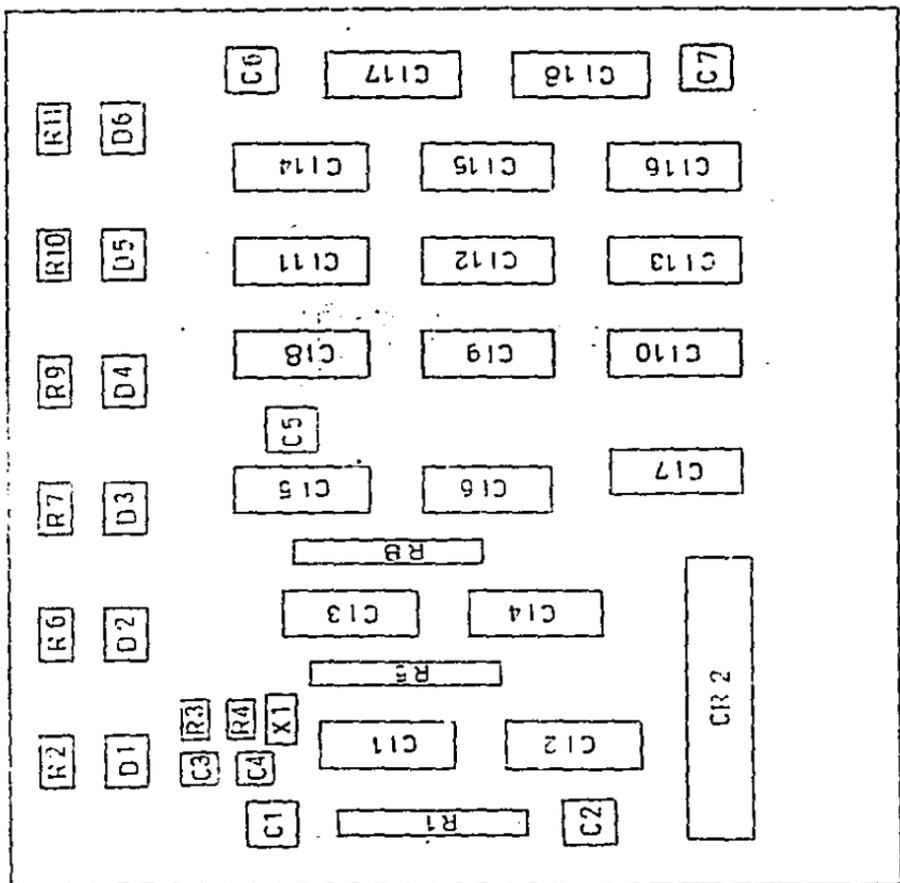


FIG. 5.22. Diagrama de configuración de los componentes.

#### 5.7.4. Esquemas eléctricos

En la figura 5.23. se presentan los esquemas eléctricos del temporizador. En estos esquemas se muestran los diferentes componentes conectados entre sí como se haría realmente en los circuitos impresos; no en forma de diagrama de bloques.

Para poder interpretar correctamente los esquemas eléctricos primero se debe estar familiarizado con la simbología empleada, y por lo tanto, a continuación se presenta una explicación de esto.

Todos los circuitos integrados, y algunos otros componentes, se representan en forma de rectángulos. Todas las líneas que se conectan al lado izquierdo de estos rectángulos representan líneas que entran al componente, mientras que las líneas que se conectan al lado derecho de los rectángulos representan líneas que salen del componente.

Cuando dos líneas se cruzan en el diagrama de la siguiente manera:



no existe conexión entre ellas. Sin embargo, cuando dos líneas se cruzan en el diagrama de la siguiente forma:



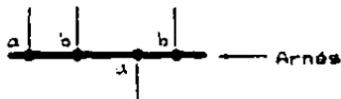
se tiene una conexión entre ellas.

En los esquemas las conexiones a Vcc y a tierra, representadas como sigue:



no se conectan entre sí para poder simplificar los diagramas. Sin embargo, todas las conexiones a Vcc están interconectadas entre sí, y así mismo, todas las conexiones a tierra están interconectadas entre sí.

También, a forma de simplificar los diagramas, en ocasiones se emplean unas líneas más anchas de lo normal, las cuales se pueden tomar como un arnés de líneas individuales. Luego, para poder determinar en que punto del arnés entra y sale que línea, todas éstas se han marcado con una letra minúscula identificadora, como se muestra a continuación:



En los esquemas, un símbolo:

← ( )

representa la entrada de una línea que parte de un componente que se encuentra ilustrado en una hoja diferente. Así mismo, un símbolo:

→ ( )

representa la salida de una línea hacia un componente que se encuentra ilustrado en una hoja diferente. La información que se encuentra dentro de los paréntesis puede representar, ya sea el número del circuito integrado y su pata, o el número de terminal del prototipo, de la cual proviene o a la cual se dirige la línea. Es decir:

→ (CI 3  
5)

indica que la línea proviene del CI 3, pata 5, mientras que:

→ (T7)

indica que la línea se dirige a la terminal 7 del temporizador.

Cuando se trata de los interruptores digitales (interruptores I1 e I2). se marca cuales salidas corresponden al número o dato más y menos significativos. Así, el código:

D+S

representa el dato más significativo, mientras que el código:

D-S

representa el dato menos significativo. Cabe mencionar que las salidas del dato o número intermedio no están marcadas con ningún código.

Por último, es importante notar que no se debe dejar ninguna entrada en los circuitos integrados desconectada, y esto aún en el caso de no emplearse la entrada en cuestión. La razón de esto es que todos los circuitos utilizados en este diseño son de la familia de CMOS, que tienen la característica de tener resistencias muy altas en todas sus terminales de entrada, lo cual

propicia la acumulación de cargas estáticas y ruido. En ocasiones, las cargas estáticas y el ruido que puede llegar a formarse en las terminales es de magnitud lo suficientemente grande como para:

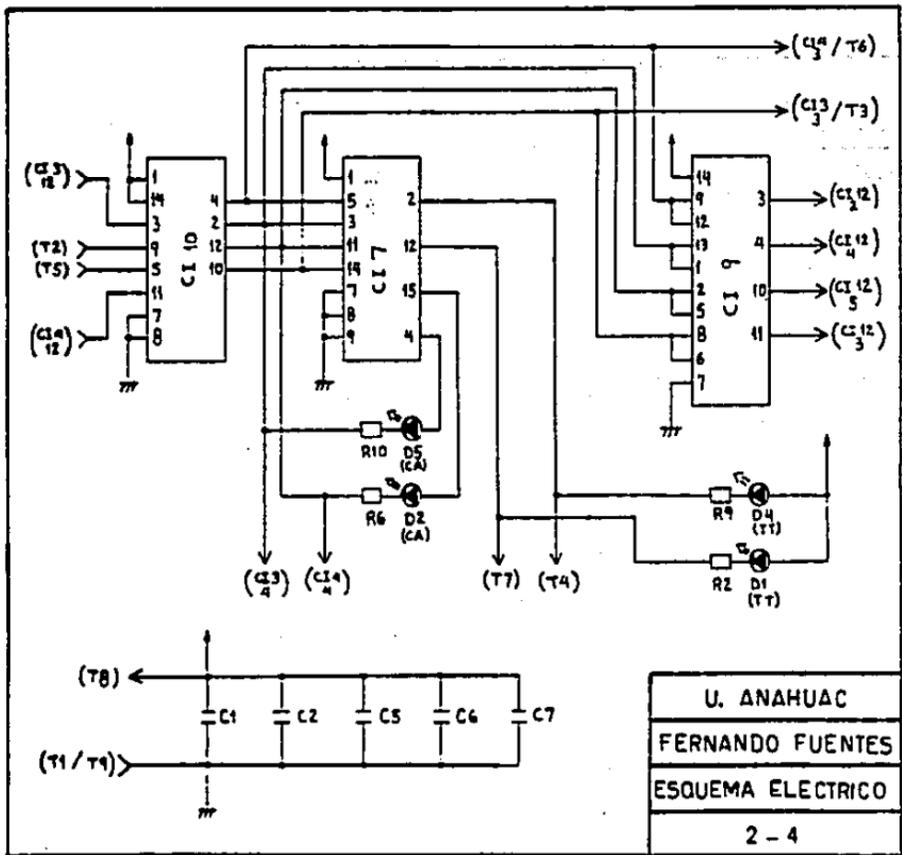
1) Perforar el dieléctrico entre la compuerta MOSFET y algún canal.

2) Polarizar directa y simultáneamente ambos canales (el positivo y el negativo), lo cual resultaría en un consumo excesivo de corriente y un calentamiento que podría ser dañino para el circuito.

Ejemplos de esto son los CI's 4049, 4050, 4072 y 4071 (C7, C10, C12 y C14 respectivamente).



Fig. 5.23. Esquema eléctrico del temporizador (con't.).







### 5.7.5. Esquemas de los circuitos impresos

En las figuras 5.24. a 5.27. se presentan los esquemas de los circuitos impresos empleados en la construcción del temporizador. En las figuras 5.24. y 5.25. se presentan las dos caras del circuito principal (tarjeta con todos los componentes excepto los interruptores), mientras que en las figuras 5.26. y 5.27. se presentan las dos caras del circuito con los interruptores digitales y de paso. Los esquemas en las figura 5.24. y 5.26. son para el lado de componentes, y los esquemas en las figuras 5.25. y 5.27. son para el lado de la soldadura.

Cabe mencionar que todos los circuitos impresos fueron diseñados con la ayuda del programa "SMART" en una computadora IBM PC XT.

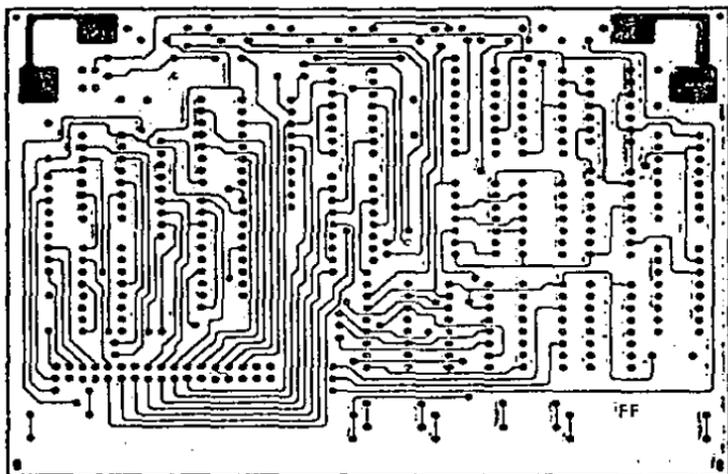


Fig. 5.24. Circuito impreso "principal" lado de componentes.

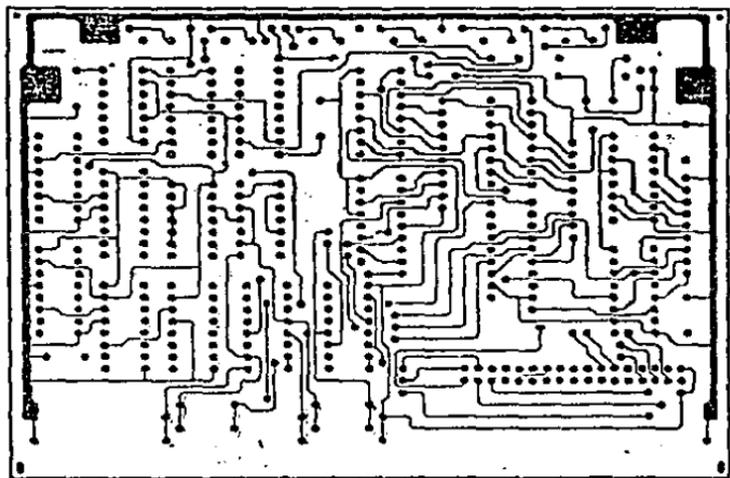


Fig. 5.25. Circuito impreso "principal" lado de soldadura.

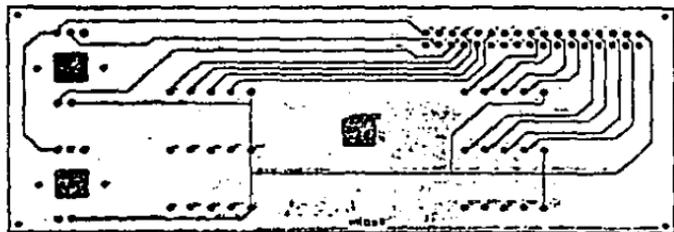


Fig. 5.26. Circuito impreso "de interruptores" lado de componentes.

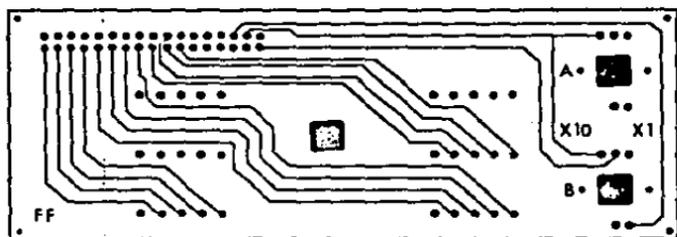


Fig. 5.27. Circuito impreso "de interruptores" lado de soldadura.

#### 5.7.6. Esquemas de la carátula

A continuación, en las figuras 5.28. y 5.29., se presentan los esquemas de la carátula del prototipo. Como se puede observar, se emplean dos placas en la construcción de la carátula de forma que se puedan ocultar los tornillos empleados en la sujeción de las tarjetas a la carátula, y por lo tanto, tenga una mejor presentación el temporizador.

