

Descargue **GRATIS** 1 CD y 1 VCD: de **Electrónica Digital**

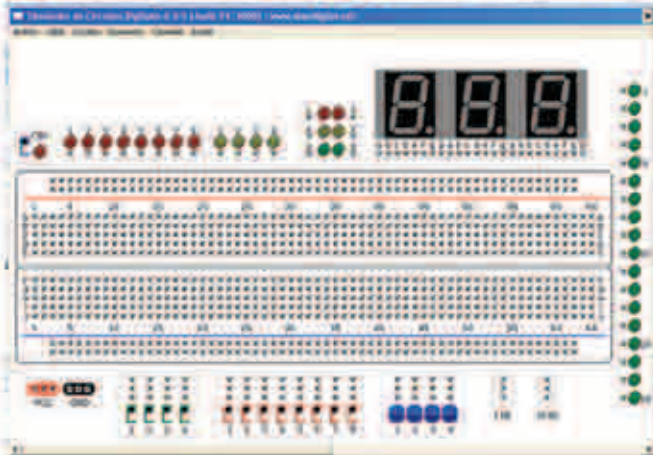
Nº DE COLECCIÓN 89 - Rep. Argentina: \$19 - México: \$49M/N - Otros Países: US\$ 6

Club **SABER.** **ELECTRÓNICA**

Electrónica DIGITAL

Prácticas y Simulación por Computadora

Muy Fácil



CENTRO JAPONES

www.centrojapones.com.mx



\$600.00

AUT-01 PROBADOR DE BOBINAS AUTOMOTRICES



\$595.00

ELM327P INTERFACE OBDII PLASTICA



\$2330.00

MB880 ESCANER OBDII

\$680.00

ELM327M INTERFACE OBDII METALICA



\$790.00

ELM327B INTERFACE OBDII BLUETHOOT



\$790.00

CAS804 ESCANER PORTATIL OBDII



\$800.00

AUT-02 PROBADOR DE VALVULAS IAC

Editorial

Director

Ing. Horacio D. Vallejo

Producción

José María Nieves (Grupo Quark SRL)

Selección y Recopilación de esta Obra:

Ing. Horacio Daniel Vallejo

hvquark@webelectronica.com.ar

SOBRE APORTES DEL CLUB SE, MONOGRAFÍAS Y PROGRAMAS DE PROFESIONALES

Coordinación:

Ing. Federico Prado

EDITORIAL QUARK S.R.L.

Propietaria de los derechos en castellano de la publicación mensual **SABER ELECTRÓNICA** - San Ricardo 2072 (1273) - Capital Federal - Buenos Aires - Argentina - T.E. 4301-8804

Administración y Negocios

Teresa C. Jara (Grupo Quark SRL)

Patricia Rivero Rivero (SISA SA de CV)

Margarita Rivero Rivero (SISA SA de CV)

Staff

Liliana Teresa Vallejo

Mariela Vallejo

Diego Vallejo

Luis Alberto Castro Regalado (SISA SA de CV)

José Luis Paredes Flores (SISA SA de CV)

Sistemas: Paula Mariana Vidal

Red y Computadoras: Raúl Romero

Video y Animaciones: Fernando Fernández

Legales: Fernando Flores

Contaduría: Fernando Ducach

Técnica y Desarrollo de Prototipos:

Alfredo Armando Flores

Atención al Cliente

Alejandro Vallejo

ateclien@webelectronica.com.ar

Internet: www.webelectronica.com.mx

Publicidad:

Rafael Morales

rafamorales@webelectronica.com.ar

Club SE:

Grupo Quark SRL

luisleguizamon@webelectronica.com.ar

Editorial Quark SRL

San Ricardo 2072 (1273) - Capital Federal

www.webelectronica.com.ar

La Editorial no se responsabiliza por el contenido de las notas firmadas. Todos los productos o marcas que se mencionan son a los efectos de prestar un servicio al lector, y no entrañan responsabilidad de nuestra parte. Está prohibida la reproducción total o parcial del material contenido en esta revista, así como la industrialización y/o comercialización de los aparatos o ideas que aparecen en los mencionados textos, bajo pena de sanciones legales, salvo mediante autorización por escrito de la Editorial.

Impresión: Talleres Babieca - México

Del Editor al Lector

El primer circuito que recuerdo haber armado, a comienzos de los 70 del siglo pasado (que viejo que suena eso...) fue un oscilador con compuertas TTL para hacer titilar a un par de Leds que había colocado en un carro controlado con un par de perillas y un potenciómetro por medio de cables... con 12 años recién cumplidos creo que ni siquiera sabía que era un control remoto y menos una compuerta lógica, simplemente había copiado un esquemático que había aparecido en una revista de historietas llamada Lupin que en cada número incluía una sección de circuitos con semiconductores.

Esa revista "me marcó" a tal punto que a partir de su lectura siempre traté de "intercalar" el entretenimiento con el aprendizaje.

El estudio de la electrónica digital facilita el "aprendizaje" de la electrónica analógica y, a su vez, se puede aprender mientras uno practica. Es muy fácil establecer cómo funciona una compuerta lógica manipulando sus entradas para ver qué ocurre con una salida o cómo comprobar las leyes fundamentales por medio de circuitos fáciles de armar. Además, un circuito integrado digital es casi tan barato como un transistor común, lo que implica que si por error uno daña un componente, no va a perder mucho dinero.

Desde que comencé a escribir libros de electrónica, hace más de 25 años, llevo editados 6 libros de electrónica digital y 3 cursos... obviamente todos ellos contienen los mismos conceptos ya que la electrónica digital es una sola, 4 son muy básicos, el quinto es sobre proyectos y el restante posee un amplio contenido matemático, ya que está dirigido a estudiantes de ingeniería.

Es por ello que al escribir este texto pensé en que debía ser una obra netamente práctica, fácil de comprender y didáctica a la hora de tener que proponer prácticas. Me basé en escritos de lectores, monografías de estudiante y programas de simulación diseñados por profesionales, pero en todos los casos la premisa fue: "que resulte fácil".

iHasta el mes próximo!

SOBRE LOS 2 CDs Y SU DESCARGA

Ud. podrá descargar de nuestra web 1 CD: "**Curso de Electrónica Digital**" y 1 VCD "**Constructor Virtual y Simulador de Circuitos Digitales con Chips TTL**" que contienen Cursos, Videos, Tutoriales, Guías de Reparación y Proyectos, etc. Todos los CDs son productos multimedia completos con un costo de mercado equivalente a 8 dólares americanos cada uno y Ud. los puede descargar GRATIS con su número de serie por ser comprador de este libro.

Para realizar la descarga deberá ingresar a nuestra web: www.webelectronica.com.mx, tendrá que hacer clic en el ícono password e ingresar la clave "STDCLUB89". Tenga este texto cerca suyo ya que se le hará una pregunta aleatoria sobre el contenido para que pueda iniciar la descarga.

Sumario

ELECTRÓNICA DIGITAL MUY FÁCIL

SUMARIO

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA ELECTRÓNICA DIGITAL 3

Introducción	4
Lógica Positiva	4
Lógica Negativa	4
Compuertas Lógicas	4
Compuerta NO ó NOT	4
Compuerta AND	6
Compuerta OR	6
Compuerta OR-EX ó XOR	6
Compuertas Lógicas Combinadas	6
Compuerta NAND	6
Compuerta NOR	6
Compuerta NOR-EX	8
Buffers	8
Un Poco de Leyes	9
Leyes de De Morgan	9
1º Ley de De Morgan	10
2º Ley de De Morgan	10
Mapas de Karnaugh	11
Osciladores, Multivibradores y Circuitos Astables	13
Circuitos Biestables o Flip-Flop (FF)	14
Circuitos Monoestables	14
Oscilador Astable Simétrico con Compuertas NOT	14
Oscilador Simétrico con compuertas NAND y NOR	14
Disparadores Schmitt Trigger	15
Oscilador a Cristal	15
Osciladores Controlados	16
Modulación por Ancho de Pulso	16
Modulación por Ancho de Pulso Conmutado	16
Demodulación de Señales	17
Doblador de Frecuencia	17
Circuitos Monoestables	17
Cerradura con Teclado Electrónico	18
Circuitos Biestables	19
Flip-Flop Básico RS	19
Flip-Flop RS - Controlado por un Pulso de Reloj	20
Flip-Flop D	20
Flip-Flop Master-Slave	21
Flip-Flop JK	21

CAPÍTULO 2

ELECCIÓN DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES:

FAMILIAS LÓGICAS 23

Introducción	24
Familias Lógicas	24
Familia RTL (Resistor Transistor Logic)	24
Familia DTL (Diode Transistor Logic)	24
Familia TTL (Transistor Transistor Logic)	25
TTL con Salida a Colector Abierto	26
TTL de Tres Estados (Thre State)	27
Compuerta AND TTL	28
TTL de Baja Potencia (Low power TTL, serie 54L/74L)	29
TTL de Alta Velocidad	29
TTL Schottky	29
TTL Schottky de Baja Potencia	29
Familia HTL	29
Familia ECL (Lógica Acoplada por Emisor)	29
Familia CMOS	30
Simbología y Parámetros Usuales para Identificar a los Circuitos Integrados Digitales	32
Encapsulados Utilizados en los Circuitos Integrados Digitales	33
Nomenclatura Utilizada por los Fabricantes	34
Ventajas de los Circuitos Integrados Digitales	35
Algunas Definiciones	35
SSI (Small Scale Integration)	36
MSI (Medium Scale Integration)	36
LSI (Large Scale Integration)	36
VLSI (Very Large Scale Integration)	36
Fan-out (Cargabilidad de salida Fo)	36
Fan-in (Cargabilidad de entrada Fi)	36
Niveles Lógicos	36
Margen de Ruido	36

CAPÍTULO 3

PRÁCTICA CON CIRCUITOS DIGITALES:

ENTORNO DE DESARROLLO Y PLACA DE ENTRENAMIENTO 37

Introducción	38
Trabajando con el Protoboard	39
Construcción de Prototipos	39
Ejemplos	41

Placa de Entrenamiento para

Electrónica Digital	43
Primero Aprenda a Simular	44
El Circuito de la Placa Entrenadora	45
Nuestras Primeras Prácticas	48

CAPÍTULO 4

SIMULADOR DE CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS

DIGITALES CON ESCENARIOS VIRTUALES Y

TUTORIALES INTERACTIVOS 49

Introducción	50
Ventajas del Programa	50
Limitaciones	50
Problemas Detectados	50
El Módulo Digital	50
Edición de Circuitos	51
Menús del Programa	51
Modelos de Circuitos Integrados Estándares	52
Modelos de Circuitos Integrados de Aplicación Específica	54
Ejemplos de Circuitos, Escenarios y Tutoriales	57
Cómo se Usa el Simulador de Construcción de Circuitos Digitales	59
Descripción General	60
El Protoboard	60
Conexiones con Cables	61
Fuente DC	62
Tableros de Interruptores y Leds	62
Tablero de Pulsadores	63
Visualizadores de Siete Segmentos	63
Tablero de Temporizadores	63
Tutorial de Lógica Programable (PLA)	64
Circuitos Integrados TTL	64
Ejemplos de Circuitos	65

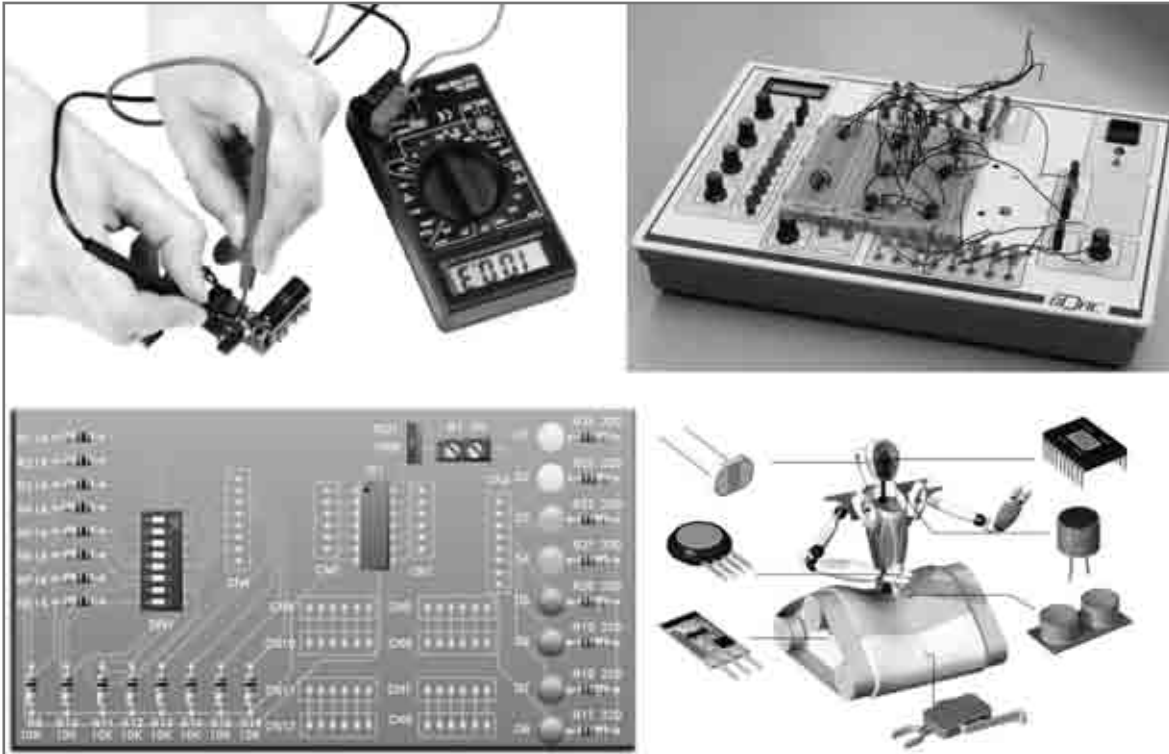
CAPÍTULO 5

CIRCUITOS INTEGRADOS DE FUNCIONES ESPECIALES

CIRCUITOS COMBINACIONALES 71

Introducción	72
Codificadores	72
Decodificadores	74
Multiplexores	75
Demultiplexores	77

CAPÍTULO 1



INTRODUCCIÓN A LA ELECTRÓNICA DIGITAL

Entre las actividades que desarrolla el Club Saber Electrónica durante este año, se encuentra un "Taller Práctico de Técnicas Digitales", evento que se está dictando en diferentes ciudades de 11 países e América Latina, por profesores avalados por el Club SE, que sirve como base para explicar proyectos que empleen las denominadas "energías limpias". Para dichos talleres, de 8 horas de duración, en los que los asistentes realizan prácticas con un entrenador que publicamos en este libro, se ha preparado una introducción teórica que explica los fundamentos de la electrónica Digital. Aclaramos que tanto el tomo N°1 como el N° 46 de la colección Club SE están dedicados a las técnicas digitales, sin embargo, decidimos realizar un nuevo trabajo en base al tutorial de Luis Rueda (www.r-luis.xbof.es), reconocido por el Grupo de ABCdatos.com, por considerar que nuestros lectores merecen tener otro enfoque, netamente práctico. Como dato adicional, queremos comentarles que este capítulo es introductorio y que Ud. puede descargar gratuitamente los dos libros del Club SE en formato pdf desde nuestra web: www.webelectronica.com.mx, haciendo clic en el ícono password e ingresando la clave: "eledigi300".

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

La electrónica digital es una asignatura que estudia las señales eléctricas, pero en este caso son señales discretas, es decir, están bien identificadas, razón por la cual a un determinado nivel de tensión se lo llama estado alto (High) o "Uno lógico"; y a otro, estado bajo (Low) o "Cero lógico".

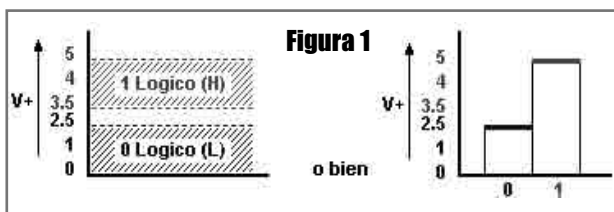
Supongamos que las señales eléctricas con que trabaja un sistema digital son 0V y 5V. Parece obvio que 5V será el estado alto o "1" lógico, pero deberemos tener en cuenta que existe la Lógica Positiva y la Lógica Negativa, veamos cada una de ellas.

Lógica Positiva

En esta notación al "1" lógico le corresponde el nivel más alto de tensión (positivo, si quieres llamarlo así) y al "0" lógico el nivel más bajo (que bien podría ser negativo), pero:

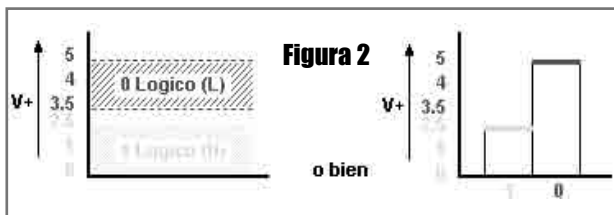
¿Qué ocurre cuando la señal no está bien definida?

Deberemos conocer cuáles son los límites para cada tipo de señal (conocido como tensión de histéresis), en el gráfico de la figura 1 se puede ver con mayor claridad cada estado lógico y su nivel de tensión.

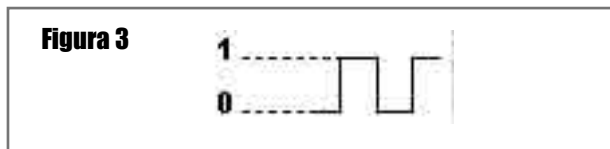


Lógica Negativa

Aquí ocurre todo lo contrario, es decir, se representa al estado "1" con los niveles más bajos de tensión y al "0" con los niveles más altos, tal como queda expresado en la figura 2.



Por lo general se suele trabajar con lógica positiva, y así lo haremos en este manual, la forma más sencilla de representar estos estados es como se puede ver en el gráfico de la figura 3.



COMPUERTAS LÓGICAS

Las compuertas lógicas son dispositivos que operan con aquellos estados lógicos mencionados anteriormente y funcionan igual que una calculadora: "de un lado ingresa los datos, la compuerta realiza una operación y, finalmente, muestra el resultado en una salida, figura 4.



A cada una de las compuertas lógicas se las representa mediante un símbolo, y la operación que realiza (operación lógica) se corresponde con una tabla, llamada Tabla de Verdad. Veamos a continuación cuáles son las compuertas lógicas más relevantes:

Compuerta NO ó NOT

Se trata de un inversor, es decir, invierte el dato de entrada, por ejemplo; si ponemos su entrada a 1 (nivel alto) obtendremos en su salida un 0 (o nivel bajo), y viceversa. Esta compuerta dispone de una sola entrada. Su operación lógica es:

$$s = \bar{a}$$

Aclaración:

La rayita encima de la "a" indica que se trata de su valor negado, es decir, cada vez que queremos indicar el valor inverso de una variable y/o función, se coloca encima una rayita.

¿Con qué podemos probar un bobinado de TV?



Además de medir capacitores en circuito, el **CAPACheck MICTRON** tiene la habilidad de diferenciar perfectamente un bobinado sano de uno en cortocircuito, cuando es aplicado al primario de flybacks y transformadores chopper de las fuentes conmutadas. Mediante un led verde indica **BOBINADO BUENO** y con uno rojo, **CORTOCIRCUITO**. Es bueno contar con esta característica, ya que usando un tester común para medir bobinados se puede llegar a conclusiones inexactas. Lamentablemente, **CAPACheck** no es capaz de detectar si sólo una sola espira está en corto en un flyback, y no sirve para medir yugos y otros bobinados, pero por suerte contamos con otra herramienta...

¿Con qué analizar TODOS los bobinados de TV?

El **Analizador de Bobinados de TV** detecta bobinados en cortocircuito, aun cuando tengan tan sólo una espira en corto, como puede verse en el video de la pág. www.creatronica.com.ar/analizador.htm Se aplica en flybacks, transformadores chopper y driver, yugos H y V, y hasta rotores de motores de máq. eléctricas. Una herramienta electrónica de bajo costo y muy fácil de operar.

Midiendo un yugo



Midiendo un flyback en chasis



Y para analizar a full un flyback, tenemos el...

VERIFLYBACK Probador dinámico de flybacks

- Instrumento exclusivo para analizar flybacks
- Analiza a 15 kHz en modo TV y a 32 kHz en modo Monitor
- Mide la MAT que tendría el flyback en el conector de alto voltaje si fuera un chasis real
- Comprueba la corriente de primario y la existencia de pulsos espúreos durante en ciclo horizontal, todos indicadores de anomalías
- Presenta sus diagnósticos en pantalla



¿Qué más necesitas?

Generadores de señal, probadores de componentes, programadores de memorias EEPROM, etc. Encuentra esto y mucho más en www.creatronica.com.ar

CREATRONICA

Las herramientas electrónicas del serviceman

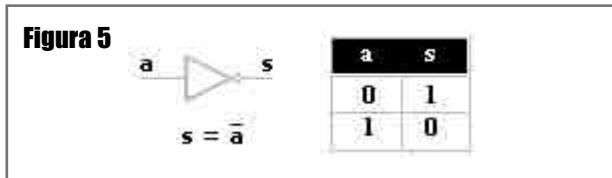
E-mail: correo@creatronica.com.ar
Web: www.creatronica.com.ar
MSN: creatronica@yahoo.com

Cayastá 3350
Buenos Aires
ARGENTINA

Tel./Fax: (+54-011) 4302-1098
Atendemos de Lunes a Viernes
de 9 a 13 y de 14 a 18 hs.

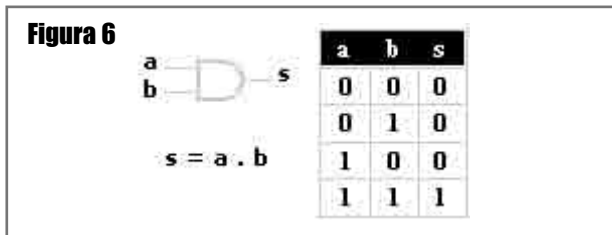
Capítulo 1

En la figura 5 se grafica su símbolo y tabla de verdad.



Compuerta AND

Una compuerta AND tiene dos entradas como mínimo y su operación lógica es un producto entre ambas, no es un producto aritmético, aunque en este caso coincidan. Vea en la figura 6 el símbolo de la compuerta AND y cuál es su tabla de verdad.



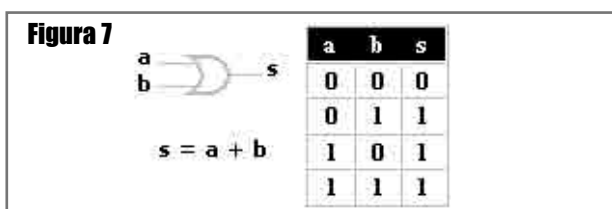
"Observamos que su salida será alta si sus dos entradas están a nivel alto"

Compuerta OR

Esta compuerta también posee dos entradas como mínimo y la operación lógica, será una suma entre ambas. He aquí una de las principales definiciones que debemos razonar: "estamos acostumbrados a sumar números decimales, sabiendo que el sistema decimal posee 10 símbolos (del 0 al 9); ahora debemos aprender a sumar con un sistema que posee sólo dos símbolos (0 y 1) por lo cual cuando sumamos: (1 + 1), el resultado será "10" y si la compuerta tiene una sola salida, se verá únicamente el dígito menos significativo, es decir, el "0".

La compuerta OR es O Inclusiva, es decir, "a y/o b".

Vea en la figura 7 el símbolo de la compuerta OR y cuál es su tabla de verdad.



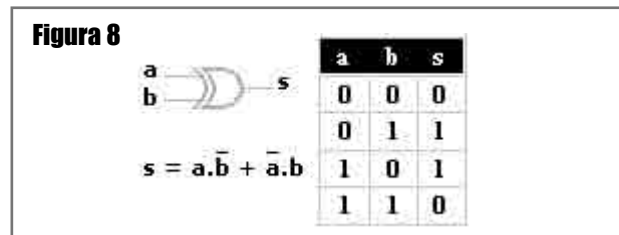
"Basta con que una de las entradas sea 1 para que su salida sea también 1"

Compuerta OR-EX o XOR

En realidad deberíamos llamarla OR Exclusiva, tiene dos entradas y realiza la siguiente operación aritmética:

$$s = \bar{a} \cdot b + a \cdot \bar{b}$$

Vea en la figura 8 el símbolo de la compuerta XOR y cuál es su tabla de verdad.



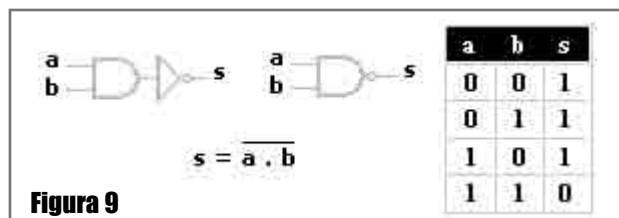
"Al ser O Exclusiva su salida será 1 si una y sólo una de sus entradas es 1"

COMPUERTAS LÓGICAS COMBINADAS

Al agregar una compuerta NOT a cada una de las compuertas anteriores, los resultados de sus respectivas tablas de verdad se invierten, y dan origen a tres nuevas compuertas llamadas NAND, NOR y NOR-EX. Veamos ahora cómo son y cuál es el símbolo que las representa.

Compuerta NAND

Responde a la inversión del producto lógico de sus entradas, en su representación simbólica se reemplaza la compuerta NOT por un círculo a la salida de la compuerta AND, figura 9.



Compuerta NOR

El resultado que se obtiene a la salida de esta com-

MARKET PLACE

Mercado Electrónico



Benavides Suplidores C.A.
Suministros de Equipos Electricos y Electrónica en General



MiniRobot
Tienda de electrónica en línea
www.minirobot.com.mx

SERVICIO TECNICO A CELULARES 3G
5 CDs + 40 Videos (en 1 DVD) + 2 Libros + 6 Revistas
1 Caja de Liberación para Cables USB - RS232
PRECIO REAL: \$1,240.00.
PRECIO PROMOCIONAL: \$580.00

ELECTRÓNICA **CLUB SE** **SABER**
Tel: 01 (55) 5839 5277
ventas@saberinternacional.com.mx

Electrónica ALAN
EL MUNDO DE LAS BANDAS
REPUBLICA DEL SALVADOR
17 LOCAL 1
17 LOCAL 2
23 LOCAL 1
001 CENTRO, MEXICO D.F.

luisalato@hotmail.com
LUIS ALATRISTE
TEL: 9118-7254 5512-9343
NEXTEL ID 52105213



VENTA DE CIRCUITOS INTEGRADOS, FILTROS DIODOS, CONDENSADORES, BOCINAS
TODO LO REFERENTE A LA ELECTRONICA

Contacto:
Silvia Pineda
01 65+ 57927239 - 045+ 55 34565714
next 43303680 - ID 921029878
E-mail spseg@hotmail.com



Cursos de Robótica, Electricidad y Electrónica
Calle J Num. 74 Col. Alamos Popular Revolucionaria
enico@eliconsystems.com.mx
(55) 1107-6990, (55) 4151-4107, (55) 4151-3110

¿Preguntas por nuestras promociones en la presentación de este cupón?

Si el diagrama que está buscando no lo tenemos es porque NO EXISTE

DIAGRAMAS MESONES
Venta de diagramas de audio y video Nacionales y de Importación
SONY CASIO SAMSUNG SONY CASIO SAMSUNG

Tel.: 5709-1314
Mesones No. 8 Local 1 entre Balmes y Aldama Col. Centro C.R. 90080



Cursos de Electrónica De Colombia para el Mundo

www.bushers.com

CENTRO JAPONES

Encuentras todos los productos de "SABER ELECTRONICA" y "ELECTRONICA Y SERVICIO"
Presentando este cupon recibiras una revista Saber Electronica Edicion Internacional.

Tel: (55) 5510-8602
República del salvador No.26 Local 1 Col. Centro, México D.F.
ventas@centrojapones.com.mx / www.centrojapones.com.mx



Especialistas en LEDs y componentes electrónicos para fabricar semáforos, lámparas de emergencia y alumbrado arquitectónico

Electrónica Myls Tech C.A.
Avenida Francisco de Miranda, Edificio "Puerta del Este", Piso 23, Oficina 236, La California Norte, Caracas, DC 1071, Venezuela Teléfonos: (+58) (424) 1542058
www.mylstech.com.ve


Avialita Soluciones Prácticas...!
Electrónica

Plata Agua en revista Saber Electrónica

Mercado de Todos
Blvd. Díaz Ordaz 1665 - Local 2 Mz. 6 La Mesa, Tijuana, Baja California Norte
Tel. (664) 622 4246 - avialelectronica9@gmail.com



DESARROLLO DE PROYECTOS
DESDE UN PROYECTO O TESIS ESCOLAR HASTA UNA SOLUCION INTEGRAL PARA UNA EMPRESA
icervantes@saberinternacional.com.mx
TEL FAX (01 55) 57-76-34-51
www.conysa.com
Presentando esta revista la ASESORIA es gratis



SEMICONDUCTORES - EQUIPOS - COMPONENTES ELECTRONICOS

- BOURNS
- NTE-ECG
- GREENLEE
- PROGRESSIVE
- LITTON-KESTER
- PROSKIT
- TECHMAN
- B-K
- TMC
- WELLER
- SONY
- FUITSU
- KEYKO
- WOODS
- K & H

ELECTRONICA ESTUDIO.COM
Ingeniería Electrónica y Proyectos PICinterés

Robots Motores
Controles Engranajes
Actuadores Remotos

Un sueño Una idea Una Realidad
HAZ TU DISEÑO AHORA

www.electronicaestudio.com Tel: 55127925

C.C. Los Ruices. Locales 45-46. Mezzanina. Av. Francisco de Miranda
Urb. Los Ruices, Caracas 1071-A. VENEZUELA.
Teléfonos +58 (212) 235.9389 - 237.1970 - Fax (212) 238.4520
e_logibyte@gmail.com - logibyte@cantv.net
www.electronicalogibyte.com



Distribuidor de Componentes Electrónicos Asesorías y proyectos de controles y automatización electrónica

Distribuidor de Productos de Saber Electrónica
Av. Bolivar con calle Venezuela, Unicentro Bolivar planta alta Local 16, Ciudad Ojeda, Estado Zulia, Venezuela.
0416-4609044

Capítulo 1

puerta surge de la inversión de la operación lógica o inclusiva, es como un "no a y/o b". Igual que antes, solo agregamos un círculo a la compuerta OR y ya tienes una NOR, figura 10.

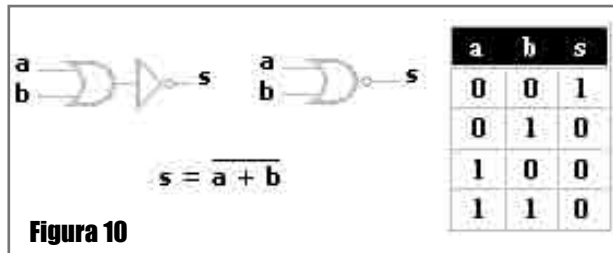


Figura 10

Compuerta NOR-EX

Es simplemente la inversión de la compuerta OR-EX, los resultados se pueden apreciar en la tabla de verdad, que bien podríamos compararla con la anterior y notar la diferencia, el símbolo que la representa se muestra en la figura 11.

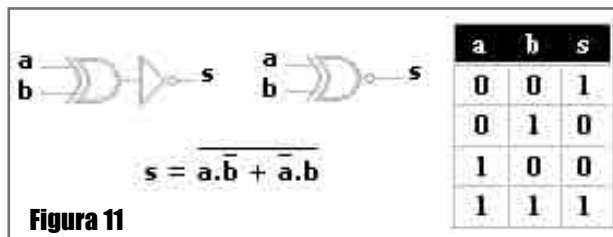


Figura 11

Buffer's

Un buffer es un separador de etapas o circuitos electrónicos, es decir, no realiza ninguna operación lógica, su finalidad es amplificar un poco la señal (o refrescarla si se puede decir) y se emplea cuando las señales lógicas pueden estar degradadas ya sea por atenuaciones o por interferencias.

Como podemos ver en el gráfico de la figura 12, la señal de salida es la misma que la de entrada.

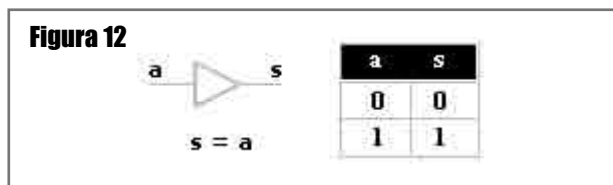


Figura 12

Se lo emplea también para obtener pequeñas demoras o temporizaciones, que es el tiempo de

demora de la compuerta en cambiar el valor de la salida ante el cambio de su entrada.

CIRCUITOS INTEGRADOS Y CIRCUITO DE PRUEBA

Existen varias familias de Circuitos integrados, pero sólo mencionaré dos, los más comunes, que son: **TTL y CMOS.**

Comercialmente, estos Integrados los podemos caracterizar por el número que corresponde a cada familia según su composición. Por ejemplo;

Los TTL se corresponden con la serie 5400, 7400, 74LSXX, 74HCXX, 74HCTXX etc. algunos 3000 y 9000.

Los C-MOS y MOS se corresponde con la serie CD4000, CD4500, MC14000, 54C00 ó 74C00.

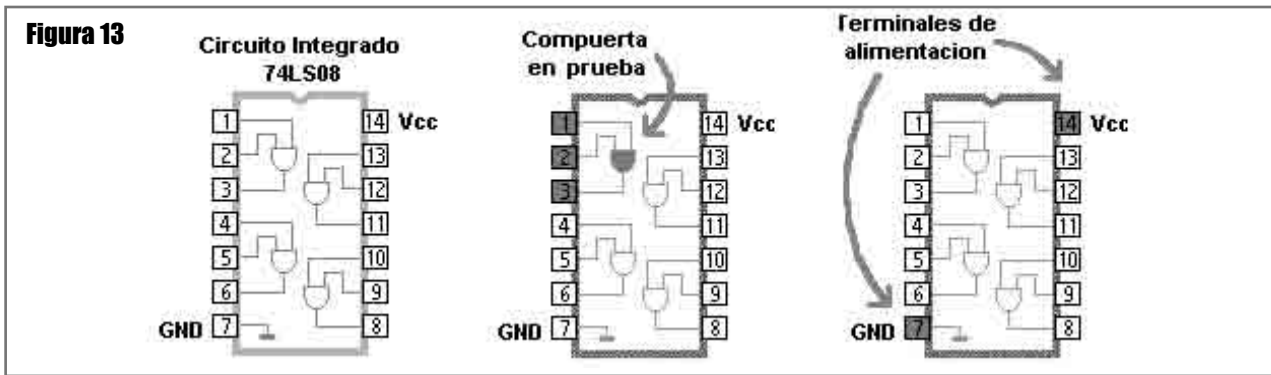
No es objeto de este manual explicar en profundidad cada una de estas familias pero siempre aclaro que para comenzar es más fácil trabajar con compuertas CMOS, ya que aceptan un rango de tensión de alimentación amplio, a diferencia de los integrados TTL que se alimentan solamente con 5V.

Sin embargo, tenemos que destacar que los circuitos integrados TTL son mucho más veloces y poseen mayor inmunidad a interferencias, sobre todo las del tipo electromagnéticas.

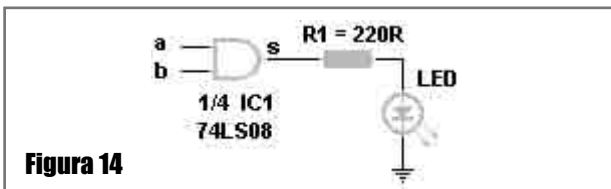
Hay muchas empresas fabricantes de compuertas lógicas pero todas ellas pueden ser reemplazadas por su equivalente. Es un caso similar al uso de una resistencia o un capacitor, en general no nos importa quien los fabrica sino que la banda de colores sea la adecuada (en el caso de las resistencias). Con las compuertas o circuitos integrados en general no interesa quien lo fabrica sino que su matrícula sea la adecuada. Por ejemplo, en la figura 13 observamos un Circuito integrado 74LS08, un componente de familia TTL, es una cuádruple compuerta AND. Es importante que notemos el sentido en que están numerados los pines; ya que esto es general, para todo tipo de integrado.

Comenzaremos con este integrado para verificar el comportamiento de las compuertas vistas anteriormente. El representado en el gráfico de la figura 14

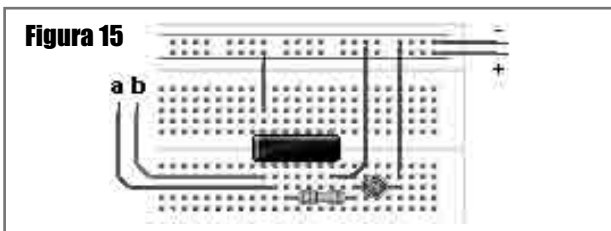
Introducción a la Electrónica Digital



marca una de las compuertas que será puesta a prueba, para ello utilizaremos una fuente regulada de +5V, un LED una resistencia de 220 ohm, y por supuesto el IC que corresponda y la placa de prueba o placa entrenadora (más adelante veremos cómo es físicamente una placa entrenadora).



En el esquema usamos una de las 4 compuertas disponibles en el Integrado 74LS08 (por ello se usa la notación 1/4), los extremos a y b son las entradas que deberemos llevar a un 1 lógico (+5V) ó 0 lógico (GND) y el resultado en la salida s de la compuerta se verá reflejado en el LED, LED encendido (1 lógico) y LED apagado (0 lógico). Más adelante veremos cómo realizar nuestras prácticas en una placa entrenadora, sin embargo, en la figura 15 podemos ver cómo realizar nuestra práctica en un protoboard. Recuerde que debemos conectar los terminales de alimentación que en este caso son el pin 7 a GND y el 14 a +5V.



Debemos armar el circuito y "construir la tabla de verdad" para comprobar que lo que hemos estudiado es correcto.

UN POCO DE LEYES

Recuerde que es muy importante que Ud. realice prácticas para comprobar el funcionamiento de las tres compuertas básicas. La completa interpretación de estos componentes es la base para que pueda seguir estudiando electrónica digital.

Una vez que conoce las compuertas, debemos enunciar cuáles son las leyes básicas de esta asignatura... es como aprender la Ley de Ohm, pero para electrónica digital.

LEYES DE DE MORGAN

Estas leyes permiten "simplificar" el diseño de circuitos electrónicos digitales". Se trata simplemente de estudiar una combinación de compuertas, de tal modo de encontrar una equivalencia entre ellas, esto viene a consecuencia de que en algunos casos no disponemos del integrado que necesitamos, pero si de otros que podrían producir los mismos resultados que estamos buscando. Dicho de otra manera, explican cómo se puede construir una compuerta a partir de la combinación de otras de distinto tipo.

Para interpretar mejor estas leyes, debemos considerar a las señales de entrada como variables y al resultado como una función entre ellas. El símbolo de negación (operador NOT) se representa por medio de una línea colocada encima del símbolo u operación matemática. Por ejemplo:

\bar{A} significa A negada

$\overline{(A+B)}$ significa que el resultado es la inversa de (A+B)

Capítulo 1

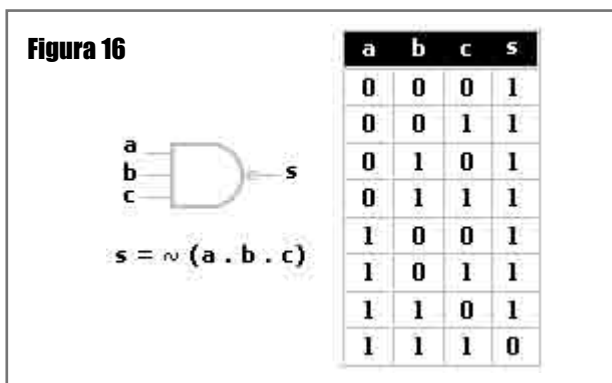
1º Ley de De Morgan

El producto lógico negado de varias variables lógicas es igual a la suma lógica de cada una de dichas variables negadas.

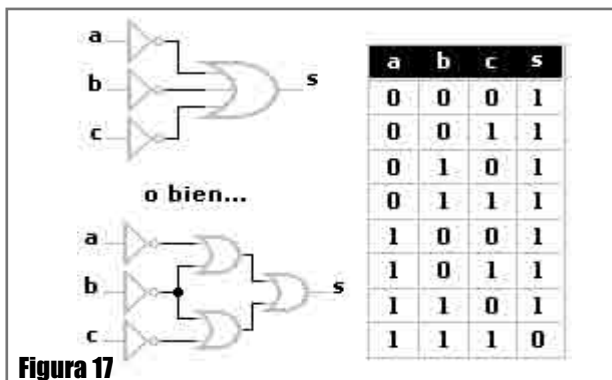
Si tomamos un ejemplo para 3 variables tendríamos:

$$\overline{(a \cdot b \cdot c)} = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c}$$

El primer miembro de esta ecuación equivale a una compuerta NAND de 3 entradas, representada en el gráfico de la figura 16, con su respectiva tabla de verdad.



En la figura 17 tenemos representada la tabla de verdad para el segundo miembro de la ecuación. Mirando la tabla de verdad, deducimos que el segundo miembro de la ecuación se puede obtener de dos formas, usando una compuerta OR de 3 entradas o empleando 3 compuertas OR de 2 entradas.



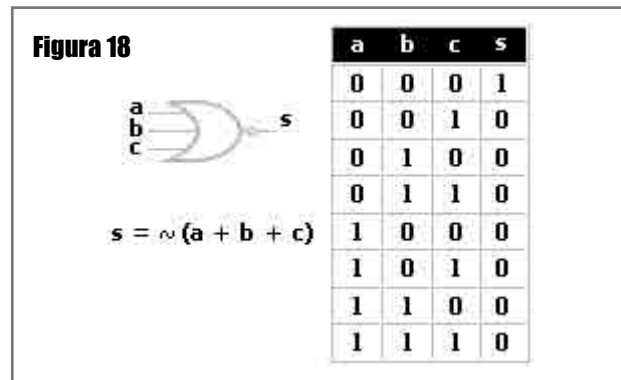
Obviamente, la tabla de verdad para ambos miembros de la ecuación es la misma, ya que los resultados obtenidos son iguales. Acabamos de verificar la primera ley.