Como información adicional, en las figuras 5.30. y 5.31., se presentan los esquemas de las escuadras y del espaciador; piezas empleadas en la sujeción de las tarjetas a la carátula.

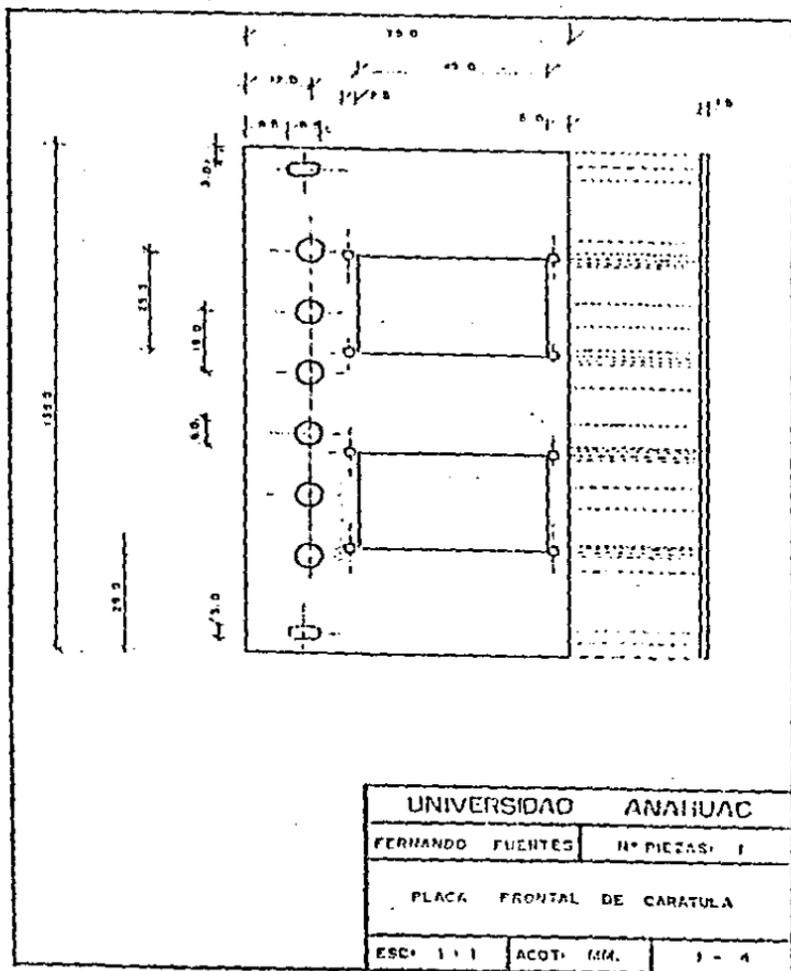


Fig. 5.29. Placa frontal de la carátula.

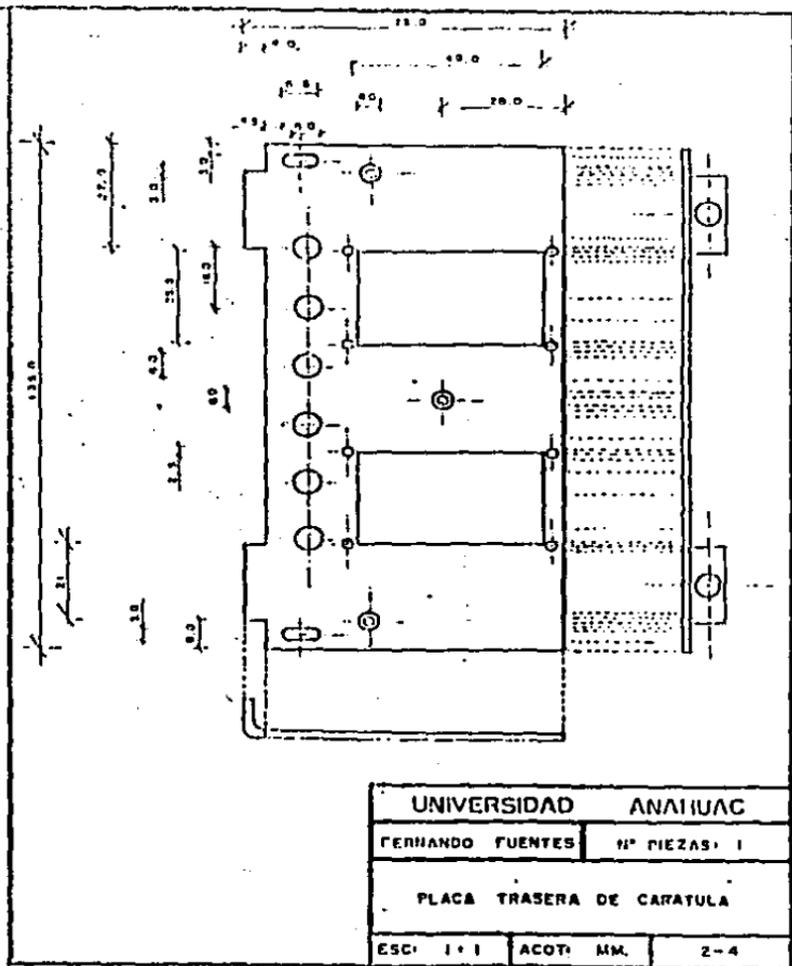


Fig. 5.29. Placa trasera de la caratula.



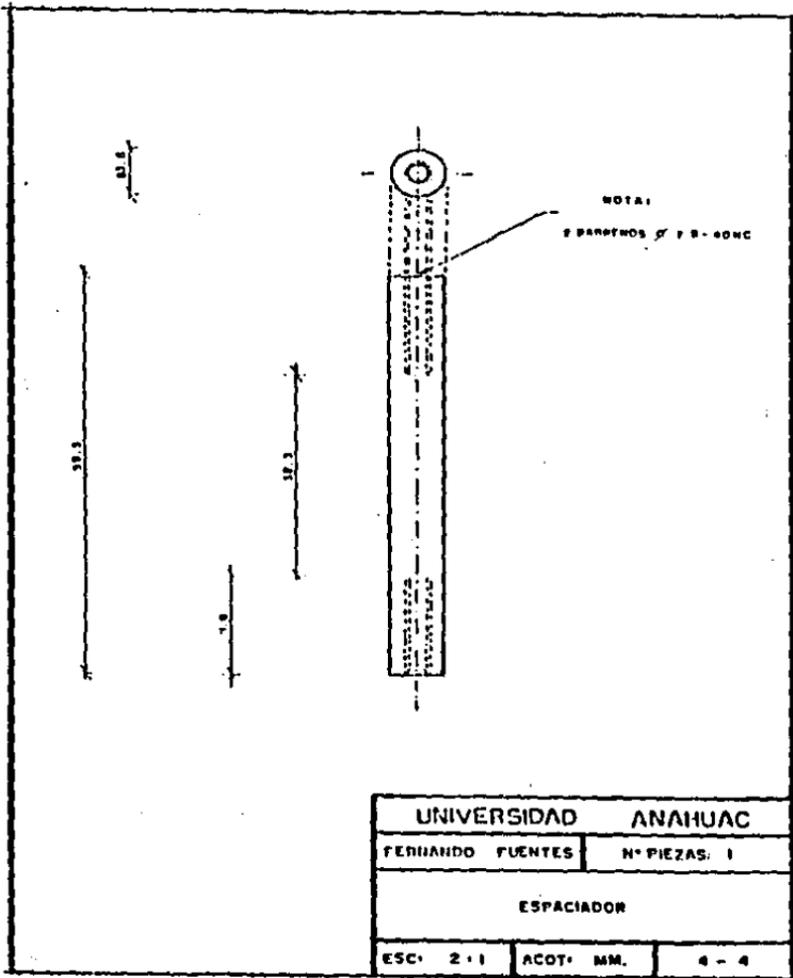


Fig. 5.31. Espaciador

### 5.7.7. Instrucciones de ensamble

Para poder facilitar el ensamble del temporizador, a continuación se dan unas cuantas instrucciones, las cuales son sencillas y fáciles de seguir.

Lo primero que se debe colocar sobre el circuito principal son todos los circuitos integrados. El orden en el que se coloquen es indiferente. Solo se debe tener cuidado de el extremo con la pata uno de todos los CI's vaya del lado en el que se conecta la carátula a la tarjeta (lado opuesto a las terminales del temporizador).

A continuación se debe proseguir a conectar los resistores R2, R3, R4, R6, R7, R9, R10 y R11. Luego, se deben conectar los capacitores C2 y C3. Nuevamente, el orden en el que se monten es indiferente.

Seguidamente, se deben conectar los resistores R1, R5 y R8, y los capacitores C1, C2, C5, C6 y C7, sin importar el orden en el que se haga.

A continuación, se debe montar el conector CR2, y todas las terminales del temporizador. El orden en el que se conecten todas éstas es indiferente.

En seguida, se debe colocar el cristal, y luego todos los diodos emisores de luz (D1 a D6), con sus cátodos hacia el extremo de la tarjeta en donde se encuentra colocado el resista R1. Con esto se da final al ensamble del circuito impreso principal.

Para poder dar comienzo al ensamble del circuito impreso de los interruptores, primero se deben soldar unos cables de 3cm. de largo a las patas de los interruptores de paso (I3 e I4). En seguida se deben colocar estos interruptores de paso sobre la tarjeta, y soldar los cables de estos interruptores. El orden que se siga para montar estos interruptores no es de importancia.

A continuación se deben colocar los seis enchufes de los dos interruptores digitales (I1 e I2) sin que el orden importe, y por último el conector C1.

Una vez ensamblados los dos circuitos impresos, se debe proseguir con la carátula. Primero se deben colocar los tres tornillos de cabeza cónica de 3/8" en la placa trasera de la carátula, y pegar la placa frontal de la carátula en su posición. A continuación se deben colocar los dos interruptores digitales en la carátula, con la ayuda de los ocho tornillos de 1/4" y sus respectivas tuercas. En seguida se debe atornillar el espaciador al tornillo central de la carátula. Luego, se debe sujetar el

circuito impreso principal a la carátula, mediante la ayuda de los dos tornillos de cabeza cónica de 1/2" y sus respectivas tuercas. A continuación se deben sujetar las escuadras a los tornillos de los extremos de la carátula con sus respectivas rondanas, rondanas de presión y tuercas. El otro extremo de las escuadras debe sujetarse a la tarjeta principal con dos tornillos de 3/8" y sus rondanas, rondanas de presión y tuercas. Finalmente, se debe colocar el circuito impreso de los interruptores en su posición, enchufándolo a los interruptores digitales, los cuales se encuentran sujetos a la carátula. Para que este último circuito impreso no se deslice fuera de su posición, es necesario atornillar el tornillo de 3/8" al espaciador, haciendo uso de su rondana de presión y rondana.

## CAPITULO 6

### MANUAL DEL USUARIO

El presente capítulo se emplea para ofrecerlo al lector el manual del usuario del temporizador. En la primera parte del manual se establecen las características y especificaciones que tiene el prototipo. En la segunda parte se explica el procedimiento de instalación del temporizador. En la parte final se presentan las instrucciones de uso y manejo del temporizador.

#### 6.1. Especificaciones

Tipo de temporizador:	Digital
Ajuste de tiempo:	Mediante interruptores digitales
Escalas de tiempo:	De 0 a 99.9 segundos y de 0 a 999 segundos
Tensión de alimentación (Vcc):	De +5 a +15 volts de corriente continua

Exactitud de respuesta <sup>1</sup> :	0.004% con una Vcc y una temperatura constante
Precisión <sup>1</sup> :	0.007% con una Vcc y una temperatura constante
Consumo máximo de corriente del dispositivo:	25mA @ +15 Vcc
Consumo de corriente en las terminales de excitación:	Menor a 0.1µA @ +15 Vcc
Capacidad máxima de corriente en la salidas:	4.4mA @ +15 Vcc
Configuraciones de salida:	00X y 0XX
Tipo de lógica:	Negativa

Este temporizador digital está fabricado empleando circuitos integrados con tecnología CMOS. Debido a esto, el temporizador es altamente inmune al ruido que se pueda llegar a producir en sus señales de excitación y en su tensión de alimentación, y consume una cantidad de corriente muy pequeña<sup>2</sup>.

El dispositivo cuenta con dos temporizadores en el mismo módulo. Debido a esto, el módulo tiene dos interruptores digitales, de tres caracteres cada interruptor, los cuales brindan al operador de la máquina la facilidad de

- 
- 1) Para entender como se obtuvieron los valores de la exactitud y precisión, hágase referencia al apéndice C.
  - 2) Para obtener una mayor información acerca del consumo de corriente del dispositivo (durante cada una de las posibles combinaciones de atapas de los dos temporizadores), hágase referencia a la tabla 6.1.

programar el tiempo deseado en forma rápida y exacta. Aparte, el dispositivo tiene dos interruptores seleccionadores para poder elegir uno de los dos posibles escalas de tiempo existentes para cada temporizador.

TEMPORIZADOR A			TEMPORIZADOR B			CONSUMO DE CORRIENTE (EN mA)
ETAPA DE CONTEO						
1	2	3	1	2	3	
X			X			8.9
	X		X			17.3
		X	X			11.9
		X		X		20.4
		X			X	15.3
X					X	11.9
	X				X	20.5
X				X		17.3
	X			X		20.6

Tabla 6.1. Medición del consumo de corriente del dispositivo para todas las posibles combinaciones de etapas de los dos temporizadores. La "X" representa la etapa en la que se encuentra cada temporizador. Nota: El tiempo programado en ambos interruptores digitales en el momento de realizar las mediciones fue de 777 segundos.