2º Ley de De Morgan

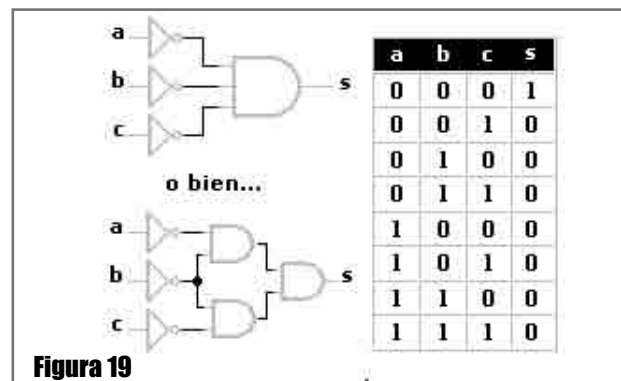
La suma lógica negada de varias variables lógicas es igual al producto de cada una de dichas variables negadas.

$$\overline{(a + b + c)} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$$

En la figura 18 se grafica el primer miembro de esta ecuación, que equivale a una compuerta NOR de 3 entradas, también mostramos su tabla de verdad.



Al segundo miembro de la ecuación se lo puede obtener de diferentes formas, en la figura 19 podemos ver dos de los circuitos combinacionales posibles.



Observamos que la tabla de verdad del segundo miembro de la ecuación es la misma que para el primer miembro. Acabamos así de verificar la segunda ley de De Morgan.

Con la aplicación de estas dos leyes podemos llegar a una gran variedad de conclusiones.

Veamos algunos ejemplos:

Para obtener una compuerta AND de 2 entradas, se

Introducción a la Electrónica Digital

puede utilizar una compuerta NOR con sus entradas negadas, o sea:

$$a \cdot b = \overline{(\overline{a} + \overline{b})}$$

Para obtener una compuerta OR se puede utilizar una compuerta NAND con sus entradas negadas, es decir:

$$a + b = \overline{(\overline{a} \cdot \overline{b})}$$

Para obtener una compuerta NAND podemos emplear una compuerta OR con sus dos entradas negadas, como indica la primera ley de De Morgan:

$$\overline{(a \cdot b)} = \overline{a} + \overline{b}$$

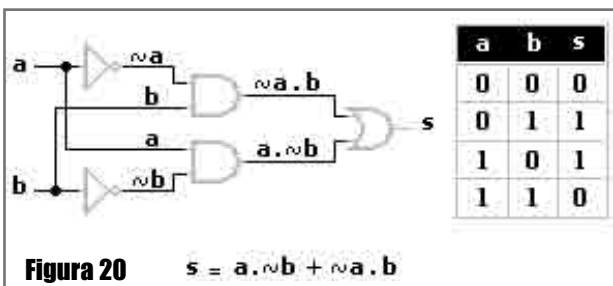
Para obtener una compuerta NOR utilizamos una compuerta AND con sus entradas negadas, ya que eso dice la 2ª ley de De Morgan:

$$\overline{(a + b)} = \overline{a} \cdot \overline{b}$$

La compuerta OR-EX tiene la particularidad de entregar un nivel alto en su salida cuando una y sólo una de sus entradas se encuentra en nivel alto. Su función se puede representar como sigue:

$$s = \overline{a} \cdot b + a \cdot \overline{b}$$

Analizando el segundo miembro de la ecuación, podemos deducir que esta compuerta se puede construir como una combinación de compuertas AND, OR y NOT, tal como sugerimos en la figura 20.



Note en la figura la notación:

(~a), (~b), (~a.b), etc.

El símbolo ~antes de una variable o función cumple la misma función que la rayita encima de dicha variable o función, es decir, indica que esa variable o función está negada.

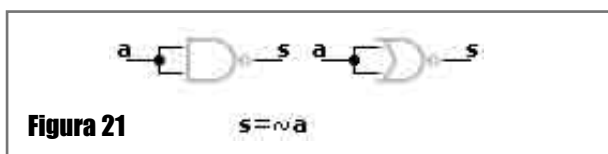
Para obtener una compuerta NOR-EX debemos agregar una compuerta NOT a la salida de la compuerta OR-EX vista anteriormente y su función es:

$$s = \sim(a \cdot \sim b + \sim a \cdot b)$$

De acuerdo a lo dicho anteriormente, esto también lo podemos escribir cómo:

$$s = \overline{(a \cdot \overline{b} + \overline{a} \cdot b)}$$

Para obtener Inversores (NOT) podemos hacer uso de compuertas NOR o compuertas NAND, simplemente uniendo sus entradas, figura 21.



MAPAS DE KARNAUGHT

A estas alturas ya estamos muy familiarizados con las funciones de todos los operadores lógicos y sus tablas de verdad, ahora ¿qué hacemos si disponemos solamente de compuertas con tres entradas (a, b y c) y deseo que los estados altos sólo se den en las combinaciones 0, 2, 4, 5 y 6 (decimal)? ¿cómo combinamos las compuertas? y ¿qué compuertas utilizo?

La respuesta a estas preguntas es la "simplificación de funciones", técnica que emplea los denominados "mapas de Karnaugh", veamos de qué se trata.

Es un método para encontrar la forma más sencilla de representar una función lógica.

Capítulo 1

Esto es, encontrar la función que relaciona todas las variables disponibles, de tal modo que el resultado sea el que se está buscando.

Para esto vamos a aclarar tres conceptos que son fundamentales:

Minitérmino: Es cada una de las combinaciones posibles entre todas las variables disponibles, por ejemplo con 2 variables obtienes 4 minitérminos; con 3 obtienes 8; con 4, 16 etc.

Se puede encontrar la cantidad de minitérminos haciendo la operación 2^n donde n es el número de variables disponibles.

Numeración de un minitérmino: Cada minitérmino es numerado en decimal de acuerdo a la combinación de las variables y su equivalente en binario. En el cuadro de la figura 22 se indica cuál es cada uno de los cuatro minitérminos posibles para dos variables.

Figura 22

a	b	Minit.
0	0	Minit. 0
0	1	Minit. 1
1	0	Minit. 2
1	1	Minit. 3

El Mapa de Karnaugh representa la tabla de verdad de una función a través de una matriz, en la cual en la primer fila y la primer columna se indican las posibles combinaciones de las variables. En la figura 23 tenemos los tres mapas para 2, 3 y 4 variables.

Para 2 Variables

a\b	0	1
0	0	1
1	2	3

Para 3 Variables

a\bc	00	01	11	10
0	0	1	3	2
1	4	5	7	6

Para 4 Variables

ab\cd	00	01	11	10
00	0	1	3	2
01	4	5	7	6
11	12	13	15	14
10	8	9	11	10

Figura 23

Analicemos el mapa para cuatro variables, las dos primeras columnas (columnas adyacentes) difieren sólo en la variable d, y c permanece sin cambio, en la segunda y tercer columna (columnas adyacentes) cambia c, y d permanece sin cambio, ocurre lo mismo en las filas. En general se dice que:

“Dos columnas o filas adyacentes sólo pueden diferir en el estado de una de sus variables”

Según lo dicho anteriormente, la primer columna con la última serían adyacentes, al igual que la primer fila y la última, ya que sólo difieren en una de sus variables.

Valor lógico de un minitérmino: es el que resulta de la operación que se realiza entre las variables. Lógicamente sólo pueden tomar los valores 0 ó 1.

Para construir el mapa de Karnaugh de una función, lo que haremos es colocar el valor de cada minitérmino según la tabla de verdad que estamos buscando. Supongamos la tabla de verdad de la figura 24.

Figura 24

a\bc	00	01	11	10
0	1	1	0	0
1	1	0	0	1

a	b	c	s
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

El siguiente paso, es agrupar los unos adyacentes (horizontal o verticalmente) en grupos de potencias de 2, es decir, en grupos de 2, de 4, de 8 etc. Nos quedaría la configuración de la figura 25.

Figura 25

a\bc	00	01	11	10
0	1	1	0	0
1	1	0	0	1

Introducción a la Electrónica Digital

Para saber por qué están agrupados los números de la fila de abajo, debemos recordar que la primer columna y la última son adyacentes, por lo tanto sus minitérminos también lo son.

De ahora en más a cada grupo de unos se le asigna la unión (producto lógico) de las variables que se mantienen constante (ya sea uno o cero) ignorando aquellas que cambian, tal como se puede ver en la figura 26.



Figura 26

Para terminar, simplemente se realiza la suma lógica entre los términos obtenidos, dando como resultado la función que estamos buscando, es decir:

$$f = (\sim a . \sim b) + (a . \sim c)$$

También se puede escribir como:

$$f = (\overline{a} . \overline{b}) + (a . \overline{c})$$

Podemos plantear el tema como una función de variables, en nuestro ejemplo quedaría de esta forma:

$$f(a, b, c) = s(0, 1, 4, 6)$$

Donde:

F es la función buscada

(a, b, c) son las variables utilizadas

(0, 1, 4, 6) son los minitérminos que dan como resultado 1 o un nivel alto.

s es la sumatoria de las funciones que producen el estado alto en dichos minitérminos.

Sólo resta convertir esa función en su circuito eléctrico correspondiente. La función es:

$$f = (\sim a . \sim b) + (a . \sim c)$$

O sea:

(NOT a AND NOT b) OR (a AND NOT c)

El esquema eléctrico que le corresponde a esta ecuación se muestra en la figura 27.

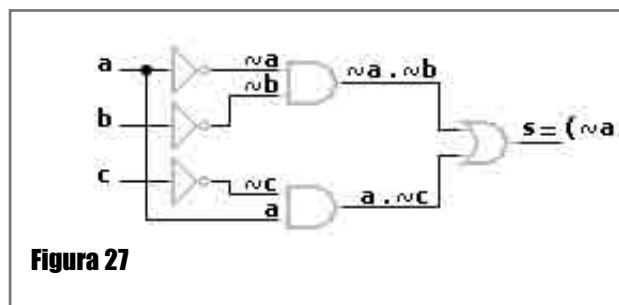


Figura 27

El resultado es un circuito con la menor cantidad de compuertas posibles, lo cual lo hace más económico, por otro lado cumple totalmente con la tabla de verdad planteada al inicio del problema y, además, recuerda que al tener menor cantidad de compuertas la transmisión de datos se hace más rápida.

En la web puede encontrar un programa que hace todo este trabajo por su cuenta. El programa se llama Karma, creado por Pablo Fernández Fraga, vale la pena probarlo.

OSCILADORES, MULTIVIBRADORES Y CIRCUITOS ASTABLES

Existen tres circuitos digitales clasificados según la forma en que retienen o memorizan el estado que adoptan sus salidas, estos son:

Circuitos Biestables o Flip-Flop (FF):

Son aquellos que cambian de estado cada vez que reciben una señal de entrada (ya sea nivel bajo o alto), es decir retienen el dato de salida aunque desaparezca el de entrada.

Conclusión: Poseen dos estados estables.

Capítulo 1

Circuitos Monoestables:

Estos circuitos cambian de estado sólo si se mantiene la señal de entrada (nivel alto o bajo), si ésta se quita, la salida regresa a su estado anterior.

Conclusión: Poseen un sólo estado estable y otro metaestable.

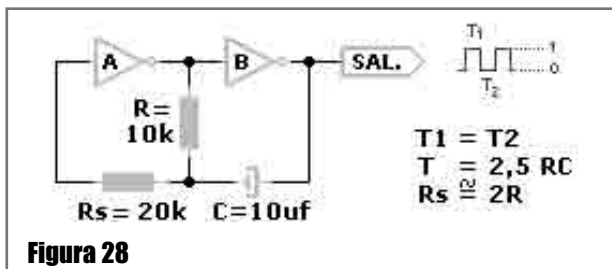
Circuitos Astables o Aestables:

Son circuitos gobernados por una red de tiempo R-C (Resistencia-Capacitor) y un circuito de realimentación. A diferencia de los anteriores se puede decir que no poseen un estado estable sino dos metaestables.

Conclusión: Son los clásicos osciladores de dos estados predecibles.

OSCILADOR ASTABLE SIMÉTRICO CON COMPUERTAS NOT

Es la clásica configuración de un oscilador con ciclo de actividad del 50%, compuesto por dos inversores realimentados por una red RC, figura 28.



Para explicar el funcionamiento supongamos que en determinado momento la salida del inversor B está a nivel "1", entonces su entrada está a "0", y la entrada del inversor "A" a nivel "1". En esas condiciones el capacitor C se carga a través de R y los inversores permanecen en ese estado.

En la medida que el capacitor se carga, va cambiando la tensión en sus placas. Cuando el capacitor alcanza su carga máxima, se produce la conmutación del inversor "A". Su entrada pasa a "0", su salida a "1" y la salida del inversor "B" a "0", se invierte la polaridad del capacitor y este se descarga, mientras tanto los inversores permanecen sin cambio, una vez descargado, la entrada del inversor "A" pasa nuevamente a "1", y comienza un nuevo ciclo.

Este oscilador es simétrico ya que el tiempo que dura el nivel alto es igual al que permanece en nivel bajo, este tiempo está dado por:

$$T = 2,5 RC$$

Donde:

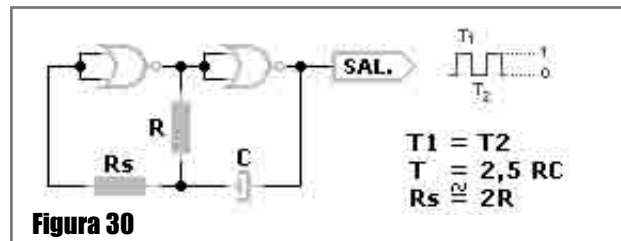
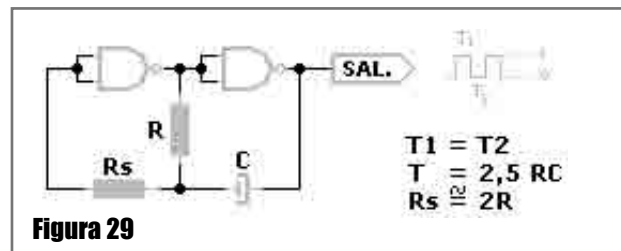
T es el período expresado en segundos

R está en Ohm

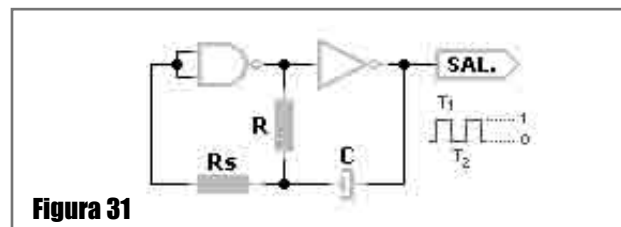
C se expresa en Farad

OSCILADOR SIMÉTRICO CON COMPUERTAS NAND Y NOR

Si recuerda lo visto en las leyes de De Morgan sabrá que uniendo las entradas de compuertas NAND o compuertas NOR se obtiene la misma función que los inversores o compuertas NOT, de forma tal que con estas compuertas también es posible armar un oscilador astable. En la figura 29 tenemos el circuito de un oscilador con compuertas NAND y en la figura 30 un oscilador con compuertas NOR.



Puede sustituir una compuerta con un inversor, tal como se aprecia en la figura 31.



Introducción a la Electrónica Digital

Como puede comprender, es muy fácil construir un oscilador con frecuencia ajustable, basta con colocar una resistencia o un capacitor variable. En la figura 32 podemos apreciar un oscilador con frecuencia ajustable.

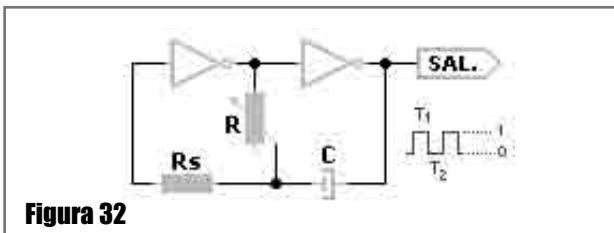


Figura 32

Otra opción, si se quiere "alimentar" a una pequeña bocina o parlante para poder tener sonidos, cuando la frecuencia está entre 100Hz y 10kHz es la configuración mostrada en la figura 33.

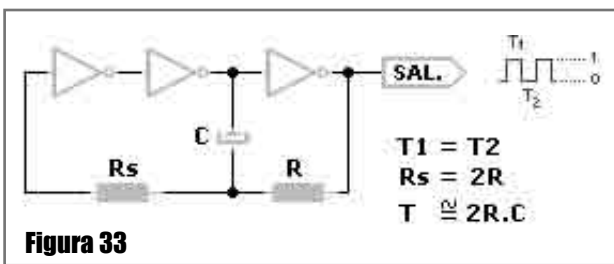


Figura 33

Pruebe colocando un capacitor de 10μF y resistencias de 10kΩ para obtener frecuencias dentro del rango audible. Hasta puede reemplazar R por un potenciómetro de 50kΩ y regular el sonido (es decir, su frecuencia).

DISPARADORES SCHMITT TRIGGER

Algo que no vimos hasta ahora son las compuertas SCHMITT TRIGGER o disparadores de Schmitt, son iguales a las compuertas vistas hasta ahora pero tienen la ventaja de tener umbrales de conmutación muy definidos llamados VT+ y VT-, esto hace que puedan reconocer señales que en las compuertas lógicas comunes serían una indeterminación de su estado y llevarlas a estados lógicos definidos, mucho más definidos que las compuertas comunes que tienen un solo umbral de conmutación.

En la figura 34 tenemos el esquema de un oscilador típico armado con una compuerta Schmitt Trigger.

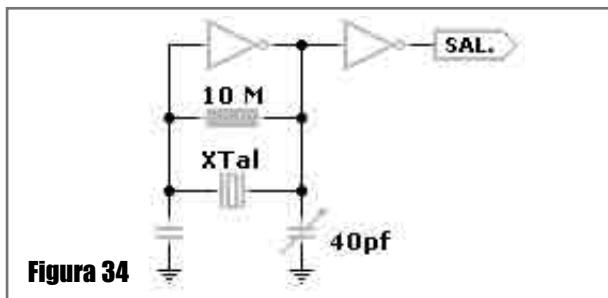


Figura 34

Supongamos que la salida está a nivel lógico "1", C comienza a cargarse a través de R, a medida que la tensión crece en la entrada de la compuerta esta alcanza el nivel VT+ y produce la conmutación de la compuerta llevando la salida a nivel "0" y el capacitor comienza su descarga.

Cuando el potencial a la entrada de la compuerta disminuye por debajo del umbral de VT-, se produce nuevamente la conmutación de la compuerta, pasando la salida a nivel "1" y se reinicia el ciclo.

No sólo existen inversores Schmitt Trigger, sino también compuertas AND, OR, NOR, etc.

OSCILADOR A CRISTAL

Para aplicaciones en las que es preciso tener estabilidad en frecuencia es necesario contar con un oscilador de características especiales.

Vea el circuito de la figura 35, se trata de un oscilador implementado con dos inversores y un Cristal de cuarzo, el trimer de 40pF se incluye para un ajuste fino de la frecuencia de oscilación, mientras el circuito oscilante en si funciona con un solo inversor, se incluye otro para actuar como etapa separadora.

Los osciladores vistos hasta el momento pueden ser controlados fácilmente y ahora veremos cómo hacerlo.

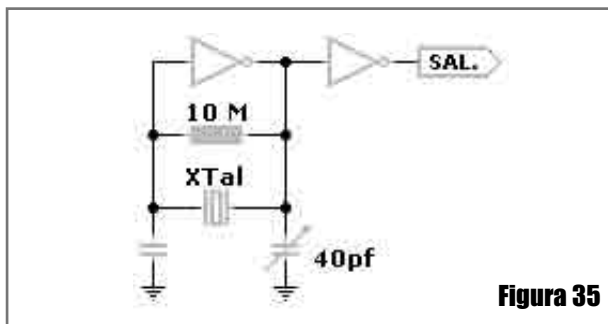


Figura 35

Capítulo 1

OSCILADORES CONTROLADOS

Se trata simplemente de controlar el momento en que estos circuitos deben oscilar.

Tenemos dos opciones, que sean controlados por un nivel alto o por un nivel bajo.

Si tenemos en cuenta que los osciladores vistos hasta el momento solo pueden oscilar cambiando el estado de sus entradas en forma alternada, lo que haremos será forzar ese estado a un régimen permanente, como dije anteriormente ya sea a "1" o a "0".

En la figura 36 tenemos nuestro primer ejemplo, utilizando un diodo en la entrada del primer inversor.

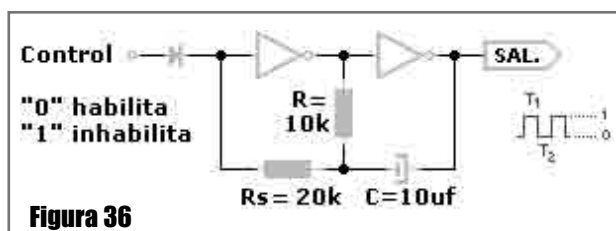


Figura 36

El principio de funcionamiento no es muy complicado, si el terminal de control está a nivel "0" el circuito oscilará, si está a nivel "1" dejará de hacerlo.

Lo mismo ocurre con las otras compuertas, en la figura 37 podemos ver un oscilador controlado con una compuerta NOR, una de sus entradas forma parte del oscilador y la otra funciona como terminal de control.

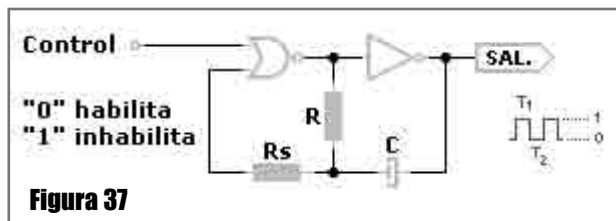


Figura 37

Si lo queremos hacer un oscilador con compuertas NAND, la configuración es igual que la anterior, solo que esta vez un "1" en la entrada de Control habilita al oscilador y un "0" lo inhabilita, figura 38.

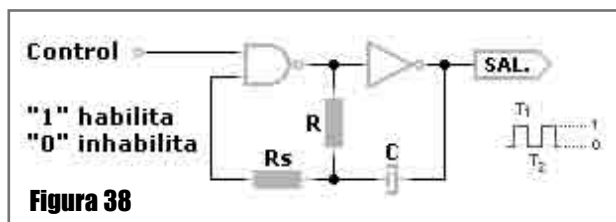


Figura 38

MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO

Cuando un principiante quiere controlar la velocidad de un motor de corriente continua, en general, varía la tensión aplicada a su arrollamiento lo que puede dificultar el arranque si el motor tiene asociado algún elemento que deba arrastrar. Para evitar este problema, lo que se hace es aplicar pulsos de tensión, o sea, debemos generar una señal con ciclo de actividad variable, o sea, tratar de que los pulsos de salida no sean simétricos, por ejemplo que el nivel alto en la salida dure más que el nivel bajo, o quizás al revés y que podamos variar dicha situación a voluntad.

Analicemos el circuito de la figura 39.

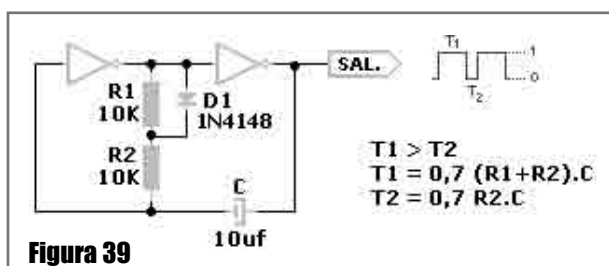


Figura 39

De entrada ya sabemos que es un circuito astable, solo que esta vez el capacitor se descarga más rápidamente utilizando el diodo como puente y evitando así pasar por R1.

El efecto obtenido es que T1 es de mayor duración que T2. Podemos ajustar T1 si reemplazamos R1 por un potenciómetro. Los periodos de tiempo para T1 y T2 están dados en la gráfica de la misma figura.

Un detalle más, si invertimos la polaridad del diodo obtendremos la situación inversa, es decir $T2 > T1$.

MODULACIÓN POR ANCHO DE PULSO CONMUTADO

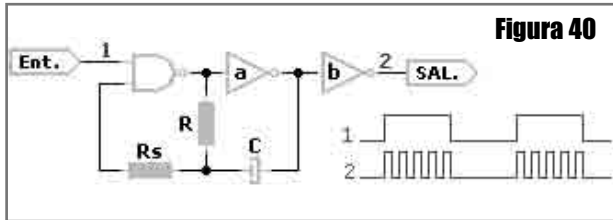
Describiremos los mismos circuitos vistos anteriormente pero adaptados para esta tarea.

Aquí la cantidad de pulsos de salida depende de la duración del pulso de entrada. Vea el circuito de la figura 40.

Aquel terminal que usábamos antes como terminal de control, ahora está como entrada de señal y la salida del circuito entregará una cierta cantidad de pul-

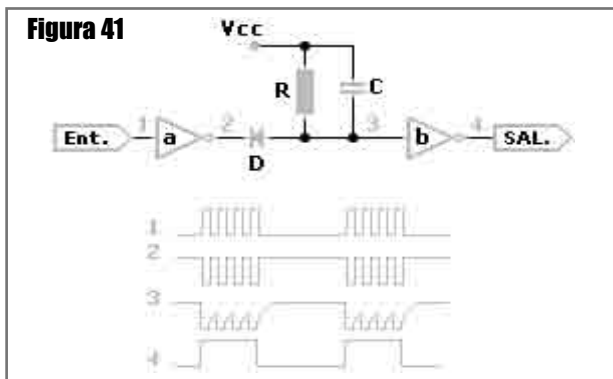
Introducción a la Electrónica Digital

Los mientras dure el pulso de entrada. Si observamos la forma de onda en la entrada y la comparamos con la salida nos daremos cuenta de su funcionamiento.



DEMODULACIÓN DE SEÑALES

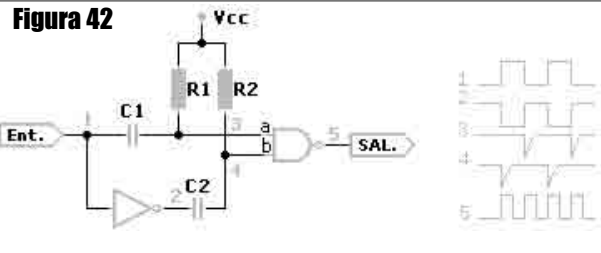
Esta configuración es todo lo opuesto a lo anterior, es decir, tomamos una señal modulada y la remodulamos. Usaremos la configuración mostrada en la figura 41.



Esta vez el tren de pulsos ingresa por el Inversor a, en el primer pulso positivo, la salida de a se pone a 0 y se carga el capacitor C a través del diodo D. Cuando la entrada de a se invierte el diodo queda bloqueado y C se descarga a través de R. Ahora bien, durante toda la transmisión de pulsos la salida de b permanece a nivel 1 ya que el tiempo de descarga del capacitor es mucho mayor que el tiempo de duración de cada pulso que ingresa por la entrada del inversor a.

DOBLADOR DE FRECUENCIA

Otra aplicación que se le puede dar a las compuertas lógicas es duplicar la frecuencia de una señal, para ello podemos usar el circuito de la figura 42.



Observe las formas de onda obtenidas.

Analicemos su funcionamiento; el flanco de descenso de la señal de entrada es diferenciado por R1 y C1, y es aplicado a la entrada "a" de la compuerta NAND, esto produce un pulso a la salida de esta compuerta según su tabla de verdad; "basta que una de las entradas este a nivel lógico bajo para que la salida vaya a nivel lógico alto".

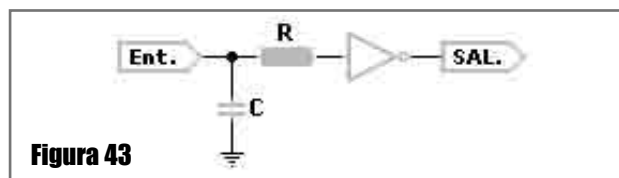
El flanco de subida del pulso de entrada, luego de ser invertido, es diferenciado y aplicado a la entrada "b" de la compuerta NAND, de modo que para un tren de pulsos de entrada de frecuencia f, hay un tren de pulsos de salida de frecuencia 2f.

CIRCUITOS MONOESTABLES

Los osciladores monoestables son aquellos que tienen un único nivel de salida estable. Para aclarar un poco las ideas... la mayoría de los edificios disponen de un pulsador que enciende momentáneamente las luces de los pasillos, transcurrido un cierto tiempo éstas se apagan. Conclusión; sólo disponen de un estado estable (apagado) y un estado metaestable (encendido), éstos estado se consiguen con circuitos osciladores monoestables.

Monoestable Sencillo:

Primero lo básico, en la figura 43 tenemos un monoestable sencillo con un inversor.



Consideramos inicialmente la entrada del inversor

Capítulo 1

en nivel bajo, entonces su salida estará a nivel alto, ahora bien, un 1 lógico de poca duración en la entrada, hace que se cargue el capacitor y conmute el inversor entregando un 0 lógico en su salida la que permanecerá en ese estado hasta que la descarga del capacitor alcance el umbral de histéresis de la compuerta y entonces conmutará y regresará a su estado inicial...

Monoestables con Dos Compuertas NOR

Otra configuración para un circuito monoestable se puede apreciar en la figura 44. Fijese que la compuerta b la podemos cambiar por un inversor.

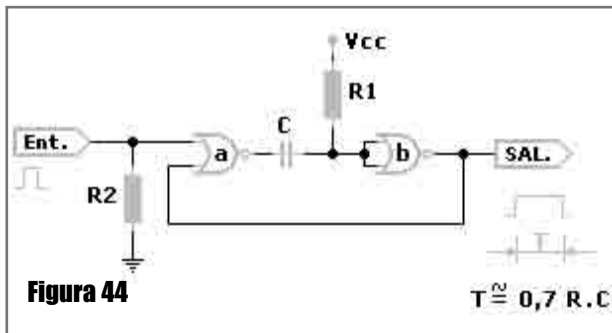


Figura 44

Para explicar el funcionamiento supongamos que no existe señal en la entrada, entonces la compuerta b tiene su entrada a nivel "1" por intermedio de R1, y su salida a nivel "0", la cual alimenta una de las entradas de a.

Al estar ambas entradas de "a" a nivel "0" la salida de "a" estará a nivel "1". Como el capacitor C tiene sus dos extremos al mismo nivel no adquiere carga alguna.

Si entregamos un impulso positivo a la entrada de a, su salida pasa inmediatamente a nivel "0" y C comienza a cargarse a través de R, la entrada de b se hace 0 y su

salida 1, como ésta realimenta la compuerta a, la deja enganchada con su salida a nivel 0.

Cuando la carga del capacitor alcanza el umbral de conmutación de "b" su salida pasa a 0 y la de a pasa a 1, esto hace que el capacitor se descargue a través de R1 y la línea de alimentación, dejando al circuito listo para un nuevo disparo.

Monoestables con Dos Inversores

La diferencia aquí, esta en que el gatillado se realiza durante la excursión negativa del pulso de entrada, figura 45.

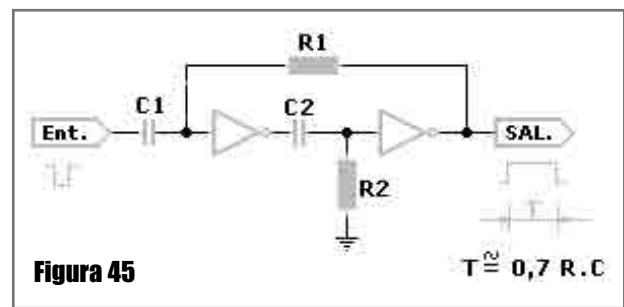


Figura 45

Como puede observar, estos circuitos disponen de algún método de realimentación y un capacitor que es quien retiene momentáneamente una determinada señal lógica en la entrada de alguna de las compuertas implicadas en el circuito mientras se va cargando o descargando.

CERRADURA CON TECLADO ELECTRÓNICO

Una aplicación interesante utilizando solamente compuertas lógicas es una cerradura electrónica como la mostrada en la figura 46, que utiliza osciladores

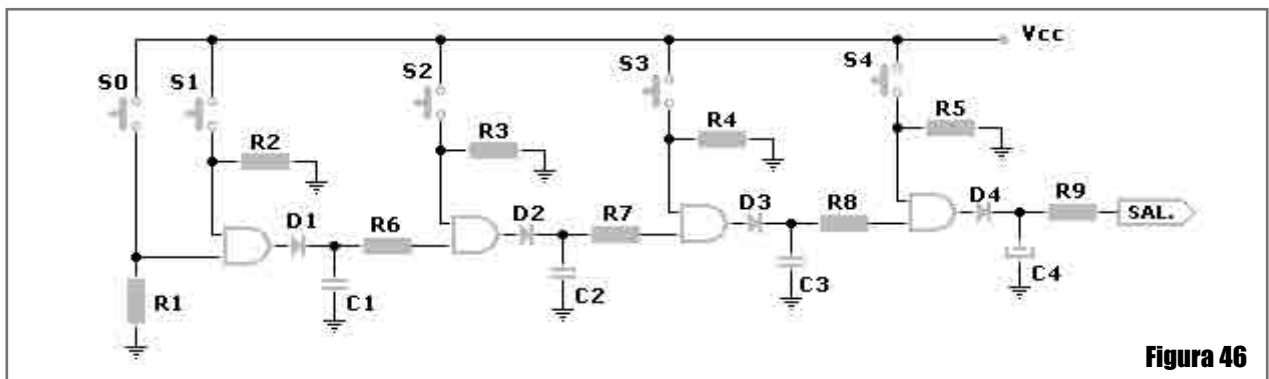


Figura 46

Introducción a la Electrónica Digital

monoestables. La secuencia para activar la salida es el orden en que están numerados los pulsadores, eso sí, note que debe pulsar S0 y sin liberarlo activar S1, luego de eso puedes continuar con la secuencia correspondiente.

La idea es conectar cada pulsador a una tecla de un teclado de modo que solo el usuario sepa la secuencia que debe presionar, caso contrario no se activará la cerradura y se dará aviso a un sistema de alarma.

Los botones libres del teclado deberían ir unidos a un sistema de alarma o hacer que se desactive momentáneamente todo el sistema antes de ingresar un nuevo código, en fin tienes muchas opciones. En la salida deberíamos conectar un relé, un optoacoplador o algo por el estilo para accionar la cerradura electrónica.

En realidad la intención de esta práctica es darle una utilidad a los circuitos monoestables. Los componentes utilizados son los siguientes:

D1 a D4 = 1N4148

R1 a R6 = 1k

R7 a R9 = 2k2

C1 a C3 = 1nF

C4 = 1000 μ F / 16V

IC1 = CD4081

S1 a S5 = Teclas de un teclado

CIRCUITOS BIESTABLES

Los circuitos biestables son muy conocidos y empleados como elementos de memoria, ya que son capaces de almacenar un bit de información. En general, son conocidos como Flip-Flop y poseen dos estados estables, uno a nivel alto (1 lógico) y otro a nivel bajo (cero lógico).

Aclaración:

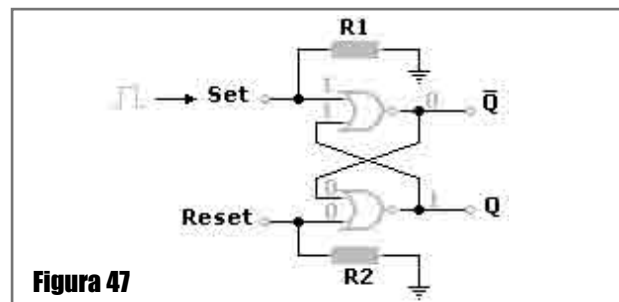
Es posible que al presionar el pulsador se produzcan rebotes eléctricos, es como haberlo presionado varias veces, y de esta manera, los resultados serán totalmente inesperados, así que al hacer prácticas en protoboard el uso de cablecitos para probar estos cir-

cuitos no nos servirán de mucho, es conveniente utilizar un pulso de reloj para realizar estas pruebas producido por un oscilador astable como los vistos anteriormente. De ahora en más lo llamaremos pulso de reloj "Clock o CK".

Por lo general un Flip-Flop dispone de dos señales de salida, una con el mismo valor de la entrada y otra con la negación del mismo o sea su complemento. Veamos entonces cuáles son los Flip-Flops (FF) básicos:

FLIP FLOP BÁSICO RS

Se puede construir un FF fácilmente utilizando dos compuertas NAND o NOR conectadas de tal forma de realimentar la entrada de una con la salida de la otra, quedando libre una entrada de cada compuerta, las cuales serán utilizadas para control Set y Reset, tal como podemos observar en la figura 47.



Las resistencias R1 y R2 utilizadas en ambos casos son de 10k Ω y las puse solamente para evitar estados indeterminados, observa el circuito con compuertas NOR.

Un nivel alto aplicado en Set, hace que la salida negada (\sim Q) sea 0 debido a la tabla de verdad de la compuerta NOR, al realimentar la entrada de la segunda compuerta y estando la otra a masa, la salida normal Q será 1. Ahora bien, esta señal realimenta la primer compuerta, por lo tanto no importan los rebotes, y el FF se mantendrá en este estado hasta que le des un pulso positivo a la entrada Reset.

Recuerde que \sim es el símbolo que empleamos para indicar que una entrada o una salida está negada.

Conclusión:

El biestable posee dos entradas Set y Reset que tra-

Capítulo 1

bajan con un mismo nivel de señal, provee dos salidas, una salida normal Q que refleja la señal de entrada Set y otra $\sim Q$ que es el complemento de la anterior.

Si comparas los dos flip-flop representados en el gráfico, verás que sólo difieren en los niveles de señal que se utilizan, debido a la tabla de verdad que le corresponde a cada tipo de compuerta.

FLIP FLOP RS - Controlado por un Pulso de Reloj

En este caso vamos a utilizar el ejemplo de las compuertas NAND, pero le agregaremos dos compuertas más, y uniremos la entrada de cada una a una señal de Reloj, tal como queda expresado en el circuito de la figura 48.

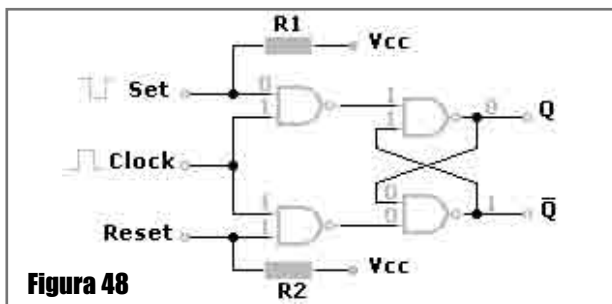


Figura 48

Según lo dicho mas arriba, necesitamos un generador de pulsos (astable) para conectarlo en la entrada Clo CK, una vez que lo tenemos pasamos a interpretar el circuito.

Si ponemos un 0 en Set y la entrada CK está a 1 ocurrirá todo lo que se describe para el FF RS recién analizado. Veamos que ocurre cuando CK pasa a 0, figura 49:

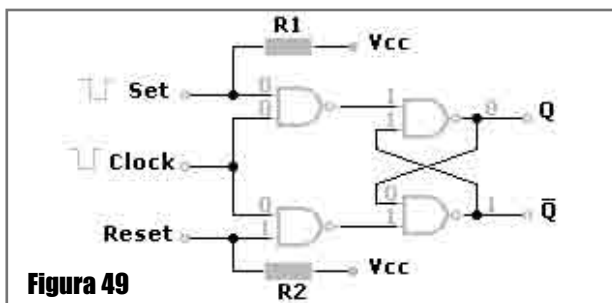


Figura 49

El FF se mantiene sin cambios en Q y $\sim Q$.

Fíjese que ahora no importa el estado de Set y Reset, esto se debe a su tabla de verdad (basta que una de sus entradas sea 0 para que su salida sea 1) por lo tanto

Set y Reset quedan inhabilitadas. Es decir que se leerán los niveles de Set y Reset sólo cuando la entrada Clock CK sea 1.

NOTA 1: El primer circuito que vimos (Flip-Flop simple) es llamado Flip-Flop Asíncrono ya que puede cambiar el estados de sus salidas en cualquier momento, y sólo depende de las entradas Set y Reset.

NOTA 2: El segundo circuito es controlado por una entrada CK y es llamado Flip-Flop Síncrono o Sincrónico ya que el cambio de estado de sus salidas esta sincronizado por un pulso de reloj que realiza la lectura de las entradas en un determinado instante.

Antes de continuar quiero mostrarte algo muy interesante, no es la única forma de obtener un Flip-Flop, observemos lo siguiente:

FLIP FLOP con un Inversor

En la figura 50 tenemos un FF un poco "revolucionario". La ventaja aquí es la cantidad de compuertas utilizadas.

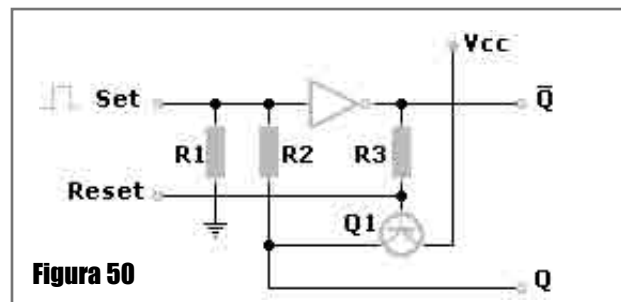


Figura 50

Analice el circuito y comprenderá que se lo puede emplear de forma idéntica al circuito de la figura 47, es decir, son equivalentes.

Bien, el flip-flop analizado, conocido como flip-flop RS, suele presentar un estado indeterminado cuando sus dos entradas R y S se encuentran en estado alto así que veamos como se puede solucionar este inconveniente.

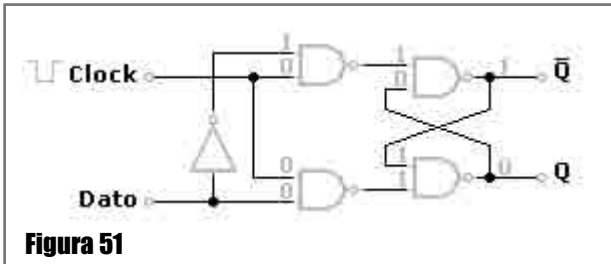
FLIP FLOP D

En este circuito no existe la posibilidad de que las dos entradas estén a nivel alto, ya que posee un inversor entre una y otra, de tal modo que:

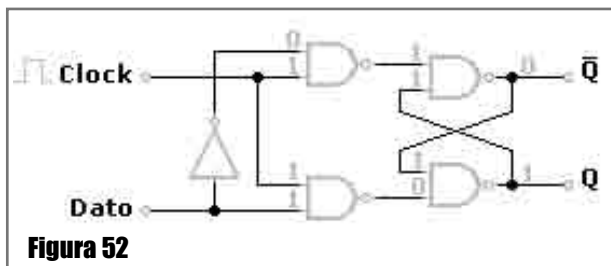
Introducción a la Electrónica Digital

$$R = \sim S$$

Observe el circuito de la figura 51, aquí se supone la entrada "Dato" está a nivel 0.