El temporizador trabaja con lógica negativa, y es excitado con una tensión de 0 a 4 volts de corriente continua si está conectado a una tensión de alimentación de +15 volts. Con esta misma tensión de alimentación, el temporizador es desactivado y restaurado si se le aplica una tensión de 10 a 15 volts de corriente continua.

La posición relativa de las terminales de contacto en el dispositivo es igual que en el temporizador original. De esta forma se puede lograr un intercambio rápido y sencillo entre un temporizador original y éste.

Es pertinente notar que a pesar de que este dispositivo fue diseñado para ser implantado en un sistema de control en el que solo se opera uno de los dos temporizadores a la vez, de hecho ambos temporizadores pueden trabajar al mismo tiempo. Sin embargo, el hacer esto puede llegar a tener repercusiones en la exactitud de la medición del tiempo de hasta una unidad mínima de tiempo, más el porcentaje especificado. Es decir el error en la exactitud puede llegar a ser de hasta 0.004%, más 0.1 seg. o más 1 seg., dependiendo del rango de tiempo seleccionado. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que el uso de ambos temporizadores en forma simultánea estará restringido a aplicaciones en donde no se requiera una muy alta exactitud. Es importante establecer que

si solo se trabaja un temporizador a la vez, entonces la exactitud será mucho mejor. Esta será igual a la mencionada en la lista de especificaciones.

## 6.2. Instalación del temporizador

Antes de poder empezar a manejar el dispositivo, éste debe ser instalado correctamente al sistema de control del cual vaya a formar parte. Para poder instalar el temporizador primero se debe estar seguro de que el sistema de control esté apagado y que la fuente de alimentación del sistema esté desconectada, de forma que no exista ninguna tensión en las terminales del temporizador cuando éste sea conectado. A continuación, la persona que vaya a instalar el temporizador debe tocar alguna tierra física para así descargarse eléctricamente y eliminar la posibilidad de daños al dispositivo ocasionados por las cargas estáticas de su cuerpo. Manteniendo el contacto con la tierra física, se debe tomar el temporizador por la carátula y deslizarlo dentro del orificio adecuado en el sistema de control hasta que se enchufe en su posición correcta.

Una vez que el temporizador haya sido enchufado en el sistema de control, y que éste se encuentre sujeto firmemente, se debe revisar que ninguna terminal del dispositivo se haya doblado, o que no haya entrado

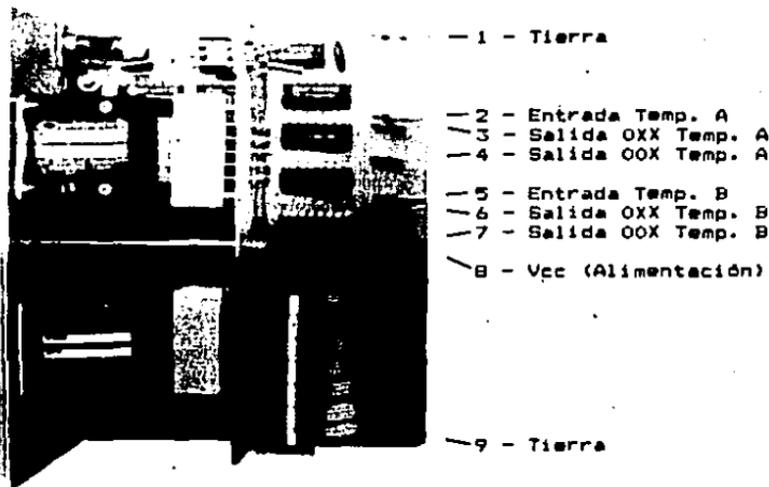


Fig. 6.1. Esquema de las terminales de conexión del temporizador.

adecuadamente dentro de su enchufe. En caso de que el sistema de control no sea igual al tomado como base para el diseño de este temporizador, se debe tener cuidado de que las terminales estén correctamente conectadas al sistema, de forma que se tenga una compatibilidad. En la figura 6.1 se muestra un esquema del temporizador en el que se establece la función de cada una de sus terminales.

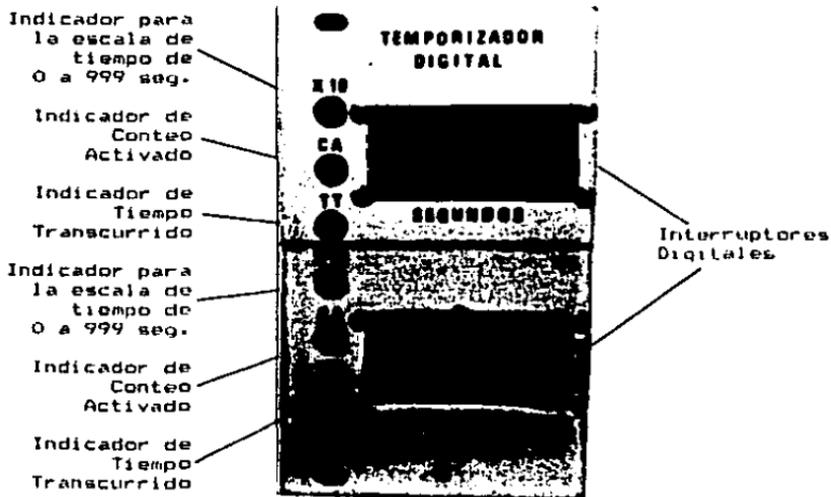
Una vez que el temporizador esté correctamente instalado, se puede proseguir a encender el sistema de control, y conectar su fuente de alimentación.

### 6.3. Operación del temporizador

Para poder familiarizarse con el dispositivo, y comprender más fácilmente las explicaciones de operación, primero estúdiense los esquemas en las figuras 6.2. y 6.3.

Una vez que el temporizador esté correctamente instalado en el sistema de control, se puede empezar a programar el tiempo deseado. Para ello, primero se debe seleccionar el rango de tiempo que se desee emplear. El rango puede ser fácilmente elegido mediante los interruptores seleccionadores de tiempo, mostrados en la figura 6.3. Como se puede observar, si el brazo del interruptor está inclinado hacia la marca de X1, el temporizador estará listo para operar bajo el rango de tiempo de 0 a 99.9 segundos, mientras que si éste está inclinado hacia la marca de X10, el temporizador estará listo para operar bajo el rango de tiempo de 0 a 999 segundos. Nótese como no es necesario que ambos temporizadores tengan el mismo rango de tiempo seleccionado; éstos pueden trabajar con diferentes rangos de tiempo en forma indiferente. Si se selecciona el rango de tiempo de 0 a 999 segundos, el diodo emisor de luz marcado "X10" en la carátula

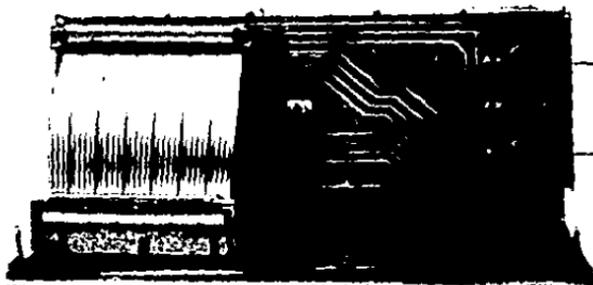
Temporizador A



Temporizador B

Fig. 6.2. Esquema de la carátula del temporizador.

Interruptor del Temporizador A  
(En posición para escala de tiempo de 0 a 99.9 seg.)



Interruptor del Temporizador B  
(En posición para escala de tiempo de 0 a 999 seg.)

Fig. 6.3. Esquema de los interruptores selectores del rango de tiempo de los temporizadores. El temporizador A está en el rango de tiempo de 0 a 99.9 seg., mientras que el temporizador B está en el rango de tiempo de 0 a 999 seg. (con indicador X10 encendido).

del temporizador se debe encender, de forma que el operador pueda saber fácil y rápidamente cual temporizador tiene que rango de tiempo.

Una vez que el rango de tiempo haya sido seleccionado, solo se necesita programar el número de segundos (y décimas de segundos, si así es al caso) mediante la ayuda de los interruptores digitales. Para lograr esto, solo basta con girar las perillas de los interruptores hasta que el número deseado aparezca en las ventanillas.

Con el tiempo programado, el dispositivo estará listo para ser puesto en marcha. Durante la primera etapa del temporizador, etapa anterior a la señal de excitación, los diodos marcados "CA" y "TT" deben estar apagados. Durante la segunda etapa del temporizador, etapa comprendida entre el instante en que aparece la señal de excitación y el instante en que el conteo del tiempo programado finaliza, el diodo marcado "CA" debe encenderse y el diodo marcado "TT" debe permanecer apagado. Esto es con el propósito de indicar al operador que el tiempo de conteo está activado. Por último, durante la tercera etapa del temporizador, etapa comprendida entre el instante en que el conteo del tiempo programado

finaliza y la señal de excitación desaparece, el diodo marcado "CA" se debe apagar y el diodo marcado "TT" se debe encender. De esta forma el operador sabrá que el conteo del tiempo programado ha transcurrido.

Un caso particular y específico que vale la pena mencionar es el caso en el que se programe un tiempo de conteo de cero segundos. En este caso, el temporizador mandará ambas señales de salida en forma prácticamente instantánea. De la misma manera, el diodo "TT" se encenderá casi instantáneamente, sin que el diodo "CA" se haya llegado a encender, o que en su defecto, haya tenido un destello casi imperceptible.

## CAPITULO 7

### MANUAL DE MANTENIMIENTO

El propósito de este capítulo es presentar al lector el manual de mantenimiento del temporizador prototipo. A continuación se presenta una sección en donde se establecen algunas precauciones y consideraciones que se deben tomar en cuenta en el manejo y reparación del prototipo. Posteriormente, se presentará una sección en donde se discutirán algunas posibles fallas del temporizador, junto con sus posibles soluciones.

#### 7.1. Precauciones en el manejo y reparación del temporizador

El emplear circuitos integrados CMOS en la construcción del temporizador tiene un gran número de ventajas muy importantes. Sin embargo, debido a que la familia de CMOS es de las familias de circuitos integrados más delicadas que existen en el mercado, se deben tener unas cuantas precauciones en el manejo y reparación del prototipo. Pero en cualquier forma, las precauciones que se deben tener no son

muchas, y son muy fáciles de seguir. Debido a esto, las incomodidades que se puedan suscitar al utilizar circuitos CMOS en la construcción del prototipo pueden ser fácilmente superadas.

El mayor problema que existe en el uso de los circuitos integrados CMOS es que su delgada película de metal-óxido, que se encuentra entre la estructura de las compuertas de metal y el canal semiconductor de los transistores MOSFET<sup>1</sup>, puede ser fácilmente quemada y perforada por cargas eléctricas estáticas. Estas cargas se pueden encontrar en el cuerpo humano, en herramientas, en el chasis del dispositivo, etc.

La manera de prevenir que la película metal-óxido de un CMOS se quemé o se perforé es manteniendo todas las patas del circuito integrado con un mismo potencial eléctrico. Para lograr esto, los circuitos integrados se deben mantener en sus empaques hasta el momento en que vayan a ser utilizados. Cuando ese momento llegue, los circuitos deben ser manejados con herramientas especiales para circuitos integrados. Es importante establecer que bajo ninguna circunstancia se deben manejar los CMOS con la mano o con herramientas no especiales.

-----  
1) del término en inglés "Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, lo cual significa Transistor de Efecto de Campo Semiconductor Metal-Oxido.

Una vez que los circuitos integrados estén montados en su tarjeta, se deben tomar algunas precauciones de forma que no se dañen. Al manejar la tarjeta, se debe tener cuidado de que ninguna parte del cuerpo humano haga contacto con los circuitos. Aparte, la tarjeta debe ser colocada sobre un tapete conductor<sup>1</sup> siempre que se vayan a colocar o intercambiar sus componentes, de forma que todos siempre tengan el mismo potencial eléctrico. El tapete conductor sobre el cual se coloque la tarjeta para trabajar en ella debe ser conectado a una tierra física a través de un resistor cuyo valor sea elevado; un resistor de 2W cuyo valor sea más o menos de 1M $\Omega$ . De esta forma, las cargas electrostáticas podrán ser descargadas a tierra a través del resistor sin que se cause ningún daño, y al mismo tiempo, el trabajador quedará protegido de una descarga de corriente eléctrica alta en caso de que éste se ponga en contacto entre una fuente de tensión elevada y la placa metálica de trabajo.

---

1) Los tapetes conductores son unos dispositivos comunes que tienen la propiedad de conducir corriente eléctrica en cantidades pequeñas. Esta corriente es lo suficientemente grande como para mantener todas las patas de los circuitos integrados con un mismo potencial eléctrico cuando éstos no están conectados a una fuente de alimentación, pero al mismo tiempo, la corriente puede ser lo suficientemente pequeña como para prevenir un corto circuito en caso de que se conecte el dispositivo a una fuente de alimentación.

Otra precaución que es necesaria tomar es colocar un brazaletes conductor en la muñeca del trabajador y conectar el brazaletes al tapete conductor de trabajo a través de un cable conductor. Sin embargo, se debe estar ABSOLUTAMENTE SEGURO de que el trabajador no esté conectado a una tierra física directamente en ningún momento. SIEMPRE debe existir una resistencia grande en serie entre el trabajador y tierra.