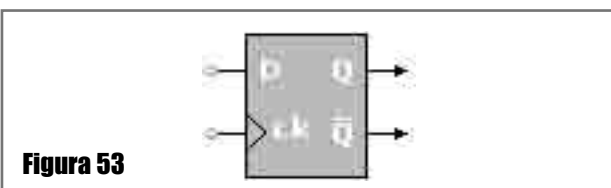


En la figura 52 vemos que ocurre cuando la entrada Dato, pasa a 1 y CK cambia de estado pasando también a 1, según como se van transmitiendo los datos por las compuertas resulta $Q=1$ y $\sim Q=0$.



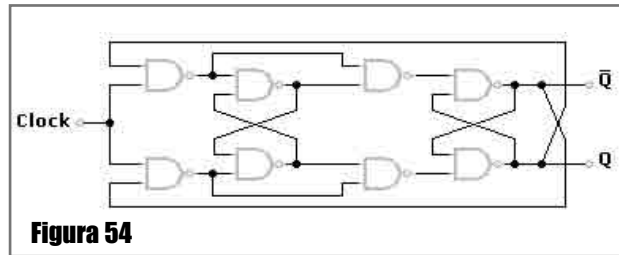
Para que el flip-flop retorne a su estado inicial, la entrada Dato D deberá pasar a 0 y sólo se transferirá a la salida si CK es 1. Nuevamente se repite el caso que para leer el datos debe ser $CK=1$.

En forma general se representa el flip-flop D con el símbolo mostrado en la figura 53.



FLIP FLOP Master-Slave

Se trata de un arreglo de dos FF independientes. El primero actúa como Master y el otro como Slave. Con la diferencia de que en este caso las entradas Set y Reset son realimentadas por las salidas Q y $\sim Q$ respectivamente, quedando libre únicamente la entrada CK, figura 54.



Considerando $CK=0$, será la salida $Q=0$ y $\sim Q=1$, al momento del cambio de nivel de CK ($CK=1$), sólo cambiarán las salidas del primer flip-flop (Master) sin afectar las salidas Q y $\sim Q$.

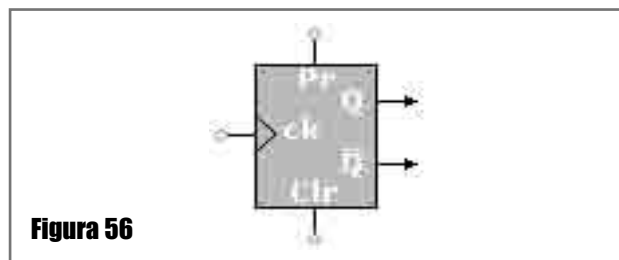
Ahora bien, cuando CK regrese a su estado inicial ($CK=0$) el Slave conmutará las salidas Q y $\sim Q$ quedando $Q=1$ y $\sim Q=0$. Al cambiar de estado CK ($CK=1$) las salidas no serán afectadas. Esto se puede resumir en una pequeña tabla de verdad, como la mostrada en la figura 55.

CK	Q	$\sim Q$
0	0	1
1	0	1
0	1	0
1	1	0
0	0	1

Figura 55

A este tipo de Flip-flop, se le ha dado la posibilidad de preestablecer el estado de sus salidas, adicionándole dos entradas más, Preset (Pr) y Clear (Clr), que vendrían a ser algo así como Set y Reset respectivamente, pero claro, hay que advertir que se debe evitar la situación $Pr=Clr=0$

También tiene una forma de representación simbólica y se muestra en la figura 56.



FLIP FLOP JK

Un flip-flop JK es muy similar al visto anteriormente,

Capítulo 1

pero mucho más complejo que éste, y existen circuitos integrados que ya lo traen incorporado así que, por cuestiones de sencillez, y para no complicarte demasiado utilizaré su representación simbólica (figura 57).

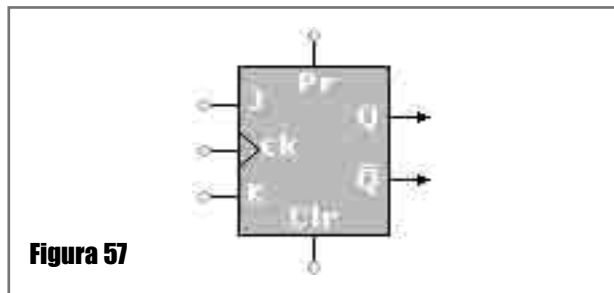


Figura 57

Lo vamos a analizar de forma sencilla haciendo uso de la tabla de verdad que corresponde al funcionamiento del flip-flop y que se muestra en la figura 58.

Las dos primeras líneas indican que las entradas Clr y Pr establecen el estado de las salidas Q y ~Q sin importar el estado en que se encontraban anteriormente, ni el estado de las otras entradas (J, K y CK).

En la tercera y cuarta línea se han establecido las entradas Clr y Pr a nivel 1 y las salidas Q y ~Q permanecen en cualquiera de los dos estados mencionados anteriormente, según el que se haya establecido...!!!, ahora bien si se mantiene CK=0 las salidas Q y ~Q permanecen sin cambio (Sc), lo mismo ocurre si se mantiene CK=1, y continúa así en los cambios ascenden-

Clr	Pr	J	K	CK	Q	~Q
0	1	X	X	X	0	1
1	0	X	X	X	1	0
1	1	X	X	0	Sc	Sc
1	1	X	X	1	Sc	Sc
1	1	X	X	↑	Sc	Sc
1	1	0	0	X	Sc	Sc
1	1	0	1	↓	0	1
1	1	1	0	↓	1	0
1	1	1	1	↓	Cs	Cs

Figura 58

tes de CK, y como podrás notar en la siguiente línea, si estableces J=K=0 queda sin importancia la entrada CK y sin cambio las salidas.

En la séptima y octava línea se transfieren los datos de las entradas J y K a las salidas Q y ~Q respectivamente, pero esto sólo ocurrirá en la transición ascendente de CK.

Finalmente con Clr=Pr=J=K=1 el flip-flop Cambiará Siempre (Cs) cada vez que se presente una transición descendente de CK.

Y hasta aquí..., la idea fue mostrarle las ventajas y desventajas de cada uno de estos circuitos, le recuerdo que no necesita armar uno de estos embrollos de compuertas, ya que existen integrados que las contienen, como el CD4027 que es un doble flip-flop JK maestro-esclavo o el CD4013 que es un doble flip-flop tipo D. ☺

INOVATION

Todo para el REBALLING y la reparación a nivel componente

<http://eshops.mercadolibre.com.mx/compadre10/>

Soldadura con plomo	Malla goot wick	Arcti silver
Soldadura de pasta	Stenciles de calor directo	Termómetro de doble termocupula
Soldadura lead free	Stenciles de 90 x 90	Multímetros
Estación de Calor	Stenciles de 80 x 80	Tarjetas de diagnóstico post
Flux sólido, líquido, pasta	Estación de 90 x 90	Cinta de aluminio
Pistola de aire caliente	Estación de 80 x 80	Cinta kapton
Flux amtech	Base p/stenciles de calor directo	Desarmadores para consolas de videojuegos
Flux kingbo	Pluma de succión	GPU para laptops

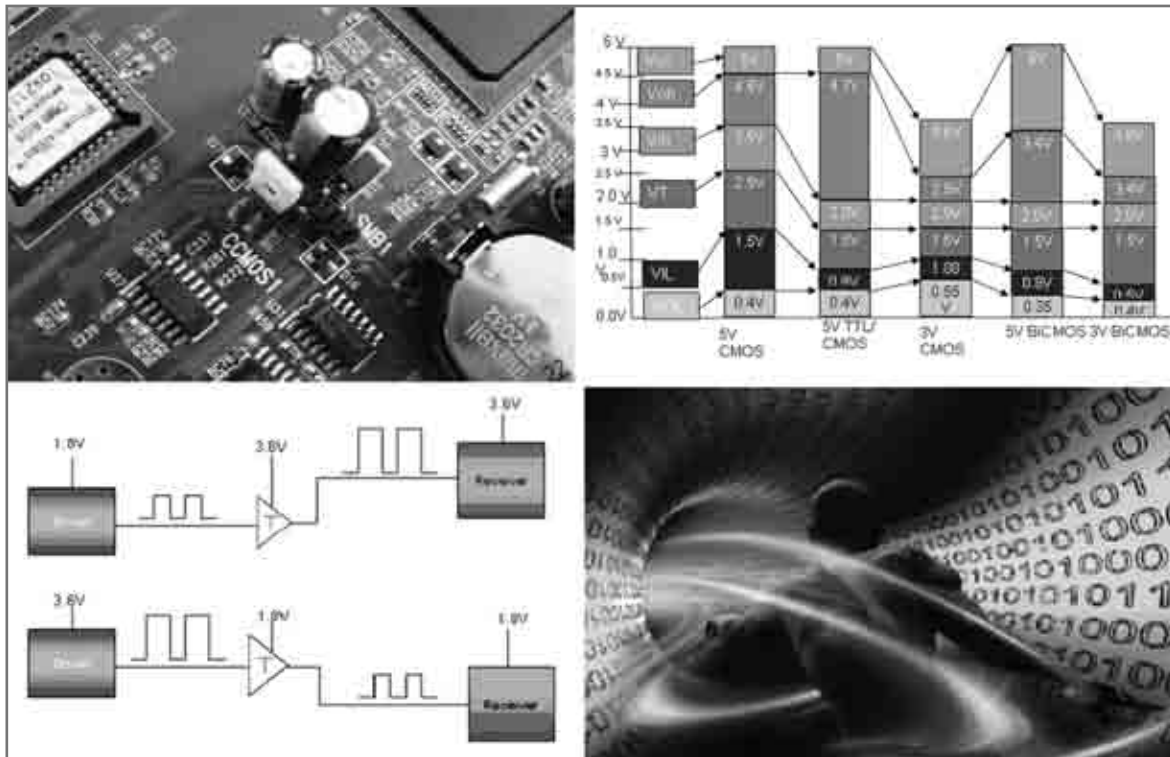
HACEMOS ENVIOS A TODA LATINOAMERICA

www.reballing1.com.mx www.ciceelectronica.es.tl

email: le_innovation@hotmail.com

Skipe: lab.innovation cell (045)951 11 93497

CAPÍTULO 2



ELECCIÓN DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES FAMILIAS LÓGICAS

Los diferentes elementos analizados en el capítulo 1 (compuertas y osciladores) se ofrecen en circuitos integrados que poseen uno o más elementos y están fabricados con diferentes materiales, cada uno con características propias. Los circuitos integrados digitales se dividen en familias lógicas, cada una constituida por un tipo particular de circuito lógico que se utiliza en los chips de esa familia para todas las compuertas, inversores, Flip-Flops y elementos más complejos. Los elementos de una familia lógica son compatibles entre sí. Es decir que sus niveles lógicos son los mismos y trabajan con la misma tensión, pudiendo la salida de un elemento lógico alimentar la entrada de otro. Las características generales de los circuitos integrados digitales (tiempo de propagación, inmunidad al ruido, potencia disipada, etc.) son preponderantes en el momento de seleccionar un determinado circuito integrado. Algunas veces hay otros factores importantes a tener en cuenta, como la complejidad y el tipo de cápsula a emplear, el costo del componente, la posible compatibilidad con otras familias, el margen de temperatura de trabajo, etc. En este capítulo analizaremos cada una de las familias lógicas para que el estudiante sepa qué circuito integrado es aconsejable utilizar para una aplicación determinada.

Capítulo 2

INTRODUCCIÓN

En la comparación entre las distintas familias lógicas, existen familias que son aconsejables en algunas aplicaciones y no aconsejables en otras. A veces, la propia naturaleza de los circuitos electrónicos exige que no exista una característica para no perjudicar otra. Por ejemplo, el incremento de la velocidad aumenta normalmente el consumo de potencia. Cada familia tiene sus características predominantes y tiende a utilizarse en aquellas aplicaciones en que esas características son las más importantes.

Hay ramificaciones dentro de una misma familia cuando es necesario destacar alguna característica. Así, por ejemplo, dentro de la familia TTL de propósitos general se han creado subfamilias tales como TTL de alta velocidad (H) y TTL de bajo consumo (LS).

Para entender mejor de qué estamos hablando, definiremos algunos conceptos que serán utilizados más adelante. Por ejemplo, el nivel de integración está dado por la cantidad de compuertas lógicas que pueden integrarse en una misma pastilla, en un mismo chip.

FAMILIAS LÓGICAS

Veamos entonces, cómo se pueden construir las diferentes familias de circuitos integrados, a las cuales podemos agrupar de la siguiente manera, atentos a los componentes que intervienen en los circuitos eléctricos correspondientes:

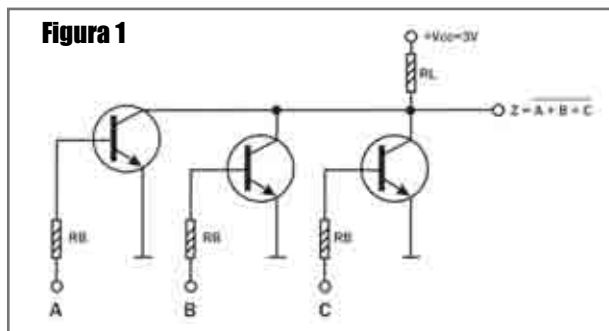
- Familia RTL
- Familia DTL
- Familia TTL
- Familia CMOS

Familia RTL (Resistor Transistor Logic)

Fue la primera de las familias, quedando en desuso en la actualidad. El circuito básico de la familia RTL es la compuerta NOR que emplea resistores y transistores en su circuito eléctrico.

El circuito eléctrico de esta compuerta (construida con técnica RTL) está mostrado en la figura 1.

Figura 1



El tiempo de propagación de la RTL es algo superior a los 10ns, con un consumo de potencia del orden de los 10mW por compuerta.

Si en cualquiera de las entradas se coloca un "1", el transistor correspondiente se satura y la tensión de salida es aproximadamente 0 volt, que corresponde a un "0" lógico. Si todas las entradas están en "0", los transistores están cortados; por lo tanto, la tensión de salida es aproximadamente igual a Vcc, que corresponde a un "1" lógico. Como ventajas podemos mencionar un bajo consumo y costo reducido. Las principales desventajas son las siguientes:

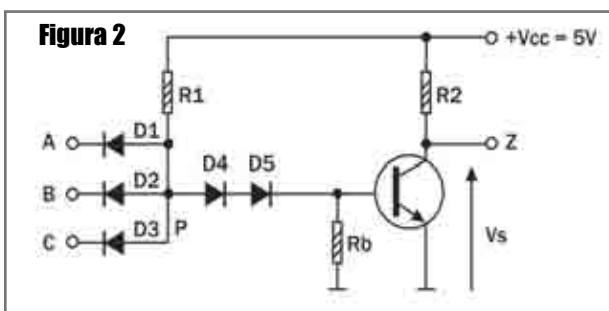
- * Baja capacidad de fan-out (del orden 4)
- * Bajo margen de ruido
- * Baja velocidad

Familia DTL (Diode Transistor Logic)

Como los niveles lógicos y la alimentación de las familias TTL y DTL son compatibles, ambas familias pueden emplearse en el mismo circuito.

El circuito básico de la familia DTL es la compuerta NAND y en la figura 2 se representa el circuito eléctrico de esta compuerta de tres entradas.

Figura 2



Básicamente, al circuito lo podemos considerar como una compuerta AND seguida de un inversor.

Familias Lógicas

La compuerta AND está realizada con diodos y el inversor es un transistor, como vimos antes.

Cuando cualquiera de las entradas está baja, el diodo correspondiente conduce a través de R1. En el punto P se establece una tensión del orden de 0,7V, la cual no es suficiente para superar los 1,4V que se necesitan para que el D4 y D5 conduzcan y, por lo tanto, al estar cortados D4 y D5, el transistor estará cortado, con lo cual la tensión de salida será igual a Vcc (que corresponde a un "1" lógico).

Si todas las entradas están altas, los diodos D1, D2 y D3 están cortados. Conducen D4 y D5 a través de R1, llegando la corriente a la base del transistor, que pasa a la saturación, causando un estado lógico "0" a la salida. En el punto P:

$$V_p = 0,7 + 0,7 + 0,8 = 2,2V$$

La caída de potencial en cada diodo D1, D2, D3 será:

$$5V - 2,2 = 2,8V$$

Esta tensión se aplica en el sentido inverso, por lo cual no conducen.

El tiempo de propagación de esta familia es del orden de 25ns y la disipación por compuerta es del orden de 15mW.

Familia TTL (Transistor Transistor Logic)

Es la familia más usada. Todos los fabricantes de cierta importancia tienen una línea de productos TTL y distintas empresas producen circuitos integrados digitales. El circuito de la figura 3 corresponde a una NAND TTL Standard. La tensión de alimentación es única, de 5V, y es compatible con todos los circuitos de otras subfamilias TTL, como así también con la DTL.

Tienen un tiempo de propagación típico de 10ns, fan-out de 10, margen de ruido de 400mV, una potencia de disipación de 10mW por compuerta y una frecuencia máxima de reloj de 35MHz.

La compuerta básica TTL es la NAND, que introduce una serie de innovaciones respecto a la NAND DTL que vimos antes. Estas principales diferencias son:

- La compuerta AND de entrada está constituida por el resistor R1 y el transistor multiemisor Q4, que cumple la misma función que los diodos D1, D2 y D3 de la DTL.

El reemplazo de los diodos por el transistor tiene la ventaja de aumentar la velocidad de conmutación; es decir, disminuir el tiempo de propagación.

- El diodo base colector de Q4 equivale al diodo D4 de la DTL.

- El diodo base emisor de Q3 equivale al diodo D5 de la DTL.

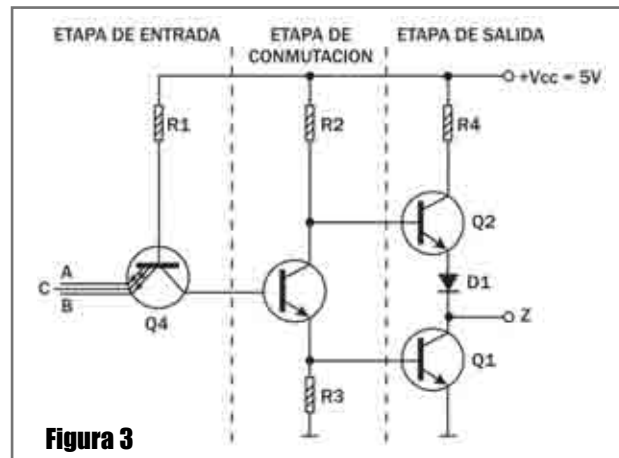


Figura 3

El principio de funcionamiento es similar al de la familia DTL, con la ventaja de que el reemplazo de los diodos por transistores permite disminuir el tiempo de propagación.

El circuito consta de tres etapas: una asociada al transistor Q4, encargada de adaptar los niveles de entrada; otra de conmutación, con el transistor Q3, y una de salida formada por Q2 y Q1. El transistor Q1 es el que da el estado lógico de salida.

En TTL, los niveles lógicos que se emplean hacen que el estado lógico "1" corresponda a una tensión entre 2 y 5 volt y el estado lógico "0" corresponda a una tensión entre 0 y 0,8 volt. La tensión en la base de Q4 no puede superar los 2,1V, ya que el circuito visto desde la base de Q4 consta, hasta llegar a tierra, de las uniones B-C de Q4, B-E de Q3 y B-E de Q1.

Si una de las entradas está en el nivel lógico bajo (por ejemplo, en la entrada A) entonces hay una tensión inferior a 0,8 volt en la unión base-emisor de Q4, con lo cual el transistor conduce, dando lugar a una corriente que pasa por R1 y por la unión base-emisor de Q4. Al es-

Capítulo 2

tar Q4 saturado, la tensión colector-emisor es pequeña y, en estas condiciones, la tensión base-emisor de Q3 no es suficiente para que Q3 conduzca. Para que Q3 conduzca se necesita como mínimo una tensión de 1 volt (0,5V de la VBE de Q3 y 0,5V de la VBE de Q1, y para saturar a Q3 se necesita como mínimo 1,6V; es decir, 0,8V de VBE de Q3 más 0,8V de VBE de Q1).

Si Q3 está cortado, Q1 también estará cortado, y la tensión de salida corresponde a "1", que en TTL equivale a una tensión VoH > 2,4 volt. Al estar Q3 y Q1 cortados, el transistor Q2 está saturado, ya que recibe una corriente de base a través de R2, D1 y la carga conectada a la salida.

En resumen: cuando una entrada está baja, Q4 conduce, Q3 y Q1 están cortados y Q2 está saturado. En estas condiciones la tensión de salida será:

$$V_s = V_{cc} - (VR2 + VBE(Q2) + VD1)$$

VR2 es menor que 0,5V, lo que hace que Vs > 2,6V, que corresponde a un "1" lógico.

Si todas las entradas están en un nivel lógico alto, aplicando un análisis similar, se deduce que Q2 está cortado, Q1 saturado y la tensión de salida será un "0" lógico.

TTL con salida a colector abierto

El circuito que analizamos, representado en la figura 3, tiene una salida que se denomina TOTEM-POLE donde la carga del transistor Q1 (de salida) no es un resistor, sino el transistor Q2, dando lugar a una baja impedancia de salida que permite mayor velocidad de conmutación. Otra variante de esta compuerta es la TTL con salida a colector abierto, cuyo esquemático se muestra en la figura 4.

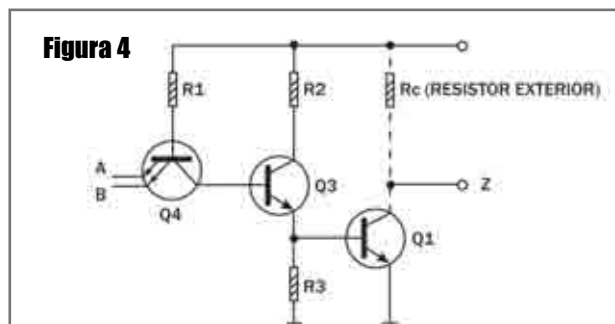


Figura 4

La diferencia en la compuerta NAND TTL, con salida TOTEM-POLE, es que la carga de Q1 no es el transistor Q2, sino un resistor Rc que se coloca exteriormente. De esta manera, al dejar el colector abierto, se tiene la posibilidad de utilizar exteriormente otra carga que sea aceptada por el transistor. Un esquema a colector abierto permite, por ejemplo, conectar un circuito indicador de salida con el objeto de que el usuario sepa en qué estado se encuentra el circuito.

Otra posibilidad de la tecnología TTL con colector abierto es realizar el montaje llamado "Y por conexión" o "AND cableada", permitiendo la conexión directa de las salidas de dos o más compuertas, tal como queda especificado en la figura 5.

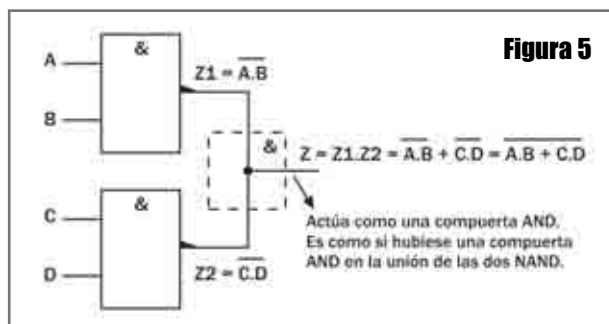


Figura 5

En la figura 6 se puede apreciar un símbolo tradicional para familias que tienen salidas con colector abierto aunque el símbolo lógico recomendado por el IEEE para esta conexión se grafica en la figura 7.

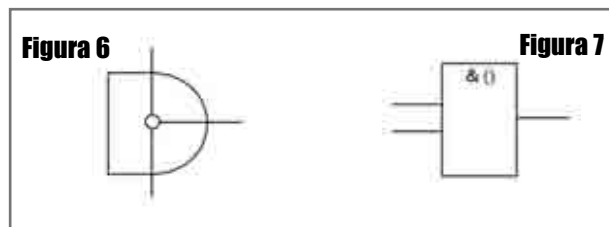


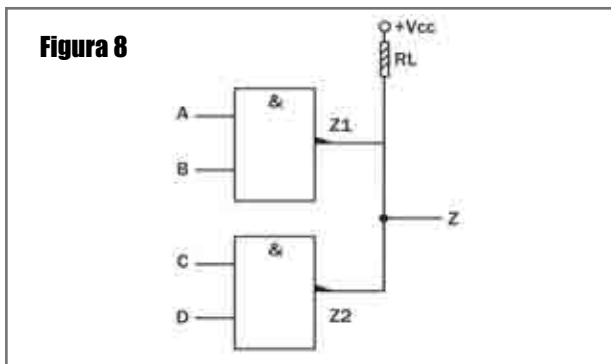
Figura 6

Figura 7

El fabricante del circuito integrado especifica en la hoja de datos si la compuerta tiene salida TOTEM-POLE o colector abierto.

En la tecnología TTL de colector abierto, para hacer la conexión directa de dos o más compuertas se deben conectar los colectores de los dos transistores de salida con un único resistor a la fuente de alimentación Vcc. El esquema del conexionado AND cableado se representa en la figura 8.

Familias Lógicas



Si cualquiera de los dos transistores de salida va al estado de saturación, es decir, la tensión de salida es la VCE SAT, la salida Z será un "0" lógico. Tenemos entonces que un "0" en Z1 o en Z2 pone un "0" en Z. Para que la salida sea alta, es necesario que los transistores Q1 de salida de ambas compuertas estén cortados.

En la realización de funciones lógicas con compuertas, la utilización de la conexión AND cableada permite, en algunos casos, simplificar el circuito lógico.

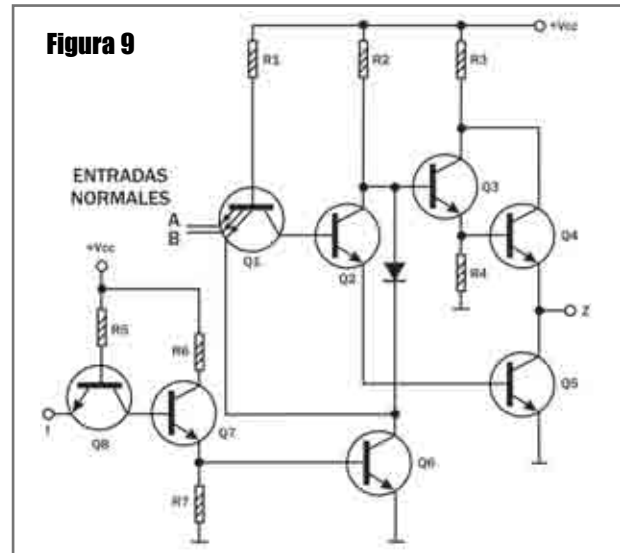
La tecnología TTL con salida TOTEM-POLE no permite realizar el montaje "Y por conexión" o "AND cableada", ya que si la salida de una compuerta es "0" (es decir Q1 saturado y Q2 cortado) y de la otra compuerta es "1" (es decir Q1 cortado y Q2 saturado), al unir directamente los colectores de Q1, la salida de una de las compuertas queda conectada a tierra a través del transistor saturado de la otra, creando un camino de baja resistencia entre Q1 y Q2, lo cual supera la corriente máxima admisible y el transistor se destruye.

TTL de tres estados (Thre State)

Cuando se desea conectar varias compuertas a una línea común (línea ómnibus), es necesario que sólo un circuito quede "conectado" mientras los restantes se deben comportar como si no estuvieran. Esta conexión no se puede realizar con circuitos de la familia TTL con salida TOTEM-POLE, ya que siempre uno de los transistores de salida está conduciendo. Este inconveniente se soluciona agregando una entrada de inhibición I, que hace que ambos transistores de salida pasen al estado de corte, con lo cual el circuito de salida se aísla de la carga; es decir, el circuito presenta una alta impedancia.

En la figura 9 se representa una compuerta NAND de tres estados que son:

- Estado lógico "0"
- Estado lógico "1"
- Estado de alta impedancia



Si I está alta, permite desconectar la salida de la carga; por lo demás, el circuito continúa operando en dos estados lógicos.

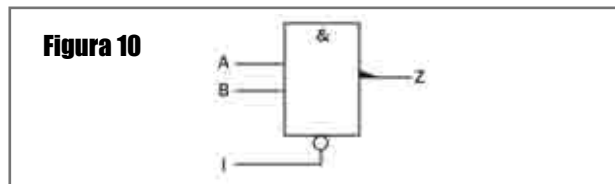
Si se aplica un "1" a la entrada de inhibición del circuito de la figura 9, conduce Q7 y se satura Q6, quedando su colector y también uno de los emisores de Q1 sin tensión, con lo que se bloquea Q2 y Q5 va al corte.

Por otro lado, a través del diodo, independientemente de los niveles que existan en A y B, Q3 y Q4 quedan bloqueados, con lo cual la impedancia de salida es elevada, consiguiéndose así un tercer estado diferente del alto y del bajo, que se denomina de alta impedancia y que permite que las salidas de estas compuertas puedan unirse entre sí. La tabla de verdad de esta compuerta es la siguiente:

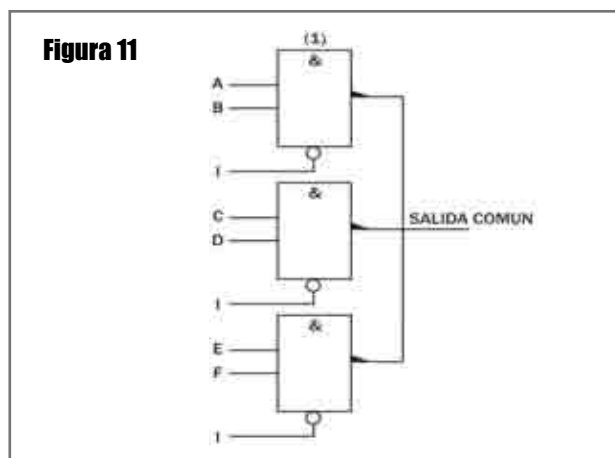
I	B	A	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	ALTA IMPEDANCIA
1	0	1	ALTA IMPEDANCIA
1	1	0	ALTA IMPEDANCIA
1	1	1	ALTA IMPEDANCIA

Capítulo 2

En la figura 10 se representa el símbolo lógico propuesto por el IEEE para una compuerta NAND de tres estados.



Cuando hay varias compuertas de este tipo con sus salidas conectadas, sólo existirá una con su entrada de inhibición baja, con lo que dicha compuerta se comporta normalmente. Para que tenga una idea más clara, en la figura 11 se ven conectadas tres compuertas NAND de tres estados, tal que si, en la compuerta (1), la entrada de inhibición está en "0" y el resto de las compuertas tiene I en "1", la compuerta (1) estará habilitada y sus entradas controlarán el estado lógico de la salida común.



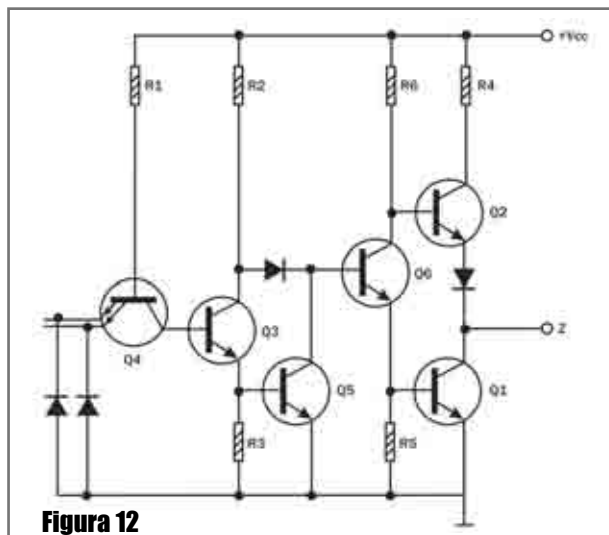
La entrada de inhibición es la que controla qué compuerta actúa sobre la salida común. Siempre se debe habilitar una sola compuerta por vez. Dicho de otra manera: funciona como un multiplexor, tal como veremos más adelante.

Compuerta AND TTL

Además de la compuerta NAND básica, la familia TTL tiene otros elementos lógicos tales como compuertas AND, OR, NOR y EXCLUSIVE-OR.

En la figura 12 se tiene una compuerta AND de dos entradas cuyo circuito es similar al de la compuerta

NAND, a excepción del transistor Q6, que se añade entre Q3 y la salida Q2/Q1 con el propósito de invertir la señal que sale del colector de Q3.



El transistor Q5 que se agrega actúa como una baja impedancia de base para Q6. Si cualquiera de las entradas está en estado bajo, el diodo base-emisor de Q4 correspondiente se encuentra en conducción. Esto provoca el bloqueo del diodo base-colector de Q4 y con ello el bloqueo de Q3 y Q5. En estas condiciones, Q6 se encuentra conduciendo, lo que provoca la saturación de Q1 y el corte de Q2, con lo cual la salida es un "0" lógico. Esto significa que un "0" a la entrada pone un "0" a la salida.

Si las entradas están todas altas, el diodo base-colector de Q4 provoca la conducción de Q3 y Q5. Q6 se corta, ya que su base se encuentra prácticamente a nivel masa a través de Q5 que está saturado.

El bloqueo de Q6 significa el bloqueo de Q1 y la conducción de Q2. A la salida tenemos un estado lógico "1". Por todo lo dicho, el inversor Q6 ha convertido una compuerta NAND en una compuerta AND.

La familia TTL analizada corresponde a la serie de circuitos integrados digitales que se identifican comercialmente con el prefijo 54 ó 74.

A partir de esta familia TTL estándar se han introducido algunas modificaciones que han dado origen a otras series de circuitos integrados digitales TTL, tales como la serie de baja potencia, la de alta velocidad, la Schottky, la de alta velocidad y baja potencia, la de al-

Familias Lógicas

ta inmunidad al ruido, etc. Analicemos cada subfamilia de las nombradas:

TTL de baja potencia

(Low power TTL, serie 54L/74L)

El circuito TTL de baja potencia es igual al visto para la TTL normal, sólo que se han incrementado los valores de los resistores dando como resultado una menor corriente y, por lo tanto, un consumo más pequeño (del orden de 1mW). Como consecuencia del aumento de estos valores, disminuye el consumo, pero aumenta el tiempo de propagación típico a 33ns, con una frecuencia máxima de 3MHz de funcionamiento.

Se emplean en casos que requieren bajo consumo y mínima disipación, sin que se necesite alta velocidad de reacción.

TTL de alta velocidad

Es la serie "High speed TTL" o serie 54H/74H. Utiliza valores de resistores inferiores a los utilizados en la TTL estándar, lo que permite disminuir el tiempo de propagación a costa de aumentar el consumo.

Los parámetros típicos de esta subfamilia TTL son un tiempo de propagación de 6ns, un consumo de 22mW por compuerta y una frecuencia máxima de 50MHz.

TTL Schottky

Esta serie, denominada STTL y conocida comercialmente bajo el prefijo 54S o 74S, es la más rápida de las subfamilias TTL. El circuito es similar a la TTL de alta velocidad, con el reemplazo de los diodos y transistores por diodos y transistores Schottky, que se caracterizan por su rapidez, ya que no almacenan cargas. La ausencia de carga almacenada reduce el tiempo de conmutación, aumentando la velocidad del circuito. Tienen un tiempo de propagación típico de 3ns, un consumo de 20mW y una frecuencia máxima de 125MHz. El símbolo, tanto del diodo como del transistor Schottky, se representa en la figura 13.

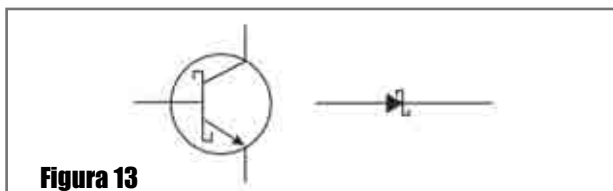


Figura 13

TTL Schottky de baja potencia

La serie "Low power Schottky" o "54LS/74LS" es la más reciente de la familia TTL; con ella se consigue una solución de compromiso entre la velocidad de conmutación y el consumo. El circuito es similar al correspondiente a la familia TTL Schottky, con la diferencia que se ha aumentado el valor de los resistores para disminuir el consumo y se suprime el transistor multiemisor por un circuito del tipo DTL.

Tiene una propagación típica de 9,5ns y un consumo por compuerta de 2mW, con una frecuencia máxima para Flip-Flop de 45MHz.

Familia HTL

En la figura 14 se grafica el circuito correspondiente a una compuerta NAND del tipo HTL.

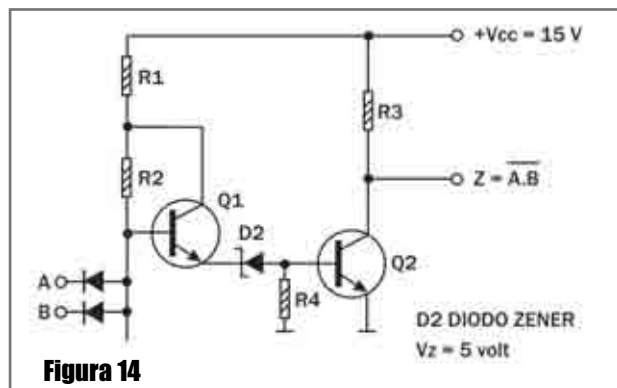


Figura 14

La característica principal de esta familia es su alta inmunidad al ruido, por lo que se la emplea en ambientes industriales y en el manejo de dispositivos electromecánicos.

El circuito es similar al de la familia DTL, pero los valores de R1, R2 y R4 son más elevados y la Vcc es de 15V.

Los diodos D4 y D5 de la DTL se reemplazan por el diodo Zener y el transistor Q1.

La inmunidad al ruido es del orden de 5V; el tiempo de propagación es el más alto de todas las familias y es del orden de 150ns.

Familia ECL

(Lógica acoplada por emisor)

La lógica acoplada por emisor es la familia de alta velocidad por excelencia.

Capítulo 2

En este tipo de lógica, los transistores no se saturan, con lo que se evita el problema de almacenamiento de portadores minoritarios en la región de base y, en consecuencia, se disminuye el tiempo de propagación.

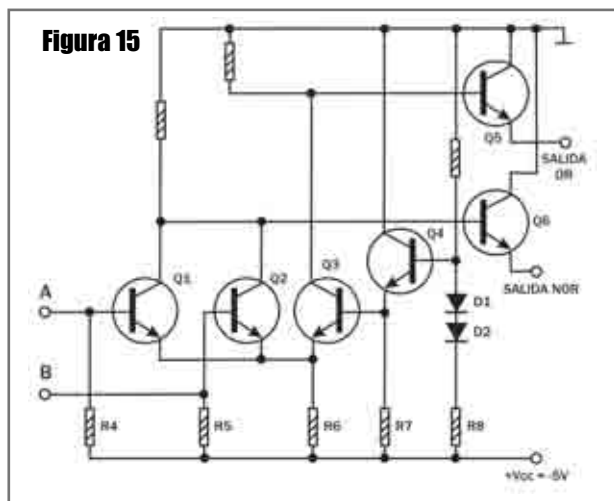
La ECL se subdivide en diferentes subgrupos en función del tiempo típico de propagación:

- 1) $t_p = 8ns$; $f_{m\acute{a}x} = 30MHz$; $P_d = 30mW$
- 2) $t_p = 4ns$; $f_{m\acute{a}x} = 75MHz$; $P_d = 22mW$
- 3) $t_p = 2ns$; $f_{m\acute{a}x} = 125MHz$; $P_d = 25mW$
- 4) $t_p = 1ns$; $f_{m\acute{a}x} = 400MHz$; $P_d = 60mW$

La subfamilia más aceptada es la de $t_p = 2ns$, ya que compatibiliza la velocidad y el consumo.

Dada la rapidez de la familia ECL, se utiliza en grandes computadoras y en sistemas de comunicaciones.

La figura 15 muestra una compuerta de la familia ECL de 2ns con salida OR y NOR simultáneamente.



Note el amplificador diferencial de entrada formado por Q1, Q2, Q3 y Q4, que conducen la corriente dependiendo de las entradas A y B; además controlan la saturación de Q5 y de Q6 para producir una salida OR y NOR. La tensión de alimentación es de -5,2V.

Los niveles lógicos, en lógica positiva, son de -0,7V para el "1" y -1,6V para el "0", es decir que la diferencia de niveles es del orden de los 900mV. Cada compuerta dispone de la salida y su complemento.

Familia CMOS

La familia lógica CMOS (transistores de metal óxido

semiconductor complementarios) está caracterizada por su bajo consumo. Es la más reciente de todas las grandes familias y posee la ventaja fundamental de operar con un amplio rango de tensiones de alimentación, como veremos más adelante.

El elemento básico de la familia CMOS es el inversor del esquema presentado en la figura 16.

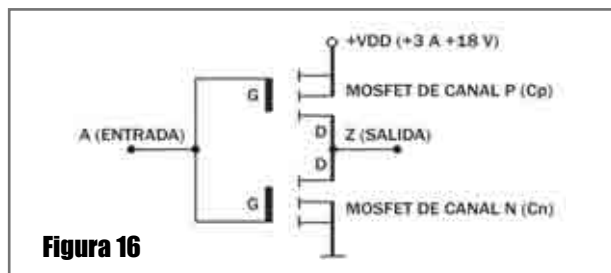


Figura 16

Está constituido por dos transistores de efecto de campo (FET), uno de canal P y otro de canal N. Durante el funcionamiento, uno u otro está activado, produciéndose a la salida un "0" o un "1" lógico. Los drenajes y las compuertas (gates) de ambos transistores están unidos entre sí.

La unión de las compuertas constituye la entrada del inversor y la unión de ambos drenajes constituye la salida del inversor. Una de las fuentes se conecta a la tensión de alimentación y, la otra, a masa.