## 7.2. Fallas y soluciones

A continuación se presenta una guía de soluciones para poder reparar el temporizador en el caso de que éste fallara. Para obtener una relación de los diferentes componentes a los cuales se hace referencia en esta sección, se debe consultar la lista que aparece en la sección 5.7.2. del capítulo 5.

NOTA: Si después de haber verificado todos los puntos de prueba mencionados en este manual el problema persiste, aún habiendo substituido el/los circuitos dañados, el problema puede radicar en que exista alguna discontinuidad en una o varias pistas del circuito impreso, o en que se tenga un caso de degradación en los componentes. En ese caso, se debe reemplazar todo el temporizador, o en su defecto, enviarlo al fabricante para que se le someta a un estudio más severo y se pueda determinar el origen exacto del problema.

**SINTOMA:**

El prototipo está "muerto".

**SOLUCION:**

Compruebe que el sistema de control sea compatible con el temporizador. Si no lo es, reemplace el temporizador por uno que sí sea compatible.

Si el temporizador y el sistema son compatibles compruebe que el temporizador esté conectado adecuadamente al sistema de control. Esto se refiere a que las terminales estén correctamente enchufadas al sistema de control, y que las conexiones entre el dispositivo y el sistema sean compatibles.

Si esto no es el problema, compruebe que el cable plano esté correctamente sujeto a ambos conectores en sus extremos y que los conectores estén firmemente conectados a las terminales correspondientes de las tarjetas.

Si la falla persiste, verifique que las tensiones de alimentación estén presentes. La pata 8 del dispositivo debe tener un tensión igual a  $V^+$  y las patas 1 y 9 deben tener una tensión de cero volts (tierra). En caso de no ser así, corrija el error en el sistema de control, ya que es éste el que debe suministrar estas tensiones.

En caso de que las tensiones de alimentación sí estén presentes, compruebe que las señales de excitación aparezcan correctamente en sus patas respectivas: Pata 2 para el temporizador A y pata 5 para el temporizador B. Durante el estado quiescente se debe registrar una tensión igual a  $V^+$  en las patas de entrada, mientras que se debe tener una tensión de cero volts a partir del momento de excitación. Si las señales de excitación no corresponden a esto, corrija el error en el sistema de control.

Si las señales de excitación aparecen adecuadamente en las terminales de entrada del temporizador, verifique que las patas 10 y 4 del CI10 sigan de forma idéntica a las señales de excitación de los temporizadores A y B respectivamente. De no ser así, reemplace el CI10.

Si las patas 10 y 4 del CI10 tienen las señales adecuadas, compruebe que la pata 12 del CI3 y del CI4 tenga una tensión de cero volts. De no ser así, sustituya el circuito defectuoso.

Si los CI3 y CI4 funcionan adecuadamente, verifique que las patas 3, 4, 10 y 11 del CI9 tengan una tensión de cero volts a partir del momento en que se le aplique una señal de excitación al temporizador. Si no es así, sustitúyase el CI9.

Si el CI9 funciona correctamente, compruébese que la pata 1 del CI12 tenga una tensión de cero volts a partir del momento en que se le aplique una señal de excitación al temporizador. Si esto no se cumple, reemplace el CI12.

Si todo lo anterior funciona adecuadamente, verifique que en la pata 7 del CI8 se tenga una señal de onda cuadrada con una frecuencia de 250KHz y amplitud de  $V^{*pp}$ . Si no es así, substituya este circuito.

En caso de que el CI8 funcione bien, compruebe que en la pata 10 del CI11 se tenga una señal de onda cuadrada con 50KHz de frecuencia y una amplitud de  $V^{*pp}$ . Si no se tiene esta señal, cambie este circuito. Si el problema persiste aún después de haber substituido el circuito, reemplace el CI14.

Si en la pata 10 del CI11 se tiene la señal adecuada, verifique que en la pata 11 del CI17 se tenga una señal de onda cuadrada con una frecuencia de 5KHz y amplitud de  $V^{*pp}$ . De no ser así, substitúyase el CI17.

Si el CI17 funciona adecuadamente, pruebe que en la pata 10 del CI15 exista una señal de onda cuadrada con 1KHz de frecuencia y una amplitud de  $V^{*pp}$ . Si no es así, reemplace este circuito. Si el problema persiste aún después de reemplazado el circuito, substituya el CI14.

En caso de que el funcionamiento del CI15 sea el adecuado, compruébese que en la pata 11 del CI18 se tenga una señal de onda cuadrada con 100Hz de frecuencia y una amplitud de  $V_{pp}$ . Si este no es el caso, sustituya el CI18.

Si la señal a la salida del CI18 es la adecuada, compruebe que exista una señal de onda cuadrada con frecuencia de 10Hz y amplitud de  $V_{pp}$  en la pata 11 del CI16. De no ser así, reemplácese este circuito.

Como es obvio, los circuitos integrados 11, 15, 13, 16, 17 y 18 son simples divisores de frecuencia, siendo los CI11 y CI15 divisores entre cinco, y los demás CI's divisores entre diez. Aparte de las pruebas ya mencionadas para comprobar el buen funcionamiento de todos estos circuitos, existe otra manera sencilla de lograr esto. Se pueden tomar mediciones de las señales de entrada y de salida de cada uno de los diferentes circuitos, de forma que se pueda observar que a las salidas se obtengan señales con frecuencias que sean cinco o diez veces menores a las frecuencias de las señales de entrada, según sea el caso. Para hacer esta prueba en los divisores de entre cinco (CI11 y CI15), se debe medir la señal de entrada en las patas 14 y la señal de salida en las patas 10. La respuesta debe ser similar a la mostrada en la figura 7.1. Para hacer la prueba en los divisores de entre diez

(CI13, CI14, CI17 y CI18), se debe medir la señal de entrada en las patas 14 y la señal de salida en las patas 11. El resultado debe ser similar al mostrado en la figura 7.2.



Fig. 7.1. Resultado de la medición de las señales de entrada y de salida del divisor de frecuencia de entre cinco.



Fig. 7.2. Resultado de la medición de las señales de entrada y de salida del divisor de frecuencia de entre diez.

#### SINTOMA:

Uno de los dos temporizadores del prototipo está "muerto".

#### SOLUCION:

Compruebe que el temporizador esté conectado correctamente al sistema de control, de forma que las terminales del dispositivo estén enchufadas adecuadamente al puerto de entrada del sistema de control.

Si el problema persiste, verifique que el cable plano esté correctamente sujeto a ambos conectores en sus extremos y que estos conectores estén firmemente enchufados a los conectores de las tarjetas.

Si aún no se soluciona el problema, verifique que en la terminal de entrada del temporizador con el problema exista la señal de excitación correspondiente. Si no existe, corrija el error en el sistema de control.

Compruebe que en la pata 3 del CI3 (o del CI4 si el temporizador B es el fallo) se tenga la misma señal de excitación que en la entrada del temporizador en cuestión. De no ser así, reemplácese el CI10.

En caso de que todas las pruebas realizadas hasta ahora hayan resultado positivas, compruebe que en las patas 1 del CI3 y del CI5 se tenga un pulso por cada diez que aparezcan en sus patas 6 (si se está trabajando con el temporizador B, verifique las patas mencionadas, pero de los CI4 y CI2). Si el resultado no es el debido, substituya el circuito defectuoso.

Si se tiene una relación correcta de pulsos, verifíquese que en la pata 12 del CI3 (o del CI4) se tenga un cambio de estado (de cero volts a V-) en el instante que se supone debe transcurrir el tiempo de conteo programado. De no ser así, substituya el circuito defectuoso.

Si todo funciona adecuadamente, verifique que en la pata 12 del CI3 o del CI4 (dependiendo si el temporizador problema es el A o el B) se tenga la misma señal que aparece en la pata 2 o 12 del CI10. De no ser así, substituya el CI10.

#### SINTOMA:

El conteo de tiempo del temporizador no es el programado.

#### SOLUCION:

Verifique que no exista ningún corto circuito entre todas las terminales de los interruptores digitales cuando se tiene un número programado de conteo igual a cero. Si se tiene un corto circuito, compruebe si el corto se encuentra en el cable plano, y de ser así sustituya el cable.

Si no existe ningún corto circuito, entonces compruebe que en la pata 12 del CI3 (en caso de que el problema se encuentre en el temporizador A) o que en la pata 12 del CI4 (en caso de que el problema se encuentre en el temporizador B) se tenga una tensión de cero volts durante el conteo de tiempo y una tensión de  $V^*$  a partir del instante en el que se supone debe haberse concluido el periodo de conteo. Si este no es el caso, reemplace el CI3 o CI4 dependiendo si el temporizador problema es el A o el B.

**SINTOMA:**

La salida OXX de uno de los temporizadores no funciona.

**SOLUCION:**

Verifique que en la pata 2 del C17 se tenga un nivel lógico opuesto al existente en la pata 2 del C10 (en caso de que la salida falla sea del temporizador B, compruebe la relación mencionada, pero entre la pata 12 del C17 y la pata 12 del C10). Si esto no se cumple, reemplace el C17.

**SINTOMA:**

La salida OXX de uno de los temporizadores no funciona.

**SOLUCION:**

Verifique que la pata 10 o 4 (dependiendo si el temporizador problema es el A o el B) del C10 siga de forma idéntica a la señal de excitación del temporizador respectivo. De no ser así, sustituya el C10.

**SINTOMA:**

Algún diodo emisor de luz no funciona.

**SOLUCION:**

Si todo el temporizador funciona adecuadamente, y la única falla que se presenta es que un diodo emisor de luz no enciende, se debe cambiar el diodo que no trabaja por uno bueno. Si el problema persiste aún después de hacer la substitución, se deberá reemplazar la resistencia limitadora de corriente del diodo que no enciende.

## CAPITULO 8

### ASPECTOS ECONOMICOS

Este capítulo tiene como propósito presentar el costo total de todos los diferentes componentes, y accesorios que forman al temporizador prototipo, para así demostrar que no solo es factible, sino que es hasta conveniente, fabricar y producir temporizadores digitales en México. Este capítulo también se emplea para poder formarse una idea del valor comercial al cual puede ser vendido el prototipo.

A continuación se presenta una lista de todos los componentes y accesorios empleados en la construcción del temporizador, junto con una relación de precios unitarios, cantidades de piezas y precios totales. Al final de la lista se presenta la suma total del precio de todos los componentes y accesorios empleados en la construcción del temporizador.

Se debe recordar que debido al alto índice de inflación que existe en México, es pertinente mencionar que todos los

precios aquí citados son con fecha de noviembre 16 de 1987, fecha en la que la paridad del peso con el dolar era de 1708.00 pesos por 1 dolar. También cabe mencionar que todos los precios dados son precios de mayoreo, ya que de implantarse una línea de producción de temporizadores sería atinado comprar todos los componentes y accesorios en cantidades grandes para así bajar el costo y tener un surtido razonable en la línea de producción. Aparte, se desea establecer que todos los precios están dados en pesos M. N.

Es obvio que el costo total de un temporizador será mayor al dado en esta relación, ya que en esta lista no se están tomando en cuenta muchos gastos indispensables que se tienen que llevar a cabo en la producción de cualquier producto (gastos como lo son los de costos de producción, costos indirectos, etc.). Estos costos pueden llegar a ser significativos, y se deben tomar en cuenta en la planeación y producción de cualquier producto. Sin embargo, el hacer un estudio de todo esto por sí mismo puede ser motivo de una tesis completa, y por lo tanto, en este trabajo no se profundizará más sobre este tema.

CANTIDAD:	DESCRIPCION:	PRECIO UNITARIO:	PRECIO TOTAL:
6	CI 4017	\$910.00	\$5,460.00
1	CI 4049	\$410.00	\$410.00
1	CI 4050	\$410.00	\$410.00
1	CI 4060	\$1,080.00	\$1,080.00
1	CI 4071	\$380.00	\$380.00
1	CI 4072	\$380.00	\$380.00
1	CI 4081	\$380.00	\$380.00
6	CI 4522	\$1,050.00	\$6,300.00
3	Arreglo resistivo de 52 $\Omega$	\$360.00	\$1,080.00
1	Resistor de 10M $\Omega$ a 1/2 Watt	\$25.00	\$25.00
6	Resistor de 8.2K $\Omega$ a 1/4 Watt	\$16.00	\$96.00
1	Resistor de 100 $\Omega$ a 1/4 Watt	\$16.00	\$16.00
6	Diodo de 5mm	\$110.00	\$660.00
6	Porta diodo	\$110.00	\$660.00
1	Cristal de 4MHz	\$1,200.00	\$1,200.00
2	Capacitor de 22pf	\$50.00	\$100.00
5	Capacitor de 0.1 $\mu$ F	\$120.00	\$600.00
2	Interruptor digital	\$31,629.00	\$63,258.00

CANTIDAD:	DESCRIPCION:	PRECIO UNITARIO:	PRECIO TOTAL:
2	Interruptor de paso 2 polos 2 tiros	\$1,400.00	\$2,800.00
1	Placa frontal de carátula	\$7,500.00	\$7,500.00
1	Placa trasera de carátula	\$5,000.00	\$5,000.00
2	Escuadra	\$1,800.00	\$3,600.00
1	Espaciador	\$2,000.00	\$2,000.00
9	Conector de tarjeta	\$900.00	\$8,100.00
.08	Cable plano	\$3,900.00	\$312.00
2	Conector macho para cable plano	\$10,520.00	\$21,040.00
2	Conector hembra para cable plano	\$4,700.00	\$9,400.00
1	Circuito impreso principal	\$36,703.00	\$36,703.00
1	Circuito impreso para interruptores	\$18,442.00	\$18,442.00
2	Tornillo de cabeza cónica de 1/2''	\$220.00	\$440.00
2	Tuerca para tornillo cónico de 1/2''	\$150.00	\$300.00
3	Tornillo de cabeza cónica de 3/8''	\$140.00	\$420.00

CANTIDAD:	DESCRIPCION:	PRECIO UNITARIO:	PRECIO TOTAL:
2	Tuerca para tornillo cónico de 3/8"	\$80.00	\$160.00
3	Tornillo de 3/8"	\$110.00	\$330.00
2	Tuerca para tornillo de 3/8"	\$80.00	\$160.00
8	Tornillo de 1/4"	\$85.00	\$680.00
8	Tuerca para tornillo de 1/4"	\$85.00	\$680.00
5	Rondana de 1/8" de diámetro	\$45.00	\$225.00
5	Rondana de presión de 1/8" de diámetro	\$80.00	\$400.00
			-----
COSTO TOTAL DE COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL TEMP.:			\$201,187.00

## CAPITULO 9

### CONCLUSIONES

El propósito de este capítulo es presentar al lector las conclusiones a las que se han llegado después de haber realizado este trabajo. Al mismo tiempo, se hacen algunos comentarios pertinentes, los cuales pueden ayudar al lector a formar algunas conclusiones e ideas adicionales.

Pero antes de proseguir, se desea hacer patente el hecho de todos los objetivos citados al inicio de este trabajo fueron llevados a cabo con éxito, y que en algunos casos, se lograron resultados por encima de lo esperado. Esto es, ya por sí mismo, un buen indicio de que el trabajo y esfuerzo puestos para la realización de este trabajo estuvieron bien invertidos.

## 9.1. Conclusiones sobre el trabajo y prototipo

A través de este trabajo se ha intentado presentar, de la manera más clara posible, una serie de conceptos básicos relacionados con la electrónica, enfocados hacia los temporizadores digitales. De esta forma, el lector puede asimilar fácilmente todas las ideas y conceptos tratados.

Se han discutido todas las bases teóricas elementales necesarias para llevar a cabo el diseño y construcción de un temporizador digital. Así mismo, se tratan algunos temas adicionales, que a pesar de no ser indispensables para poder realizar un diseño adecuado, ciertamente ayudan al lector a formar un criterio más amplio.

En cuanto al diseño del temporizador, se puede establecer que se ha obtenido un margen amplio de tensión de alimentación. Es obvio que es conveniente tener esta característica, ya que esto brinda una mayor versatilidad a cualquier dispositivo.

En lo que al temporizador prototipo se refiere, se puede observar que éste es un dispositivo que no solo cumple perfectamente con todas las características necesarias para substituir al original (las cuales fueron establecidas en los capítulos 1 y 3), sino que tiene algunos aspectos y ciertas cualidades que lo hacen superior.

La exactitud y precisión del prototipo están muy por encima de las del original, o de cualquier otro temporizador que aparezca en el estudio que se realizó en el capítulo 4.

Las configuraciones de salida son las requeridas por el sistema de control para el cual fue diseñado el temporizador, pero tienen la ventaja de poder suministrar hasta una corriente de casi 6 veces la requerida, de forma que pueda llegar a ser compatible con un mayor número de sistemas de control.

Como se pudo observar en el capítulo 8, el costo del prototipo está muy por debajo del precio de venta de cualquier temporizador digital, ya sea nacional o extranjero. Pero el hecho de tener dos temporizadores en el mismo dispositivo acentúa todavía más esta cualidad. También es importante notar que la diferencia que existe entre el costo del prototipo y el precio de los demás temporizadores es tan marcada que es de esperarse que aun sumándole otros costos adicionales necesarios (mencionados en el capítulo 8), el prototipo puede ser vendido a un precio competitivo, y dejar ganancias netas significativas.

Otra cualidad importante que tiene el temporizador es el hecho de que está construido en su totalidad con componentes y accesorios que pueden ser obtenidos en el mercado nacional, lo cual obviamente es conveniente, ya que

esto garantiza una mayor disponibilidad de temporizadores y la posibilidad de repararlos. Sin embargo, debido al atraso en el que se encuentra México presentemente, algunos de los materiales necesarios en la construcción solo se pueden adquirir de importación, pero no obstante, todo se puede conseguir en México actualmente, lo cual es lo más importante.

Aparte, cabe mencionar que el temporizador es un aparato que es confiable. Se puede hacer esta aseveración ya que el prototipo fue sometido a varias pruebas de trabajo durante periodos extendidos, y nunca se registró una sola falla.

Como se estableció en un principio, este trabajo también puede ser empleado como asesoramiento para jóvenes mexicanos que se desarrollen en el área de la electrónica.

En la parte teórica de este trabajo, el estudiante puede obtener información acerca de todas las diferentes secciones que pueden llegar a formar parte de un temporizador digital. De esta forma, se pueden adquirir los conocimientos necesarios para lograr el diseño y la construcción correcta de uno de estos dispositivos.

Con la ayuda de la sección en la cual se realiza el diseño del temporizador, el estudiante se puede formar una idea de como trabajar con componentes electrónicos del tipo

digital. Así mismo, se puede formar un criterio del tipo de precauciones que se deben tener, tanto en el diseño de aparatos, como en el manejo de algunos circuitos integrados.

Al mismo tiempo, los principios básicos de operación de las diferentes secciones de un temporizador pueden ser empleados en el diseño y construcción de algún otro tipo de dispositivo. De hecho, se espera que el estudiante pueda encontrar en este trabajo una fuente de información que le pueda servir para poder asimilar conocimientos futuros con mayor facilidad.

Sin embargo, se debe estar consciente de que este trabajo no pretende ser la única base para dominar los diferentes temas de electrónica tratados. Si se desea realmente llegar a dominar todos estos principios y bases de electrónica, uno debe consultar diversas fuentes de información, en las que se profundice hasta llegar a un nivel deseado. Para obtener una lista de libros que pueden ser empleados en la realización de un estudio más a fondo, consúltese la bibliografía que se encuentra situada al final de este trabajo.

## 9.2. Características y cualidades adicionales.

Una vez realizado el trabajo, ha sido posible percatarse de algunas características y cualidades que en un principio no se prevían como parte de los objetivos.

Una característica que se le puede añadir al temporizador en su construcción y venta, es la opción de vender el módulo con uno o dos temporizadores. Obviamente se reducirá el precio si se elige la opción de un solo temporizador en el módulo, debido al ahorro de un interruptor digital, un interruptor de paso, algunos diodos emisores de luz, resistores y circuitos integrados. Así, si un consumidor desea adquirir un solo temporizador, puede comprar el dispositivo con un único temporizador, teniendo la seguridad de que si en alguna ocasión en el futuro se ve en la necesidad de adquirir un segundo temporizador, existe la posibilidad de expansión de su temporizador original, por solo un costo adicional pequeño.

Otra característica que tiene este trabajo es el emplear el análisis de factibilidad de los componentes y accesorios para poder decidir fácilmente en donde conviene comprar qué componentes. Con los estudios realizados al respecto, el lector puede formar una idea rápida y atinada del tipo de componentes con los cuales se dispone en el país, y el tipo de precios que puede llegar a esperar.

### 9.3. Posibles innovaciones futuras

Tomando en cuenta que en un gran porcentaje de los casos todos los aparatos y diseños pueden ser mejorados, y manteniendo en mente la posibilidad de que en el futuro alguna persona se interese en ampliar este trabajo e idear formas de superar el prototipo, a continuación se sugieren algunas modificaciones que podrían ser empleadas como punto de partida en la innovación del temporizador. Sin embargo, es importante aclarar que estas modificaciones no cambian el funcionamiento y las especificaciones del temporizador drásticamente.

Uno de los posibles cambios que se pueden hacer es no mandar una señal de restauración al CI 4060 (circuito integrado empleado para formar el oscilador y también empleado como divisor de frecuencia), de tal forma que el cristal siempre esté trabajando. Esto se debe a que si el cristal está en su estado quiescente, y se pone a trabajar hasta el momento en que el oscilador se vaya a emplear, el cristal tardará un periodo indeterminado, y sobre el cual no se tiene control, antes de empezar a vibrar a la frecuencia de estabilización, lo cual obviamente repercute en la exactitud y precisión del temporizador. Aparte, el cristal debe estar trabajando constantemente durante un cierto periodo para poder estabilizarse, y reducir así las variaciones de frecuencia que pueda llegar a tener.

En el caso de que el cristal siempre esté trabajando, se puede observar que el error máximo en tiempo que puede llegar a haber es de:

$$\frac{1}{4 (10^6) / 2^4} = 4 \mu\text{Seg.}$$

lo cual es el inverso de la frecuencia que existe a la salida del divisor del CI 4060. Esto es debido a que si no se le da una señal de restauración, cabo dentro de lo posible que se empiece el conteo con un pulso ya empezado. Pero en cualquier forma, se puede observar que la variación es tan pequeña que prácticamente se puede despreciar.

Si por algún motivo se deseara una mejor exactitud, lo que también se puede hacer es montar el oscilador en un circuito integrado separado del divisor de frecuencia, de manera que si se le pueda mandar una señal de restauración al divisor. En este caso el error máximo en tiempo sería de:

$$\frac{1}{4 (10^6)} = 250 \text{ nSeg.}$$

lo cual es el inverso de la frecuencia que existe a la salida del oscilador.

Otra mejoría que se podría llevar a cabo para poder mejorar un poco al temporizador es ensanchar las pistas de los

circuitos impresos hasta donde sea posible. Esto ayudaría en algún grado a la disipación de calor del dispositivo, a dañar menos las pistas más delgadas por acción de los reactivos, y a presentar una menor resistencia al flujo de corriente que pasa a través de las pistas.

Otro posible cambio que se podría hacer para mejorar el dispositivo sería simplificar el montaje mecánico. El montaje actual es compacto, y está diseñado para poderse colocar fácilmente en el sistema de control. Sin embargo, es posible que para otras aplicaciones se pueda idear un mejor montaje.

Por último, se considera la posibilidad de idear alguna forma para emplear un menor número de divisores de frecuencia en el temporizador. Si se encontrara la forma de lograr esto, el costo se reduciría un poco, y se podrían ensanchar aún más las pistas de los circuitos impresos, ya que se tendría más espacio por no haber tantos componentes.

#### 9.4. Comentarios finales

Con este trabajo se ha podido demostrar que no solo es factible, sino que es hasta conveniente, construir temporizadores digitales en el país, de manera que no se tenga la dependencia tan grande del extranjero que presentemente se tiene. De la misma manera, es de preguntarse si no se puede

hacer lo mismo con otros sistemas de control y equipos electrónicos, de forma que con solo un poco de interés, trabajo y esfuerzo se determine que, en efecto, México es capaz de producir muchos tipos diferentes de dispositivos electrónicos.

Así, se espera que este trabajo despierte el interés de la industria mexicana para empezar a fabricar cada vez más tipos de sistemas de control de origen nacional, para que en un futuro no muy lejano México no solo sea autosuficiente en esta rama de la industria, sino que pueda exportar al extranjero su tecnología y conocimientos.

Al mismo tiempo, se espera que este trabajo sea un incentivo para que otros jóvenes mexicanos, ansiosos de obtener un título profesional en ingeniería electrónica, persigan esta idea de diseñar y construir un sistema de control electrónico que rija el comportamiento de alguna línea de producción, algún tipo de proceso, o algún tipo de máquina.

México es un país que cuenta con innumerables recursos naturales y humanos, y poniendo el suficiente esfuerzo y empeño, es imposible que una nación como esta no salga adelante. El camino por delante no es fácil, pero los mexicanos tienen las herramientas necesarias para llegar hasta la cúspide.

## APENDICE A

### MOLDEO DE MATERIALES TERMOPLASTICOS POR INYECCION

Para poder diseñar y construir cualquier dispositivo que esté destinado a formar parte de algún aparato, primero se debe estar familiarizado con el aparato. El diseño y construcción del temporizador no es excepción a la regla, y por lo tanto, el propósito de este apéndice es familiarizar al lector con la máquina y el sistema de control al cual se implantará el prototipo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el sistema al cual se va a implantar el temporizador es un sistema de control que rige a una máquina de moldeo de materiales termoplásticos por inyección. En la figura A1. se muestra una de estas máquinas, mientras que en las figuras A2. a A4. se muestran esquemas más detallados de las secciones de mayor importancia de estas máquinas.

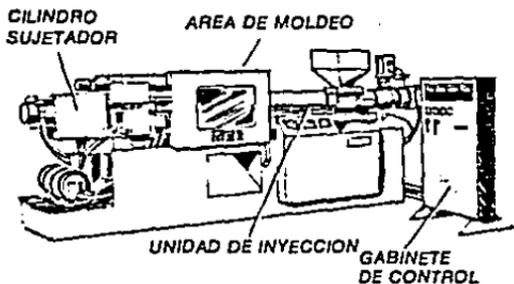


Fig. A1. a) Máquina de molde de materiales termoplásticos por inyección.

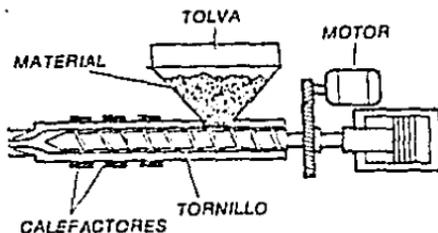


Fig. A2. Unidad de inyección de una máquina de molde de materiales termoplásticos por inyección estilo tornillo.