Se trabaja con lógica positiva. Si la entrada es un "1" ($V_G = +VDD$), el transistor Q_n conduce y el Q_p está al corte, por lo que la salida es un "0" lógico. Cuando la entrada es un "0" ($V_G = 0V$), el Q_p conduce y el Q_n está al corte, por lo que la salida está prácticamente a +VDD (en realidad un poco menos que VDD por la caída en el canal conductor), lo que corresponde a un "1" lógico. Vemos, entonces, que prácticamente no conducen ambos transistores a la vez, con lo cual se reduce el consumo. Por poseer transistores CMOS, esta familia se diferencia de la TTL en lo siguiente:

a) Bajo consumo. Una compuerta CMOS consume 0,01mW en condiciones estáticas (cuando no cambia de estado).

En la forma de operar del inversor anterior, uno de los dos MOS se encuentra siempre al corte y teóricamente no hay circulación de corriente (sin embargo, existe una débil corriente de fuga en el MOS que está

Familias Lógicas

Tabla 1 PARAMETRO	TTL	TTL ALTA VELOCIDAD	TTL	TTLBAJO CONSUMO	TTLIP SCHOTTKY	CMOS	ECL 4ns	ECL 2ns	ECL 1ns	HTL	DTL	RTL
	ESTANDAR	SCHOTTKY	SCHOTTKY	CONSUMO	SCHOTTKY	NOR o NAND	OR/NOR	OR/NOR	OR/NOR	NAND	NAND	NOR
Circuito básico	NAND	NAND	NAND	NAND	NAND	NOR o NAND	OR/NOR	OR/NOR	OR/NOR	NAND	NAND	NOR
FAN-OUT	10	10	10	10	10	50 o más	25	25	10	10	8	5
Tensión de alimentación	5V	5V	5V	5V	5V	3 a 18V	5,2V	-5,2V	-5,2V	15V	5V	3V
Disipación por compuerta	10mW	22mW	19mW	1mW	2mW	0,01mW estimado a 1MHz	22mW	25mW	60mW	55mW	15mW	10mW
Margen de ruido	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Excelente	Bueno	Bajo
Frec. típica p/Flip-Flop	35MHz	50MHz	125MHz	3MHz	45MHz	5MHz	75MHz	125MHz	400MHz	4MHz	12 a 30 MHz	8MHz
Tiempo de propagación por compuerta	10ns	6ns	3ns	33ns	9,5ns	25ns a 50ns o más	4ns	2ns	1ns	150ns	25ns	12ns

Capítulo 2

al corte, debido a los portadores minoritarios del canal).

En condiciones dinámicas, es decir, al efectuarse la conmutación, un MOS pasa del estado de corte al de conducción y el otro MOS de conducción al corte. Existe un instante en el que los dos MOS están conduciendo y originan un pico de corriente.

La potencia dinámica disipada crece linealmente con la frecuencia y con el cuadrado de la tensión de la tensión de alimentación VDD. Para $VDD = 10V$ y $f = 50kHz$, la potencia disipada es el orden de $0,1mW$ por compuerta.

b) Los circuitos CMOS tienen elevada inmunidad al ruido. Normalmente este valor ronda entre el 30 y el 45% de VDD. Este margen de ruido sólo es comparable con la familia HTL.

c) Utilización exclusiva de transistor MOS en la realización de las compuertas. Esto permite lograr una gran densidad de componentes en un circuito integrado y, por lo tanto, la realización de circuitos en LSI y VLSI.

d) Alto fan-out, del orden de 50 o más.

e) Tensión de alimentación en un amplio rango de $+3V$ a $+18V$

Debido a todo esto, la familia CMOS se emplea principalmente en circuitos digitales alimentados por batería y, dada su alta inmunidad al ruido, en ambientes industriales.

La desventaja que sobresale en la familia CMOS es su baja velocidad, con un tiempo de propagación típico de 35 a 50ns o más.

En la tabla 1, se reproduce un cuadro comparativo de las distintas lógicas en función de los diferentes parámetros a los efectos de posibilitar la obtención de datos precisos, en forma rápida, cuando los necesite.

SIMBOLOGÍA Y PARÁMETROS USUALES PARA IDENTIFICAR A LOS CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES

Los circuitos integrados son esquemas funcionales compuestos por transistores, diodos, resistores y capacitores, fabricados en un mismo proceso, sobre un sustra-

to o pastilla (chip), y dentro de una misma cápsula. Esto significa que un circuito integrado digital, con dimensiones parecidas a cualquier semiconductor, contiene muchos componentes discretos interconectados directamente, que responden a una función electrónica precisamente definida.

El desarrollo que en los últimos años ha impulsado a los circuitos integrados digitales, tanto en su tecnología de fabricación como en lo que se refiere al desarrollo e investigación, ha conseguido colocar en un único chip todos los elementos que componen un computador que se conoce con el nombre de microprocesador o microcontrolador, según el caso, con lo cual se ha logrado reducir enormemente el volumen, lo cual no es la única ventaja porque los circuitos integrados digitales se han hecho indispensables en la industria, electromedicina, comunicaciones, en el campo militar y aeroespacial, etc.

Con el fin de comprender mejor el funcionamiento de los diferentes circuitos integrados digitales, vamos a definir la forma en que suelen representarse los diferentes parámetros que intervienen en la designación de un componente.

Interpretación de los Parámetros

Los fabricantes emplean símbolos para determinar las características de los mismos. Estos símbolos están de acuerdo con las normas internacionales y suelen aparecer en las hojas de datos de los componentes:

VIH: Tensión de entrada con nivel lógico alto. Se garantiza un mínimo.

VOH: Tensión de salida con nivel lógico alto. Se garantiza un mínimo.

VOL: Tensión de salida con nivel lógico bajo. Se garantiza un máximo.

VIL: Tensión de entrada para nivel bajo. Se garantiza un máximo.

VCC: Tensión de alimentación.

VCD: Tensión en el diodo limitador de entrada.

VO(on): Tensión de salida en estado conductor.

VO(off): Tensión de salida en estado de bloqueo.

Vt+: Tensión de umbral en el flanco positivo.

Vt-: Tensión de umbral en el flanco negativo.

Familias Lógicas

ICCH: Corriente de alimentación con salida a nivel alto.

ICCL: Corriente de alimentación con salida a nivel bajo.

IIH: Corriente de entrada en nivel alto. Es la corriente que circula por una entrada cuando se le aplica un nivel lógico "1".

III: Corriente de entrada en nivel bajo.

IOH: Corriente de salida en estado alto.

IO(off): Corriente de salida en estado de bloqueo.

IO(on): Corriente de salida en estado conductor.

Ios: Corriente de salida en cortocircuito.

Fmáx: Frecuencia máxima de reloj.

Fi: Fan-in.

Fo: Fan-out.

tpHL: Tiempo de propagación para el cambio alto a bajo.

tpLH: Tiempo de propagación para el cambio de bajo a alto.

tw: Ancho medio de impulso.

Evidentemente, los datos son sólo algunos de los símbolos empleados; en la medida que sea necesario, continuaremos definiendo nuevos parámetros.

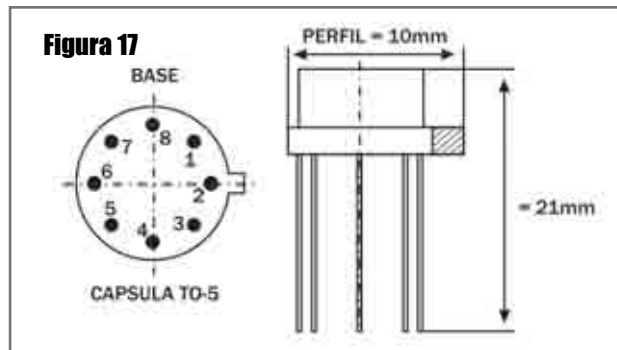
ENCAPSULADOS UTILIZADOS EN LOS CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES

Hemos dicho que los circuitos integrados incluyen circuitos electrónicos con transistores, resistores, capacitores, etc, contruidos sobre un mismo material llamado sustrato que, a su vez, son encapsulados en un mismo chip. Los circuitos integrados digitales suelen encapsularse en envases diferentes, según el fabricante y sus usos más frecuentes, pero hay tres tipos básicos de cápsulas que son:

a) Cápsula cilíndrica

Esta cápsula normalmente es de metal y con forma cilíndrica, similar a la utilizada en ciertos transistores especiales. Su mayor inconveniente es que el número de patitas no puede exceder de 12, lo que limita bastante sus aplicaciones.

El aspecto físico de esta cápsula se muestra en la figura 17.

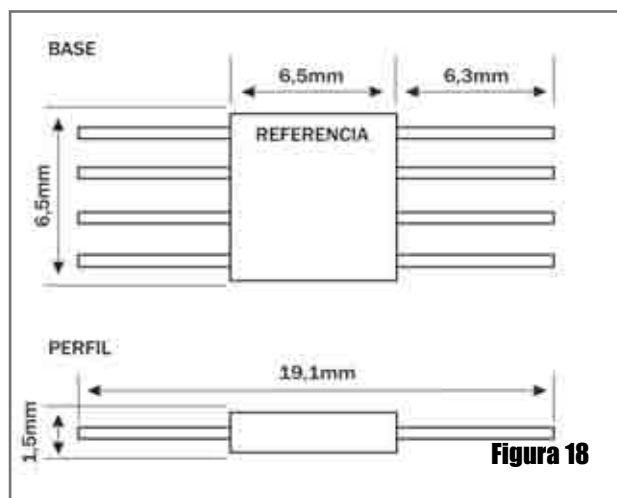


b) Cápsula plana o "flat-pack"

Tiene un volumen muy reducido y suele ser de material cerámico.

Dado que las patitas se encuentran colocadas de forma que se les puede soldar "por puntas" mediante un procedimiento semiautomático, su montaje con la técnica habitual es laborioso.

En la figura 18 se da un detalle de este tipo de cápsula que no mide más de 6,5 mm por 20 mm, con un espesor de solo 1,5 mm.

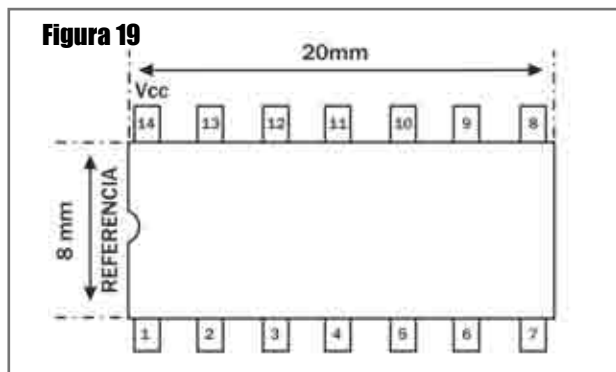


c) Cápsula de doble fila de conexión (Dual in line DIP o DIL)

Es la más utilizada en los circuitos integrados digitales comerciales. Las dos filas de patitas, al ser rígidas, permiten que se pueda insertar en tarjetas de circuito impreso normalizado. Puede estar hecha con material plástico o cerámico. Son usuales las cápsulas de 14 y 16

Capítulo 2

patitas. También existe de 8, 18, 22, 24 y 28 patitas. El aspecto físico de este tipo de cápsula se muestra en la figura 19.



Los circuitos electrónicos con componentes digitales poseen un "lay-out" específico donde se contempla el formato DIL. Es por eso que damos a continuación una serie de ejemplos de circuitos integrados digitales con componentes de la familia TTL. Tales ejemplos se dan en las figuras 20, 21 y 22, según el siguiente detalle:

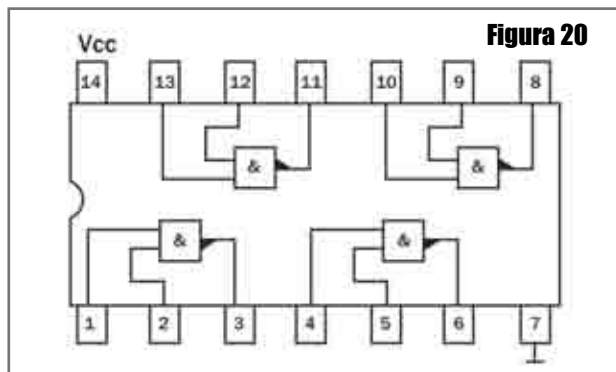


Figura 20: 7400 - Cuádruple compuerta NAND de 2 entradas.

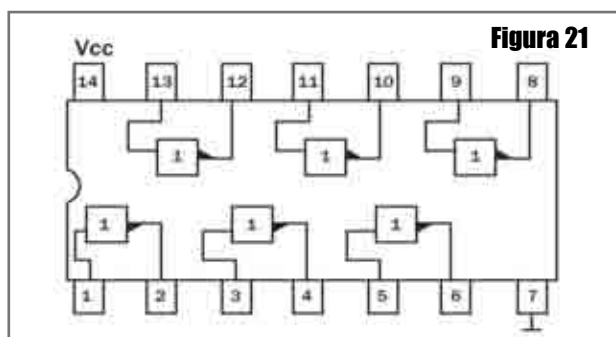


Figura 21: 7404 - Séxtuple inversor.

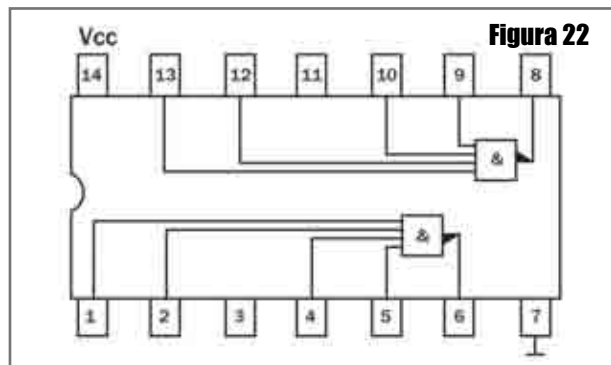


Figura 22: 7420 - Doble compuerta NAND de 2 entradas.

NOMENCLATURA UTILIZADA POR LOS FABRICANTES

En general, cada fabricante de circuitos integrados digitales utiliza una forma particular para distinguir sus componentes. A continuación veremos algunas nomenclaturas a modo de ejemplo.

Código de TEXAS INSTRUMENTS

Posee dos letras mayúsculas, cinco números y una letra final, cuyo significado es el siguiente:

Las dos primeras letras mayúsculas SN identifican el fabricante. Las dos siguientes indican el margen de temperaturas de acuerdo a lo siguiente:

- 74 margen comercial 0 a 75°C
- 54 margen militar -55 a 125°C

Tres cifras o dos cifras que determinan la función que realiza (número de serie). Su última letra indica el tipo de encapsulado:

- J: Dual in line, cerámico
- N: Dual in line, plástico
- H, U, T, W, Z: Flat-Pack
- L: TO-5

Como ejemplo podemos dar el siguiente componente que es fabricado por Texas Instruments:

Sn 7402 N: SN Texas

Familias Lógicas

- 74 margen de temperatura comercial
- 02 función lógica que efectúa (en este ejemplo cuádruple compuerta NOR con 2 entradas)
- N Cápsula Dual in line plástica

Código de MOTOROLA

Representado con dos letras de identificación del fabricante: MC.

Una cifra de dos números sirve para indicar el margen de temperatura, luego otra de dos o tres números indica la función. Las letras para el encapsulado son:

- L: Dual in line cerámico
- G: TO-5
- F: Flat-Pack
- P: Dual in line plástico

Demos como ejemplo el componente

MC 7404 P MC: Motorola

- 74 margen de temperatura comercial
- 04 función lógica, séxtuple inversor
- P: Dual in line plástico

Código de NATIONAL SEMICONDUCTOR

Usa dos letras para identificar el fabricante: DM National, dos cifras que indican el margen de temperatura y dos o tres cifras que indican la función. Letra que indica el encapsulado:

- D: Dual in line cerámico
- N: Dual in line plástico
- F: Flat-Pack

Demos el siguiente ejemplo:

DM 7430 N: DM National

- 74 Margen de temperatura comercial
- 30 Función lógica (Única compuerta NAND de 8 entradas)
- N: Cápsula Dual in line plástico

Los reseñados corresponden a ejemplos de tres de las más importantes empresas fabricantes de circuitos integrados digitales, resta, ahora, dar algunos ejemplos de componentes CMOS comerciales.

Algunos Circuitos Integrados CMOS

- 4001 Cuádruple compuerta NOR de 2 entradas
- 4002 Doble compuerta NOR de 4 entradas
- 4008 Sumador total de 4 bits
- 4012 Doble compuerta NAND de 4 entradas
- 4011 Cuádruple compuerta NAND de 2 entradas
- 4013 Doble Flip-Flop D disparado por flancos
- 4023 Triple compuerta NAND de 3 entradas
- 4025 Triple compuerta NOR de 3 entradas
- 4027 Doble Flip-Flop J-K
- 4028 Decodificador BCD-decimal
- 4044 Cuádruple Flip-Flop R-S con compuertas NAND (Cuádruple cerrojo NAND R-S de 3 estados)
- 4063 Comparador de 4 bits
- 4069 Séxtuple inversor
- 4071 Cuádruple compuerta OR de 2 entradas
- 4072 Cuádruple compuerta OR de 4 entradas
- 4073 Triple compuerta AND de 3 entradas
- 4075 Triple compuerta OR de 3 entradas
- 4081 Cuádruple compuerta AND de 2 entradas
- 4082 Doble compuerta AND de 4 entradas
- 4097 Multiplexor de 8 canales
- 4508 Latch de 4 bits

VENTAJAS DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES

Para finalizar con este capítulo, digamos que en la actualidad, cuando no es preciso operar con sistemas de alta velocidad, la tendencia es utilizar componentes CMOS, por sus ventajas con respecto a las familias que tienen transistores bipolares (tales como las TTL). Sin embargo, todos los circuitos integrados digitales presentan ventajas con respecto a los componentes lineales. Podemos mencionar una serie de ventajas referidas al aumento de la confiabilidad en los circuitos electrónicos, la reducción del stock, reducción del costo de los equipos, reducción del tiempo de reparación, etc. Damos a continuación, un detalle acerca de lo que estamos hablando:

- Aumento de la confiabilidad.
- Un circuito integrado digital tiene una confiabilidad

Capítulo 2

mucho mayor que otro circuito similar realizado con componentes discretos, debido a un minucioso estudio que exige el proyecto de un circuito integrado digital, a las modernas técnicas de fabricación, a la menor influencia de la temperatura, por estar todos en una misma superficie, etc.

- Se requieren menos componentes para stock.
- Reducción importante de las capacidades parásitas, que existen entre los componentes a causa de su proximidad.

- Reducción de tiempo en la localización de fallas, puesto que el sistema que se usa es el de la sustitución de los circuitos integrados digitales defectuosos, no siendo posible su reparación.

- Menor costo

Como desventaja, podemos decir que la potencia máxima que pueden disipar los circuitos integrados digitales es reducida. Los valores de los resistores y los capacitores integrados no pueden superar ciertos máximos, lo que hace que este tipo de componente, algunas veces, deba quedar en el exterior de los circuitos integrados digitales.

ALGUNAS DEFINICIONES

SSI (Small Scale Integration)

Significa una integración en pequeña escala, hasta 10 compuertas por chip (menor de 100 transistores). Ejemplos: compuertas lógicas (NAND, NOR, etc.), inversores, Flip-Flops.

MSI (Medium Scale Integration)

Corresponde a una integración en mediana escala, entre 10 y 100 compuertas por chip (100 a 1.000 transistores). Ejemplos: decodificadores, demultiplexores, comparadores, multiplexores, contadores, registros de desplazamiento, codificadores.

LSI (Large Scale Integration)

Corresponde a una integración en alta escala, entre 100 y 1.000 compuertas por chip (1000 a 10000 transistores).

VLSI (Very Large Scale Integration)

Corresponde a más de 1.000 compuertas por chip (más de 10000 transistores).

Con respecto a las características generales de estos componentes, los fabricantes de circuitos integrados digitales utilizan, para definir sus productos, algunas características comunes, indicándolas en sus catálogos, publicaciones y folletos. Las más significativas son:

Fan-out (Cargabilidad de salida F_o)

Indica el máximo número de compuertas que se pueden conectar a la salida de una compuerta. Es la carga que puede conectarse a la salida.

Fan-in (Cargabilidad de entrada F_i)

Es la máxima cantidad de compuertas que se pueden conectar a la entrada del componente.

Niveles lógicos

Se denomina así a los valores de tensión, tanto en estado alto como en estado bajo, que se aplican a estos integrados y son reconocidos como "1" o "0" lógicos. Estos niveles son:

V_{oH} : Mínima tensión de salida en el nivel lógico alto.

V_{oL} : Máxima tensión de salida en el nivel lógico bajo.

V_{iH} : Mínima tensión que, aplicada a la entrada, es reconocida como el estado lógico "1".

V_{iL} : Máxima tensión que, aplicada a la entrada, es reconocida como el estado lógico "0".