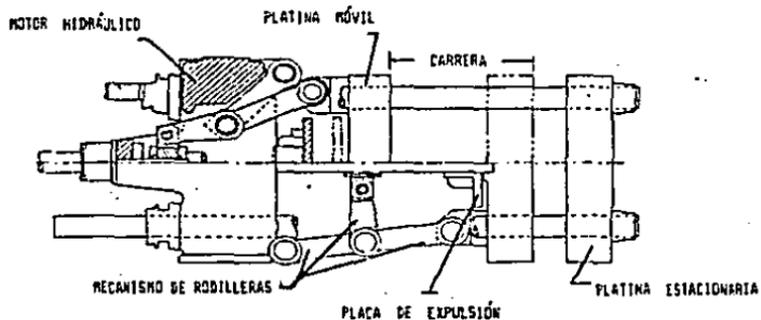


Fig. A3. Unidad de cierre de una máquina de moldeo de materiales termoplásticos por inyección con sistema mecánico.

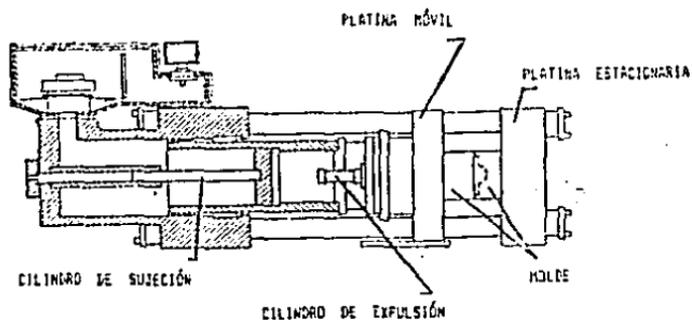


Fig. A3. Unidad de cierre de una máquina de moldeo de materiales termoplásticos por inyección con sistema hidráulico.

El método de moldeo por inyección es uno de los procesos más empleados para moldear materiales termoplásticos y convertirlos en productos industriales o de consumo. A grandes rasgos, el proceso se puede describir de la siguiente manera: Se empieza alimentando a la máquina con material termoplástico, en polvo o de forma granular. La alimentación del material se hace a través de la tolva, la cual se encuentra en la unidad de inyección de la máquina. De ahí, el material termoplástico pasa al interior del barril, en donde es plastificado o derretido, mezclado, y transportado hacia la unidad de cierre de la máquina. Todo esto se logra mediante la ayuda de un tornillo plastificador que se encuentra en el interior del barril. En la unidad de cierre de la máquina se encuentra colocado un molde, el cual se cierra antes de que el termoplástico entre en él. Con el molde cerrado, el termoplástico se inyecta a una presión alta y es forzado dentro del molde. Esto se logra con la ayuda del pistón de inyección, el cual se encuentra en el extremo del tornillo. Una vez que el plástico se enfría y se solidifica en la forma de la cavidad del molde, la parte móvil del molde se separa, y la pieza terminada es expulsada.

El ciclo completo de una máquina de moldeo por inyección es un tanto más complejo que esta explicación tan sencilla. A continuación se presenta una explicación más a fondo de un ciclo de moldeo.

Para que el ciclo de una de estas máquinas pueda empezar es necesario que un cierto número de condiciones se cumplan. Estas condiciones son:

1) El motor eléctrico debe estar andando de forma que las bombas hidráulicas estén funcionando.

2) El molde debe estar colocado correctamente en las platinas de la máquina.

3) Las platinas deben estar separadas de forma que el molde esté abierto.

4) El barril debe estar a la temperatura debida (la temperatura depende del tipo de material termoplástico que se esté empleando).

5) El barril debe de estar completamente cargado con material termoplástico.

6) El tornillo debe de estar en su posición de atrás de forma que se tenga una cantidad adecuada de material termoplástico lista para ser inyectada (la cantidad de material termoplástico depende del tamaño de la pieza que se desea moldear).

7) El expulsor de piezas debe de estar en su posición de atrás.

Una vez reunidas todas estas condiciones, la máquina puede empezar a trabajar.

El ciclo comienza cuando la platina móvil de la prensa empieza su carrera de desplazamiento hacia adelante para juntar las dos mitades del molde. Esto se puede lograr haciendo uso de uno de dos sistemas posibles de cierre de prensa. Uno de los dos sistemas se conoce como sistema mecánico, el cual cierra la prensa mediante la ayuda de un pistón hidráulico relativamente pequeño y unas rodilleras mecánicas. El otro sistema se conoce como sistema hidráulico, el cual cierra la prensa mediante la ayuda de un pistón hidráulico, cuyas dimensiones son mucho mayores a las del pistón empleado en el sistema mecánico.

Después de que las dos mitades del molde hacen contacto, y de no existir obstrucción alguna, la máquina continúa el desplazamiento de la platina móvil, pero con una muy alta presión. Esto se hace de forma que la prensa logre su amarre y el molde quede completamente cerrado. Las presiones a las cuales se somete el molde cuando éste está cerrado pueden variar desde unas cuantas toneladas hasta más de 2000 o 3000 toneladas, dependiendo del tamaño de la máquina en cuestión.

Una vez que el molde queda cerrado, se comienza el desplazamiento del pistón de inyección hacia adelante para forzar al material termoplástico hacia el interior de la cavidad del

molde. Para lograr esto, se ponen en marcha dos temporizadores<sup>1</sup> al mismo tiempo<sup>2</sup>. Uno de estos dos temporizadores se emplea para indicar a la máquina durante cuanto tiempo se debe aplicar un alto caudal de fluido hidráulico al pistón de inyección durante la inyección. Esto se hace para lograr que la inyección se realice a una alta velocidad en su etapa inicial, de forma que el material termoplástico no tenga tiempo de enfriarse y solidificarse en cuanto éste entre en la cavidad del molde.

El otro de los dos temporizadores sirve para dar indicaciones a la máquina de cuanto tiempo adicional es necesario mantener una presión de inyección en el tornillo, una vez que se haya cortado el alto caudal de fluido hidráulico. Esto se debe a que al forzar al material termoplástico dentro del molde con una alta velocidad en su etapa inicial de inyección se crea una especie de efecto diésel, el cual puede llegar a quemar el material. Entonces, es necesario mantener una presión de inyección con un bajo caudal de fluido hidráulico durante la

- 
- 1) La máquina emplea cuatro temporizadores en total. Por conveniencia se emplean dos módulos con dos temporizadores cada módulo.
  - 2) Es de suma importancia establecer que estos dos temporizadores que se ponen en marcha al mismo tiempo se encuentran localizados EN DIFERENTES MÓDULOS. En este sistema de control es IMPOSIBLE que los dos temporizadores de un mismo módulo se pongan a funcionar al mismo tiempo.

segunda etapa de inyección para que el molde se pueda llenar completamente con material termoplástico sin que el material se queme, y para permitir que el material se enfríe y solidifique sin que éste se pueda regresar hacia el interior del barril.

Una vez que el segundo temporizador concluye su tiempo de conteo programado, dos cosas suceden al mismo tiempo. Una de ellas es que el motor del tornillo plastificador se pone en marcha, de forma que el tornillo gire. Esto logra que una dotación nueva de material termoplástico se introduce dentro del barril. Luego, este material nuevo se plastifica, se mezcla, y se transporta hacia el extremo de inyección del barril, lo cual causa que el tornillo se autodesplace hacia atrás para así cargar la próxima inyección con más material.

La otra cosa que sucede una vez que el segundo temporizador termina su conteo de tiempo, es que otro de los cuatro temporizadores mencionados se pone en marcha. Este tercer temporizador se emplea para indicar a la máquina el tiempo adicional que el molde debe permanecer cerrado después de concluida la segunda etapa de inyección, de forma que la pieza moldeada tenga tiempo de enfriarse y solidificarse antes de abrir el molde. Al terminar el conteo de tiempo de este temporizador, y una vez cargada la inyección para el siguiente ciclo de máquina, la platina movable empieza su carrera hacia atrás y el molde se abre. Durante esta carrera de apertura de molde, el

expulsor de piezas se desplaza hacia adelante y se expulsa la pieza terminada. Una vez expulsada la pieza, el expulsor se desplaza hacia atrás para obtener su posición inicial.

Con la carrera de apertura de molde concluida, se pone en marcha el último de los cuatro temporizadores. Este temporizador se emplea para dar tiempo a la máquina de hacer una restauración general antes de comenzar un nuevo ciclo de inyección.

Cabe aclarar que el sistema de control emplea sensores colocados estratégicamente en la máquina para determinar en todo instante la posición relativa de todas sus partes móviles, y poder así coordinar todas las señales que se deben mandar a la máquina para que ésta funcione. Sin embargo, no se discute más a fondo el ciclo de moldeo por inyección, ni se discuten los sensores de posición de la máquina debido a que estos pueden variar mucho de una máquina a otra. Si el lector se desea profundizar más en este, o cualquier otro tema relacionado, deberá consultar los manuales necesarios de la máquina con la que quierá trabajar.

## APENDICE B

### CARACTERISTICAS DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS

El propósito de este apéndice es presentar al lector la información pertinente acerca de los circuitos integrados empleados en la construcción del temporizador. Toda la información aquí presentada ha sido tomada de manuales de fabricantes.

A continuación se presentan las especificaciones eléctricas de corriente continua y alterna, al igual que los diagramas internos, para cada uno de los circuitos integrados. Es importante aclarar que los diagramas internos de los circuitos integrados son presentados en forma de bloques. También cabe notar que todos los valores están dados con una temperatura ambiente de 25°C.

CI 4017

CONTADOR / DIVISOR POR DECADA

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO	CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
IDD	Corriente de alimentación quiescente	VDD= 5V	0.5	20	µA
		VDD= 10V	1	40	µA
		VDD= 15V	3	80	µA
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V	0	0.05	V
		VDD= 10V	0	0.05	V
		VDD= 15V	0	0.05	V
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5	V
		VDD= 10V	9.95	10	V
		VDD= 15V	14.95	15	V
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V		1.5	V
		VDD= 10V		3	V
		VDD= 15V		4	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	3.5		V
		VDD= 10V	7		V
		VDD= 15V	11		V
IDL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	0.44	0.88	mA
		VDD= 10V	1.1	2.25	mA
		VDD= 15V	3	8.8	mA
IDH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.16	-0.36	mA
		VDD= 10V	-0.4	-0.9	mA
		VDD= 15V	-1.2	-3.5	mA
IIN	Corriente de entrada	VDD= 15V	$\pm 10^{-9}$	$\pm 0.3$	µA

CI 4017

CONTADOR / DIVISOR POR DECADA

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphlc, tplhc	Tiempo de retardo a salida de acarreo	VDD= 5V		415	800	ns
		VDD= 10V		160	320	ns
		VDD= 15V		130	250	ns
tphl, tplh	Tiempo de retardo a salidas codificadas	VDD= 5V		500	1000	ns
		VDD= 10V		200	400	ns
		VDD= 15V		160	320	ns
tthl	Tiempo de transición estado alto a bajo	VDD= 5V		100	200	ns
		VDD= 10V		50	100	ns
		VDD= 15V		40	80	ns
ttlh	Tiempo de transición estado bajo a alto	VDD= 5V		200	360	ns
		VDD= 10V		100	180	ns
		VDD= 15V		80	150	ns
twl, twh	Duración min. del pulso de reloj	VDD= 5V		125	250	ns
		VDD= 10V		45	90	ns
		VDD= 15V		35	70	ns
trcl, tfcl	Transición max. del pulso de reloj	VDD= 5V			20	µs
		VDD= 10V			15	µs
		VDD= 15V			5	µs
fcl	Frecuencia max. del reloj	VDD= 5V	2	2		MHz
		VDD= 10V	5	5		MHz
		VDD= 15V	6.7	6		MHz
tphr	Demora para restauración	VDD= 5V		500	1000	ns
		VDD= 10V		200	400	ns
		VDD= 15V		160	320	ns
twhr	Duración min. del pulso de restauración	VDD= 5V		200	400	ns
		VDD= 10V		70	140	ns
		VDD= 15V		55	110	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			5	7.5	pf



CI 4049

SEIS AMPLIFICADORES INVERSOSES

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
IDD	Corriente de alimentación quiescente	VDD= 5V		0.03	4	µA
		VDD= 10V		0.05	8	µA
		VDD= 15V		0.07	16	µA
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V		0	0.05	V
		VDD= 10V		0	0.05	V
		VDD= 15V		0	0.05	V
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5		V
		VDD= 10V	9.95	10		V
		VDD= 15V	14.95	15		V
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V		1.5	1	V
		VDD= 10V		2.5	2	V
		VDD= 15V		3.5	3	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	4	5.5		V
		VDD= 10V	8	7.5		V
		VDD= 15V	12	11.5		V
IOL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	4	5		mA
		VDD= 10V	8.5	12		mA
		VDD= 15V	25	40		mA
IOH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.9	-1.6		mA
		VDD= 10V	-1.9	-3.6		mA
		VDD= 15V	-6.2	-12		mA
IIN	Corriente de entrada	VDD= 15V		$\pm 10^{-8}$	$\pm 0.3$	µA

CI 4049

SEIS AMPLIFICADORES INVERSORES

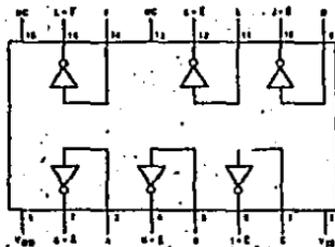
CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphl	Tiempo de retardo de nivel alto a bajo	VDD= 5V		30	65	ns
		VDD= 10V		20	40	ns
		VDD= 15V		15	30	ns
tplh	Tiempo de retardo de nivel bajo a alto	VDD= 5V		45	85	ns
		VDD= 10V		25	45	ns
		VDD= 15V		20	35	ns
tthl	Tiempo de transición de nivel alto a bajo	VDD= 5V		30	60	ns
		VDD= 10V		20	40	ns
		VDD= 15V		15	30	ns
ttlh	Tiempo de transición de nivel bajo a alto	VDD= 5V		60	120	ns
		VDD= 10V		30	55	ns
		VDD= 15V		25	45	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			15	22.5	pf

CI 4049

SEIS AMPLIFICADORES INVERSORES

DIAGRAMA INTERNO



CI 4050

SEIS AMPLIFICADORES NO INVERSORES

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO	CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD	
IDD	Corriente de alimentación quiescente	VDD= 5V	0.03	4	µA	
		VDD= 10V	0.05	8	µA	
		VDD= 15V	0.07	16	µA	
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V	0	0.05	V	
		VDD= 10V	0	0.05	V	
		VDD= 15V	0	0.05	V	
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5	V	
		VDD= 10V	9.95	10	V	
		VDD= 15V	14.95	15	V	
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V		2.25	1.5	V
		VDD= 10V		4.5	3	V
		VDD= 15V		6.75	4	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	3.5	2.75	V	
		VDD= 10V	7	5.5	V	
		VDD= 15V	11	8.25	V	
IOL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	4	5	mA	
		VDD= 10V	8.5	12	mA	
		VDD= 15V	25	40	mA	
IOH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.9	-1.6	mA	
		VDD= 10V	-1.9	-3.6	mA	
		VDD= 15V	-6.2	-12	mA	
IIN	Corriente de entrada	VDD= 15V	±10 <sup>-9</sup>	±0.3	µA	

CJ 4050

SEIS AMPLIFICADORES NO INVERSORES

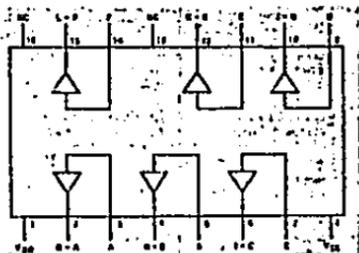
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphl	Tiempo de retardo de nivel alto a bajo	VDD= 5V		60	110	ns
		VDD= 10V		25	55	ns
		VDD= 15V		20	30	ns
tplh	Tiempo de retardo de nivel bajo a alto	VDD= 5V		60	120	ns
		VDD= 10V		30	55	ns
		VDD= 15V		25	45	ns
tthl	Tiempo de transición de nivel alto a bajo	VDD= 5V		30	60	ns
		VDD= 10V		20	40	ns
		VDD= 15V		15	30	ns
ttlh	Tiempo de transición de nivel bajo a alto	VDD= 5V		60	120	ns
		VDD= 10V		30	55	ns
		VDD= 15V		25	45	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			5	7.5	pf

CI 4050

SEIS AMPLIFICADORES NO INVERSORES

DIAGRAMA INTERNO



CI 4060

CONTADOR BINARIO DE 14 ETAPAS CON OSCILADOR

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO	CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
IDD	Corriente de alimentación quiescente	VDD= 5V		20	µA
		VDD= 10V		40	µA
		VDD= 15V		60	µA
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V	0	0.05	V
		VDD= 10V	0	0.05	V
		VDD= 15V	0	0.05	V
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5	V
		VDD= 10V	9.95	10	V
		VDD= 15V	14.95	15	V
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	2	1.5	V
		VDD= 10V	4	3	V
		VDD= 15V	6	4	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	5.5	5	V
		VDD= 10V	7	6	V
		VDD= 15V	11	9	V
IOL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	0.44	0.88	mA
		VDD= 10V	1.1	2.25	mA
		VDD= 15V	3	8.8	mA
IOH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.44	-0.88	mA
		VDD= 10V	-1.1	-2.25	mA
		VDD= 15V	-3.6	-8.8	mA
IIN	Corriente de entrada	I <sub>SD</sub> = 15V		±10 <sup>-2</sup>	±0.3 µA

CI 4060

CONTADOR BINARIO DE 14 ETAPAS CON OSCILADOR

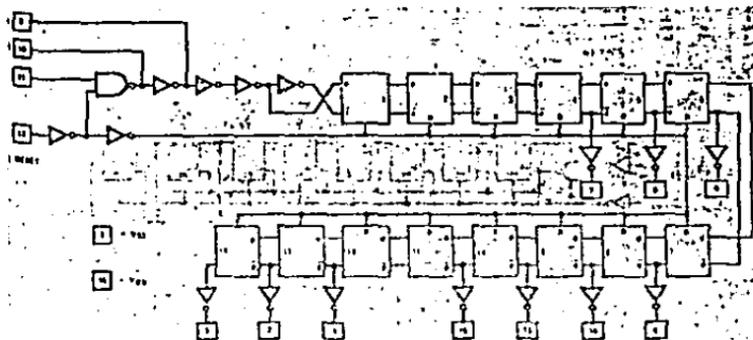
CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphl1,tplh1	Tiempo de retardo a salida D1	VDD= 5V		550	1300	ns
		VDD= 10V		250	525	ns
		VDD= 15V		200	400	ns
tphl,tplh	Tiempo de retardo entre etapas (Qn a Qn+1)	VDD= 5V		150	330	ns
		VDD= 10V		60	125	ns
		VDD= 15V		45	90	ns
tthl,ttlh	Tiempo de transición	VDD= 5V		100	200	ns
		VDD= 10V		50	100	ns
		VDD= 15V		40	80	ns
twl,twh	Duración min. del pulso de reloj	VDD= 5V		170	500	ns
		VDD= 10V		65	170	ns
		VDD= 15V		50	125	ns
trcl,tfc1	Transición max. del pulso de reloj	VDD= 5V		sin limite		
		VDD= 10V		sin limite		
		VDD= 15V		sin limite		
fcl	Frecuencia max. del reloj	VDD= 5V	1	5		MHz
		VDD= 10V	3	8		MHz
		VDD= 15V	4	10		MHz
tphir	Demora para restauración	VDD= 5V		200	450	ns
		VDD= 10V		100	210	ns
		VDD= 15V		80	170	ns
twhr	Duración min. del pulso de restauración	VDD= 5V		200	450	ns
		VDD= 10V		100	210	ns
		VDD= 15V		80	170	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			5	7.5	pf

CI 4060

CONTADOR BINARIO DE 14 ETAPAS CON OSCILADOR

DIAGRAMA INTERNO



CI 4071

CUATRO COMPUERTAS "0" DE 2 ENTRADAS

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO	CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
IDD	Corriente de alimentación	VDD= 5V	0.004	1	µA
	quiescente	VDD= 10V	0.005	2	µA
		VDD= 15V	0.006	4	µA
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V	0	0.05	V
		VDD= 10V	0	0.05	V
		VDD= 15V	0	0.05	V
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5	V
		VDD= 10V	9.95	10	V
		VDD= 15V	14.95	15	V
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	2	1.5	V
		VDD= 10V	4	3	V
		VDD= 15V	6	4	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	3.5	3	V
		VDD= 10V	7	6	V
		VDD= 15V	11	9	V
IOL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	0.44	0.88	mA
		VDD= 10V	1.1	2.25	mA
		VDD= 15V	3	8.8	mA
IOH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.44	-0.88	mA
		VDD= 10V	-1.1	-2.25	mA
		VDD= 15V	-3	-8.8	mA
IIN	Corriente de entrada	VDD= 15V	±10 <sup>-8</sup>	±0.3	µA

CI 4071

CUATRO COMPUERTAS "0" DE 2 ENTRADAS

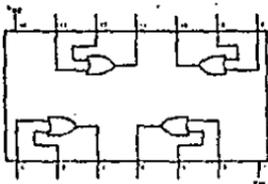
CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphi	Tiempo de retardo de nivel alto a bajo	VDD= 5V		100	250	ns
		VDD= 10V		40	100	ns
		VDD= 15V		30	70	ns
tplh	Tiempo de retardo de nivel bajo a alto	VDD= 5V		90	250	ns
		VDD= 10V		40	100	ns
		VDD= 15V		30	70	ns
tthl.ttlh	Tiempo de transición	VDD= 5V		90	200	ns
		VDD= 10V		50	100	ns
		VDD= 15V		40	80	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			5	7.5	pf

CI 4071

CUATRO COMPUERTAS "0" DE 2 ENTRADAS

DIAGRAMA INTERNO



CI 4072

DOS COMPUERTAS "D" DE 4 ENTRADAS

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
IDD	Corriente de alimentación quiescente	VDD= 5V		0.004	1	µA
		VDD= 10V		0.005	2	µA
		VDD= 15V		0.006	4	µA
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V		0	0.05	V
		VDD= 10V		0	0.05	V
		VDD= 15V		0	0.05	V
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5		V
		VDD= 10V	9.95	10		V
		VDD= 15V	14.95	15		V
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V		2.25	1.5	V
		VDD= 10V		4.5	3	V
		VDD= 15V		6.75	4	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	3.5	2.75		V
		VDD= 10V	7	5.5		V
		VDD= 15V	11	8.25		V
IOL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	0.44	0.88		mA
		VDD= 10V	1.1	2.2		mA
		VDD= 15V	3	6		mA
IOH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.44	-0.88		mA
		VDD= 10V	-1.1	-2.2		mA
		VDD= 15V	-3	-6		mA
IIN	Corriente de entrada	VDD= 15V		±10 <sup>-8</sup>	±0.3	µA

CI 4072

DOS COMPUERTAS "0" DE 4 ENTRADAS

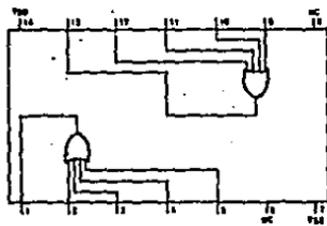
CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphl	Tiempo de retardo de nivel alto a bajo	VDD= 5V		125	250	ns
		VDD= 10V		60	100	ns
		VDD= 15V		45	70	ns
tplh	Tiempo de retardo de nivel bajo a alto	VDD= 5V		125	250	ns
		VDD= 10V		60	100	ns
		VDD= 15V		45	70	ns
tthl,ttlh	Tiempo de transición	VDD= 5V		100	200	ns
		VDD= 10V		50	100	ns
		VDD= 15V		40	80	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			5	7.5	pf

CI 4072

DOS COMPUERTAS "O" DE 4 ENTRADAS

DIAGRAMA INTERNO



CI 40B1

CUATRO COMPUERTAS "Y" DE 2 ENTRADAS

CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO	CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
IDD	Corriente de alimentación quiescente	VDD= 5V	0.004	1	µA
		VDD= 10V	0.005	2	µA
		VDD= 15V	0.006	4	µA
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V	0	0.05	V
		VDD= 10V	0	0.05	V
		VDD= 15V	0	0.05	V
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5	V
		VDD= 10V	9.95	10	V
		VDD= 15V	14.95	15	V
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	2	1.5	V
		VDD= 10V	4	3	V
		VDD= 15V	6	4	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	3.5	3	V
		VDD= 10V	7	6	V
		VDD= 15V	11	9	V
IOL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	0.44	0.88	mA
		VDD= 10V	1.1	2.25	mA
		VDD= 15V	2	3.8	mA
IOH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.44	-0.88	mA
		VDD= 10V	-1.1	-2.25	mA
		VDD= 15V	-2	-3.8	mA
IIN	Corriente de entrada	VDD= 15V	$\pm 10^{-8}$	$\pm 0.3$	µA

CI 4081

CUATRO COMPUERTAS "Y" DE 2 ENTRADAS

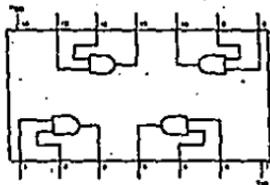
CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphl	Tiempo de retardo de nivel alto a bajo	VDD= 5V		100	250	ns
		VDD= 10V		40	100	ns
		VDD= 15V		30	70	ns
tphi	Tiempo de retardo de nivel bajo a alto	VDD= 5V		120	250	ns
		VDD= 10V		50	100	ns
		VDD= 15V		35	70	ns
tthl.ttth	Tiempo de transición	VDD= 5V		90	200	ns
		VDD= 10V		50	100	ns
		VDD= 15V		40	80	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			5	7.5	pf

CI 4081

CUATRO COMPUERTAS "Y" DE 2 ENTRADAS

DIAGRAMA INTERNO



CI 4522

CONTADOR REGRESIVO PROGRAMABLE POR DECADA  
 CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE CONTINUA

PARAMETRO	CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
IDD	Corriente de alimentación quiescente	VDD= 5V	0.005	20	µA
		VDD= 10V	0.01	40	µA
		VDD= 15V	0.015	80	µA
VOL	Bajo nivel de tensión de salida	VDD= 5V	0	0.05	V
		VDD= 10V	0	0.05	V
		VDD= 15V	0	0.05	V
VOH	Alto nivel de tensión de salida	VDD= 5V	4.95	5	V
		VDD= 10V	9.95	10	V
		VDD= 15V	14.95	15	V
VIL	Bajo nivel de tensión de entrada	VDD= 5V		1.5	V
		VDD= 10V		3	V
		VDD= 15V		4	V
VIH	Alto nivel de tensión de entrada	VDD= 5V	3.5		V
		VDD= 10V	7		V
		VDD= 15V	11		V
IOL	Bajo nivel de corriente de salida	VDD= 5V	0.44	0.88	mA
		VDD= 10V	1.1	2.25	mA
		VDD= 15V	3	8.8	mA
IOH	Alto nivel de corriente de salida	VDD= 5V	-0.44	-0.88	mA
		VDD= 10V	-1.1	-2.25	mA
		VDD= 15V	-3	-8.8	mA
IIN	Corriente de entrada	VDD= 15V		$\pm 10^{-8}$	$\pm 0.3$ µA

CI 4522

CONTADOR REGRESIVO PROGRAMABLE POR DECADA

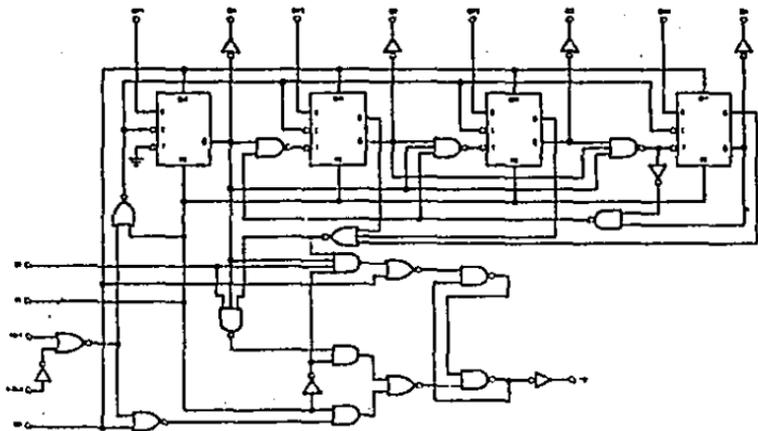
CARACTERISTICAS ELECTRICAS PARA CORRIENTE ALTERNA

PARAMETRO		CONDICION	MIN	TIP	MAX	UNIDAD
tphl, tphi	Tiempo de retardo a salida Qn	VDD= 5V		350	825	ns
		VDD= 10V		130	345	ns
		VDD= 15V		90	240	ns
tphi, tpih	Tiempo de retardo a salida "0"	VDD= 5V		200	500	ns
		VDD= 10V		80	250	ns
		VDD= 15V		60	190	ns
tthl, ttih	Tiempo de transición	VDD= 5V		100	200	ns
		VDD= 10V		50	100	ns
		VDD= 15V		40	80	ns
twl, twh	Duración min. del pulso de reloj	VDD= 5V		120	280	ns
		VDD= 10V		50	120	ns
		VDD= 15V		35	85	ns
trcl, tfcl	Transición max. del pulso de reloj	VDD= 5V	15			µs
		VDD= 10V	15			µs
		VDD= 15V	15			µs
fcl	Frecuencia max. del reloj	VDD= 5V	1.5	2.9		MHz
		VDD= 10V	3	7.7		MHz
		VDD= 15V	4	11		MHz
twpe	Duración min. del pulso de activación de fijación directa	VDD= 5V		120	280	ns
		VDD= 10V		50	120	ns
		VDD= 15V		35	85	ns
twmr	Duración min. del pulso de restauración	VDD= 5V		160	350	ns
		VDD= 10V		75	180	ns
		VDD= 15V		50	120	ns
cin	Promedio de capacitancia de entrada			5	7.5	pf

CI 4522

CONTADOR REGRESIVO PROGRAMABLE POR DECADA

DIAGRAMA INTERNO



## APENDICE C

### CALCULO DE LA EXACTITUD Y PRECISION DEL TEMPORIZADOR

Los valores de la exactitud y precisión de un temporizador son de suma importancia. Es mediante estos valores que uno se puede dar cuenta de la calidad del dispositivo. Así, el propósito de este apéndice es presentar al lector la forma en la que se calculó la exactitud y la precisión del dispositivo, a forma de poder justificar los valores obtenidos.

Recordando las definiciones que se dieron en la sección 2.2.4. del capítulo dos, se puede establecer que la exactitud está dada por la razón de la desviación máxima a la respuesta perfecta dividida entre la respuesta perfecta. Es decir:

$$\text{EXACTITUD} = \frac{\text{DESVIACION MAX.}}{\text{RESPUESTA PERFECTA}} \cdot 100$$

en donde la desviación máxima es la diferencia entre la respuesta perfecta y la lectura más lejana a ésta. Nótese como la ecuación se multiplica por cien para obtener un valor en por ciento.

De la misma manera se puede establecer que la precisión está dada por la razón de la desviación máxima del promedio de lecturas dividida entre la respuesta perfecta. Es decir:

$$\text{PRECISION} = \frac{\text{DESVIACION MAX. PROMEDIO}}{\text{RESPUESTA PERFECTA}} \cdot 100$$

en donde la desviación máxima del promedio es la diferencia entre el valor promedio de todas las lecturas y la lectura más lejana a este valor. Al igual que en el caso anterior, la ecuación es multiplicada por cien de forma que el valor final obtenido sea un porcentaje.

En cuanto al dispositivo empleado para realizar todas las mediciones de tiempo se debe aclarar que se utilizó un contador universal marca Hewlett Packard modelo 5315A. Para realizar las mediciones se mandaron las señales de excitación y de salida del temporizador a las entradas del contador universal, y el contador universal registró la cantidad de segundos que transcurrieron en el intervalo de tiempo comprendido entre estas dos señales. Este procedimiento se repitió varias veces para cada uno de los temporizadores del prototipo, y para cada una de sus escalas de tiempo.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las diferentes mediciones de tiempo.

TIEMPO PROGRAMADO = 99.9 SEG.

TEMPORIZADOR A:

99.9021 SEG.  
99.8956 "  
99.9087 "  
99.8999 "  
99.9085 "

PROMEDIO = 99.903 SEG.

$$\text{EXACTITUD} = \frac{99.8956 - 99.9}{99.9} \cdot 100 = 0.004\%$$

$$\text{PRECISION} = \frac{99.8956 - 99.903}{99.9} \cdot 100 = 0.007\%$$

TEMPORIZADOR B:

99.8972 SEG.  
99.9012 "  
99.8965 "  
99.8996 "  
99.8959 "

PROMEDIO = 99.898 SEG.

$$\text{EXACTITUD} = \frac{99.8959 - 99.9}{99.9} \cdot 100 = 0.004\%$$

$$\text{PRECISION} = \frac{99.9012 - 99.898}{99.9} \cdot 100 = 0.003\%$$

TIEMPO PROGRAMADO = 999 SEG.

TEMPORIZADOR A:

999.030 SEG.

999.091 "

998.962 "

PROMEDIO = 999.027 SEG.

$$\text{EXACTITUD} = \frac{998.962 - 999}{999} 100 = 0.004\%$$

$$\text{PRECISION} = \frac{998.962 - 999.027}{99.9} 100 = 0.007\%$$

TEMPORIZADOR B:

999.016 SEG.

998.986 "

999.031 "

PROMEDIO = 999.011 SEG.

$$\text{EXACTITUD} = \frac{999.986 - 999}{999} 100 = 0.001\%$$

$$\text{PRECISION} = \frac{998.986 - 999.011}{999} 100 = 0.003\%$$

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Hill, Frederick J. / Peterson, Gerald R.  
INTRODUCTION TO SWITCHING THEORY & LOGICAL DESIGN  
2a Edición; Impreso en E.E.U.U.; John Wiley & Sons, Inc.;  
1974.
- 2) Hill, Winfield / Horowitz, Paul  
THE ART OF ELECTRONICS  
1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Cambridge University Press;  
1985.
- 3) Mandado, Enrique  
SISTEMAS ELECTRONICOS DIGITALES  
4a Edición; Impreso en España; Marcombo Boixareu Editores;  
1981.
- 4) Tocci, Roland J.  
DIGITAL SYSTEMS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS  
2a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Prentice-Hall, Inc.; 1985.
- 5) Carr, Joseph J.  
IC TIMER HANDBOOK  
1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Tab Books, Inc.; 1981.
- 6) Schilling, Donald L. / Belove, Charles  
ELECTRONIC CIRCUITS: DISCRETE AND INTEGRATED  
2a Edición; Impreso en E.E.U.U.; McGraw-Hill Book, Co.;  
1981.
- 7) Skilling, Hugh H.  
CIRCUITOS EN INGENIERIA ELECTRONICA  
1a Edición; Impreso en México; C.E.C.S.A.; 1981.

- 8) Holman, J. F.  
**MÉTODOS EXPERIMENTALES PARA INGENIEROS**  
 1a Edición; Impreso en México; McGraw-Hill Book, Co.; 1981.
- 9) Cooper, William David  
**INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y MEDICIONES**  
 2a Edición; Impreso en España; Editorial Dossat; 1982.
- 10) Walter, D. J.  
**INTEGRATED CIRCUIT SYSTEMS**  
 1a Edición; Impreso en Inglaterra; London Iliffe Books;  
 1971.
- 11) Lenk, John D.  
**MANUAL DE CIRCUITOS DE LOGICA**  
 1a Edición; Impreso en México; Editorial Diana; 1975.
- 12) Alley, Charles L. / Atwood, Kenneth W.  
**ELECTRONIC ENGINEERING**  
 3a Edición; Impreso en E.E.U.U.; John Wiley & Sons, Inc.;  
 1973.
- 13) Ankrum, Paul D.  
**SEMICONDUCTOR ELECTRONICS**  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Prentice-Hall, Inc.; 1971.
- 14) Boylestad, Robert L. / Nashelsky, Louis  
**ELECTRICITY, ELECTRONICS, AND ELECTROMAGNETICS; PRINCIPLES  
 AND APPLICATIONS**  
 2a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Prentice-Hall, Inc.; 1983.
- 15) Fitzgerald, Arthur E. / Higginbotham, David E. / Grabel,  
 Arvin  
**BASIC ELECTRICAL ENGINEERING; CIRCUITS, ELECTRONICS,  
 MACHINES, CONTROL**  
 5a Edición; Impreso en E.E.U.U.; McGraw-Hill Book, Co.;  
 1967.
- 16) Forteza, F. Bonnin  
**FUENTES DE ALIMENTACION REGULADAS ELECTRONICAMENTE**  
 1a Edición; Impreso en España; Marcombo Boixareu Editores;  
 1980.

- 17) Hughes, Edward  
ELECTRICAL TECHNOLOGY  
 5a Edición; Impreso en Inglaterra; Longman Books; 1977.
- 18) Lurch, E. Norman  
FUNDAMENTOS DE ELECTRONICA  
 1a Edición; Impreso en México; C.E.C.S.A.; 1979.
- 19) Olsen, G. H.  
ELECTRONICS: A COURSE BOOK FOR STUDENTS  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Newnes-Butterworths; 1973.
- 20) Ryder, John Douglas / Thomson, Charles M.  
ELECTRONIC SYSTEMS  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Prentice-Hall, Inc.; 1976.
- 21) Schuler, Charles A.  
ELECTRONICS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; McGraw-Hill Book. Co.; 1979.
- 22) Simpson, Robert E.  
INTRODUCTORY ELECTRONICS FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Allyn and Bacon; 1974.
- 23) Uman, Myron F.  
INTRODUCTION TO THE PHYSICS OF ELECTRONICS  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Prentice-Hall, Inc.; 1974.
- 24) Cooper, William David / Helfrick, Albert D.  
ELECTRONIC INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNIQUES  
 3a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Prentice-Hall, Inc.; 1985.
- 25) Mandl, Mathew  
HANDBOOK OF ELECTRONIC TESTING, MEASUREMENT, AND TROUBLESHOOTING  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; Reston, Inc.; 1976.

- 26) Hall, Douglas  
**MICROPROCESSORS AND DIGITAL SYSTEMS**  
 2a Edición; Impreso en E.E.U.U.; McGraw-Hill Book. Co.;  
 1983.
- 27) Motil, John M.  
**DIGITAL SYSTEMS FUNDAMENTALS**  
 1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; McGraw-Hill Book. Co.;  
 1972.
- 28) Potton, Alan  
**AN INTRODUCTION TO DIGITAL LOGIC**  
 1a Edición; Impreso en Inglaterra; Macmillan; 1973.
- 29) Malvino, Albert Paul  
**PRINCIPIOS DE ELECTRONICA**  
 2a Edición; Impreso en México; McGraw-Hill Book. Co.; 1982.
- 30) Altland, George  
**HIDRAULICA PRACTICA**  
 Impreso en México; Sperry Rand Mexicana, S.A.
- 31) Sociedad de la Industria de los Plásticos  
**MOLDEO POR INYECCION**  
 Impreso en México; Sociedad de la Industria de los  
 Plásticos; 1975.
- 32) Reed-Prentice Division  
**SCREW INJECTION MOLDING MACHINE MAINTENANCE MANUAL**  
 Impreso en E.E.U.U.; Package Machinery, Co.
- 33) Reed-Prentice Division  
**SEMINARIO TECNICO SOBRE INECTORAS**  
 Impreso en E.E.U.U.; Package Machinery, Co.
- 34) General Electric, Co.  
**INSTRUCTIONS FOR PM 1000 CONTROL FOR PLASTIC PROCESSING  
 MACHINES**  
 Impreso en E.E.U.U.; General Electric, Co.

- 35) Industrias Romi, S.A.  
MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA INYECTORA DE PLASTICOS  
Impreso en Brazil; Industrias Romi, S.A.
- 36) National Semiconductor Corporation  
CMOS DELTAPOOL  
Impreso en E.E.U.U.; National Semiconductor Corporation;  
1981.
- 37) Matthys, Robert J.  
CRYSTAL OSCILLATOR CIRCUITS  
1a Edición; Impreso en E.E.U.U.; John Wiley & Sons, Inc.;  
1983.