Por ejemplo, en TTL (lógica transistor-transistor):

$V_{iH} = 2V$

$V_{iL} = 0,8V$

$V_{oH} = 2,4V$

$V_{oL} = 0,4V$

Margen de ruido

Es la variación de tensión admisible a la entrada de una compuerta, sin que la salida de la misma cambie de estado. Existen dos márgenes de ruido:

- Margen de ruido en el estado lógico "0" de entrada:

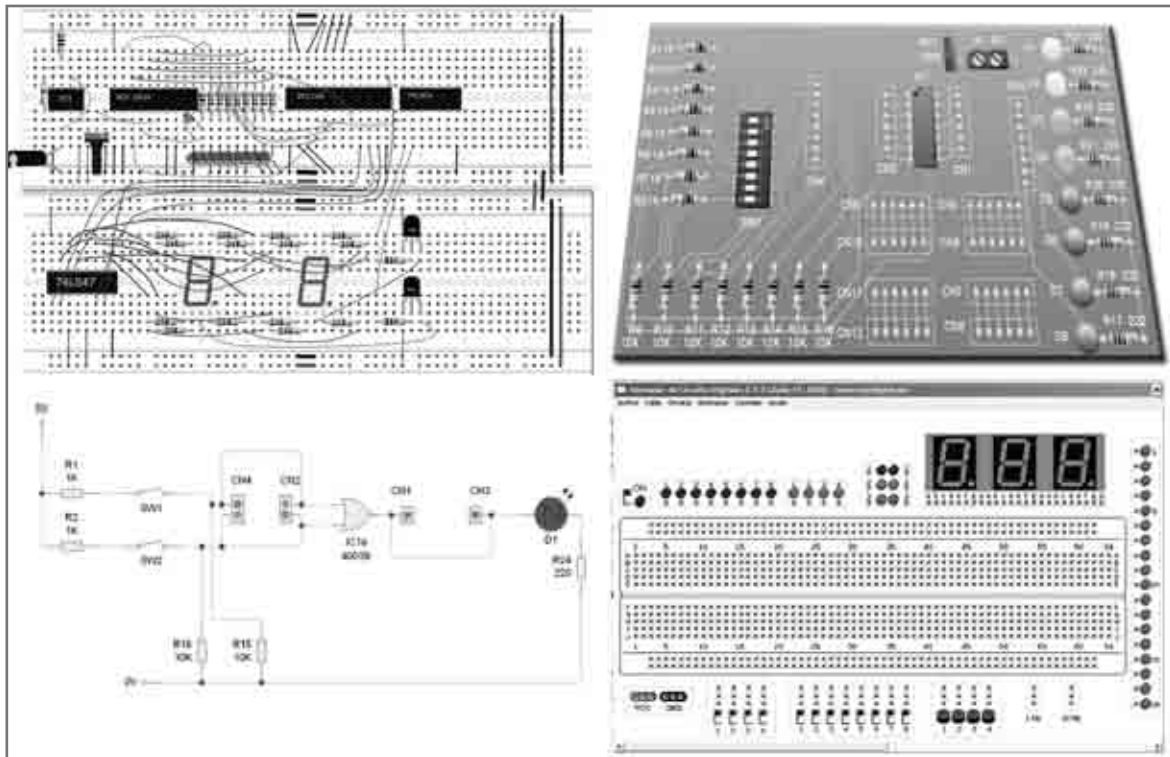
$NIL = V_{iL} - V_{oL}$

- Margen de ruido en el estado lógico "1" de entrada

$NIH = V_{oH} - V_{iH}$

Para más información descargue el CD recomendado. ☺

CAPÍTULO 3



PRÁCTICA CON CIRCUITOS DIGITALES ENTORNO DE DESARROLLO Y PLACA DE ENTRENAMIENTO

Este libro pretende ser práctico y brindar soluciones prácticas para que realice sus propias experiencias con circuitos electrónicos digitales. Hace más de 30 años que los estudiantes de electrónica realizan el ensamble del prototipo de un circuito sobre un elemento denominado protoboard. Este dispositivo permite montar y modificar fácil y rápidamente circuitos electrónicos sin necesidad de soldaduras y, muchas veces, sin herramientas. Una vez que el circuito bajo experimentación está funcionando correctamente sobre el protoboard puede procederse a su construcción en forma definitiva sobre un circuito impreso utilizando soldaduras para fijar e interconectar los componentes. Ahora, si bien es posible montar circuitos que permitan comprobar las características de las compuertas lógicas en un protoboard, la falta de práctica en el uso de esta herramienta puede ocasionar que el aficionado, lector o estudiante cometa errores que lo desanimen a la hora de tener que aprender electrónica digital. Es por eso que, además de enseñarle a usar el protoboard, le proponemos el armado de una placa de entrenamiento para electrónica digital, de bajo costo y muy fácil de emplear.

Capítulo 3

INTRODUCCIÓN

El nombre protoboard es una contracción de los vocablos ingleses prototype board y es el término que se ha difundido ampliamente en los países de habla hispana. Sin embargo, particularmente en Estados Unidos e Inglaterra, se conoce como breadboard. Anteriormente un breadboard era una tabla utilizada como base para cortar el pan, pero en los principios de la electrónica los pioneros usaban dichas tablas para montar sus prototipos, compuestos por válvulas (tubos de vacío), clavijas, etc., los cuales eran asegurados por medio de tornillos e interconectados usando cables.

Un protoboard está constituido por un arreglo matricial de contactos, como se observa en la figura 1. En este caso, se trata de un dispositivo de 14 filas y 50 columnas. Cada columna del grupo "A, B, C, D y E" representa un nodo, al igual que cada columna del grupo "F, G, H, I y J". Las dos filas superiores y las dos últimas también son nodos.

Los contactos están separados entre sí por una distancia de 0,1 pulgadas (2,5 mm aproximadamente), distancia que corresponde a la separación entre pines o terminales de los circuitos integrados, que son los principales componentes de los circuitos electrónicos actuales.

El contacto eléctrico se realiza a través de orificios interconectados en los que se insertan los terminales de los componentes. Los contactos entre orificios no están visibles, ya que se encuentran por debajo de la cubierta plástica aislante del protoboard, figura 2. Cada grupo de orificios interconectados se denomina "nodo".

Esta disposición también permite instalar e interconectar fácilmente los demás componentes electrónicos tales como los transistores, resistencias y capacitores, entre otros. Para hacer las uniones entre orificios

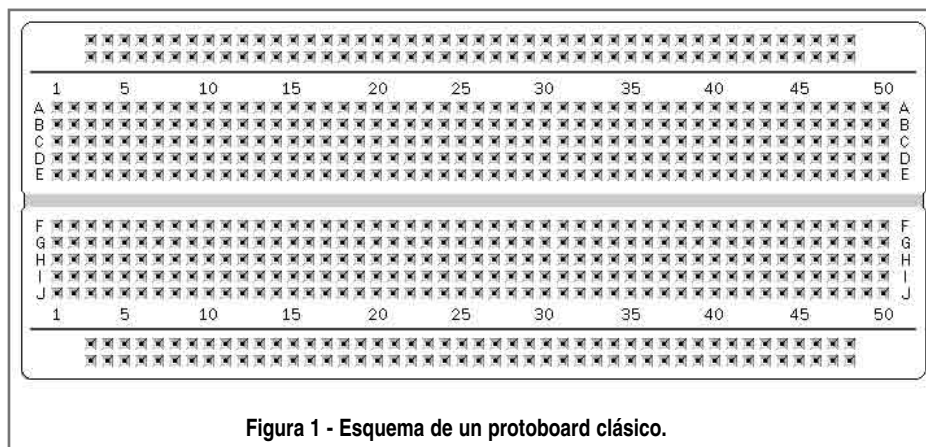


Figura 1 - Esquema de un protoboard clásico.

distante, de modo de hacer las interconexiones necesarias para armar el circuito, se utiliza alambre tipo telefónico calibre 22 (alambre con aislante).

Mirando el esquema del protoboard, las columnas de orificios tienen cinco perforaciones que se conectan entre sí en forma vertical. Sin embargo entre cada columna NO existe contacto, figura 3.

En sentido horizontal hay 4 filas, dos superiores y dos inferiores que, en este caso, tienen 50 orificios interconectados y reciben el nombre de buses. Las mayorías de las protoboard traen dos buses a cada lado y se utilizan generalmente para manejar en ellos los voltajes o tensiones de alimentación.

Además, existe un canal central separador cuya distancia es igual a la que existe entre las filas de terminales de los circuitos integrados. Esto es con el fin de poder ubicar sobre dicha separación, todos los circuitos inte-

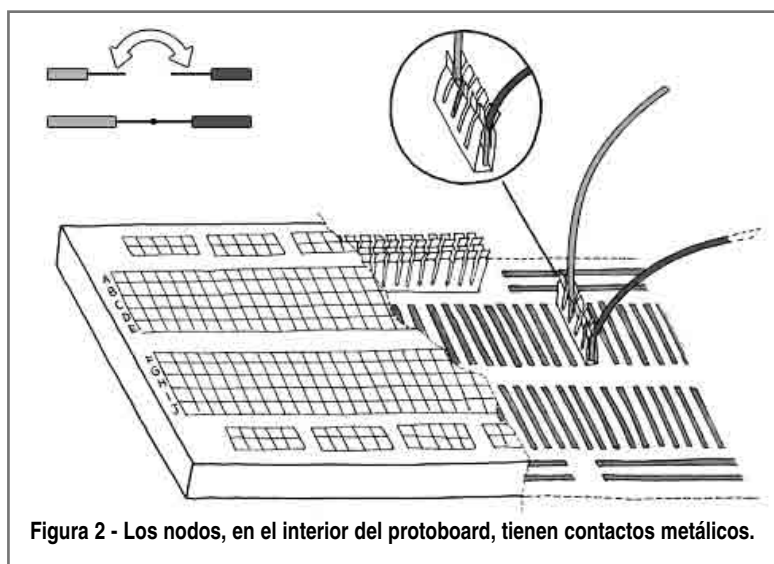


Figura 2 - Los nodos, en el interior del protoboard, tienen contactos metálicos.

Práctica con Circuitos Digitales

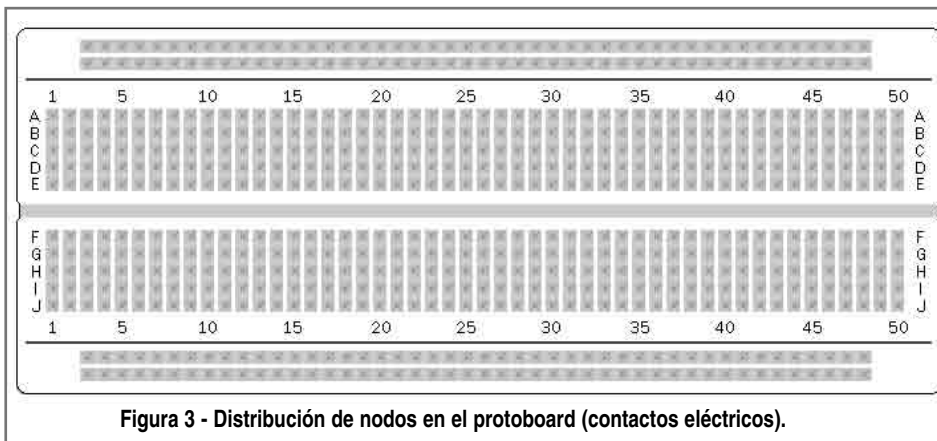


Figura 3 - Distribución de nodos en el protoboard (contactos eléctricos).

grados que posea el circuito. Las columnas a cada lado del canal central no están unidas, lo que establece dos áreas de conexiones para el circuito.

TRABAJANDO CON EL PROTOBOARD

Aunque no existen reglas definidas para el ensamble de circuitos en un protoboard, y cada persona puede armar un prototipo según sus gustos y habilidades, se deben tener en cuenta algunos aspectos básicos con el fin de que el proyecto tenga éxito y sea de fácil modificación.

A continuación listamos algunas de las consideraciones a tener en cuenta para ensamblar circuitos electrónicos en un protoboard:

1) Tenga a la mano todos los componentes para armar el circuito según la lista de materiales.

2) Deje suficiente separación, aunque no demasiada, entre los componentes para que el ensamble de los demás elementos pueda realizarse sin riesgos de confusión. Si coloca muchos componentes en un espacio reducido se puede dificultar el proceso de ensamble y si luego es necesario sustituir algún componente, puede verse obligado a desarmar parte del circuito, tornándose en un proceso engorroso.

3) Trate de no cortar los terminales de los componentes ya que en algunos casos es necesario cambiarlos de lugar donde se requiere que estos sean más largos.

4) Utilice en lo posible un extractor de circuitos inte-

grados para retirar o colocar esos componentes, con el objeto de evitar daños en sus terminales.

5) No instale sobre el protoboard componentes que generen una gran cantidad de calor, pues pueden derretir el plástico, dañándolo de forma permanente. Tal es el caso de resistencias de potencia o

de semiconductores que disipen mucho calor.

6) No utilice componentes cuyos terminales sean muy gruesos o alambres de calibres grande ya que dañarán las laminillas de contacto que van dentro de los agujeros del protoboard. No fuerce ningún terminal o alambre dentro de los orificios.

7) En lo posible, no utilice el protoboard para circuitos de corriente alterna por encima de los 60V, ya que la aislación no es suficiente y pueden generarse corto circuitos o presentarse posibles situaciones de riesgo personal.

8) Si bien están fabricados para soportar corrientes del orden de 1A, es aconsejable que en ningún caso el consumo supere los 500mA en cualquier parte del circuito.

CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS

En la figura 4 se muestra otra tabla con múltiples orificios los cuales se pueden ordenar, tal como dijimos antes, en filas y columnas. En particular el esquema muestra un protoboard de 28 filas y 14 columnas. Las columnas han sido concentradas en los grupos A, B, C y D.

Cada fila del grupo A representa un nodo, al igual que cada fila del grupo B, es decir, si se conecta el terminal de algún elemento electrónico en el orificio (1,3), éste estará conectado directamente con el terminal de otro elemento electrónico que se conecta en el orificio (1,4). Además, cada columna del grupo C representa un nodo, al igual que cada columna del grupo D. Los

Capítulo 3

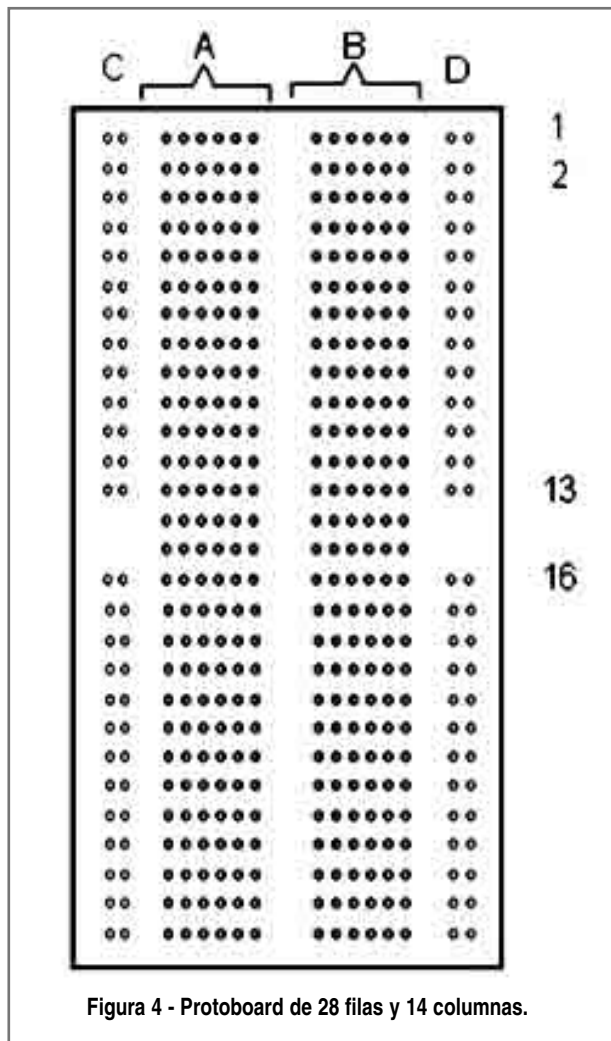


Figura 4 - Protoboard de 28 filas y 14 columnas.

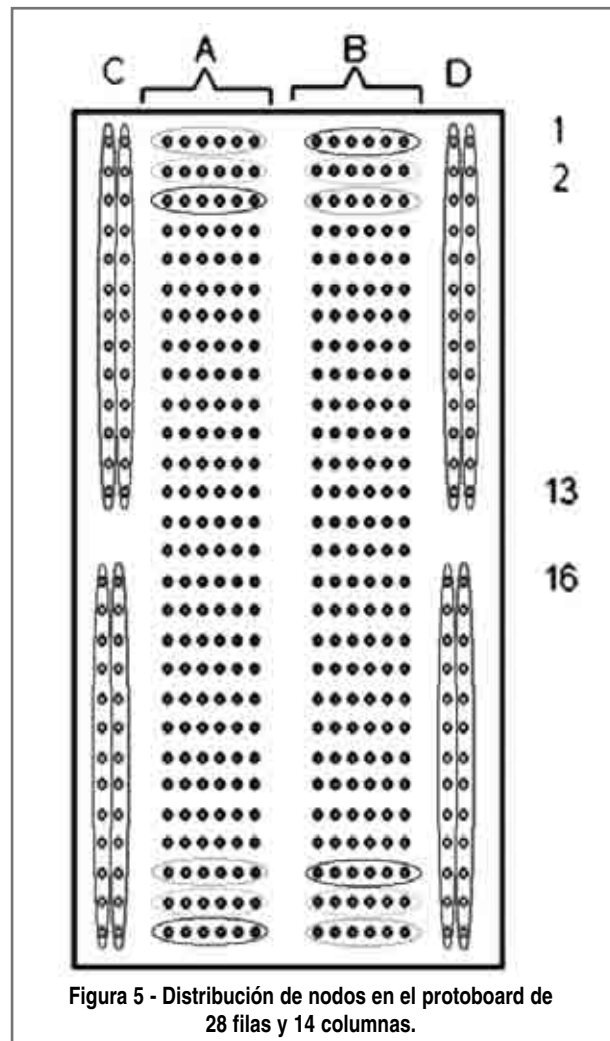


Figura 5 - Distribución de nodos en el protoboard de 28 filas y 14 columnas.

largos de las columnas de los grupos C y D están divididos en dos mitades, desde la fila 1 a la 13, y desde la fila 16 a la 28, esto permite tener un mayor número de nodos.

Integrando lo recientemente explicado, los distintos nodos quedan distribuidos dentro del protoboard según muestra la figura 5. En esta figura se puede apreciar

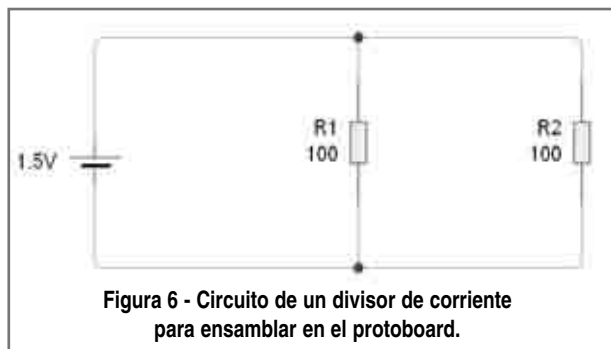


Figura 6 - Circuito de un divisor de corriente para ensamblar en el protoboard.

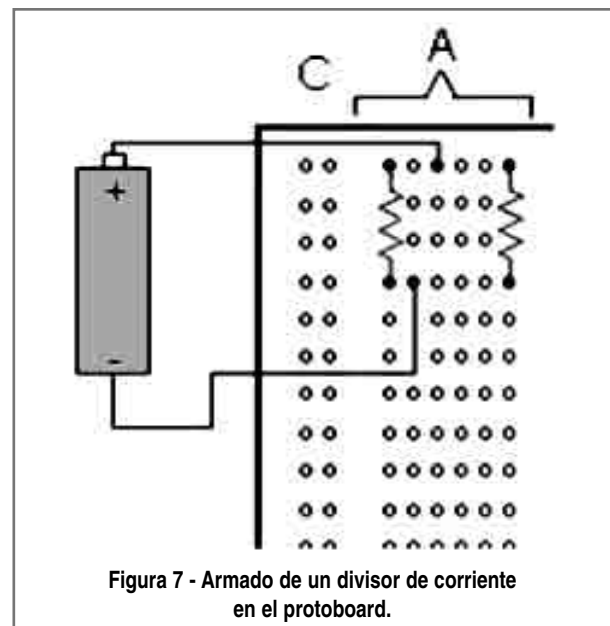


Figura 7 - Armado de un divisor de corriente en el protoboard.

Práctica con Circuitos Digitales

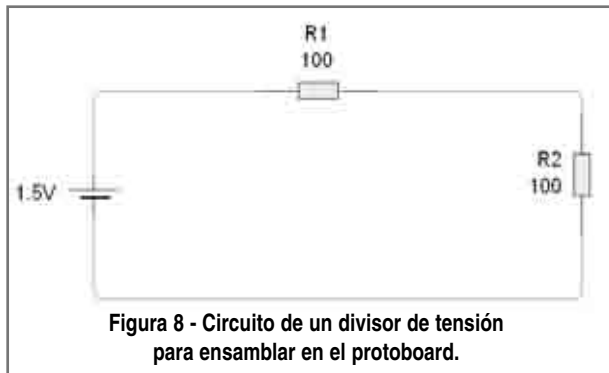


Figura 8 - Circuito de un divisor de tensión para ensamblar en el protoboard.

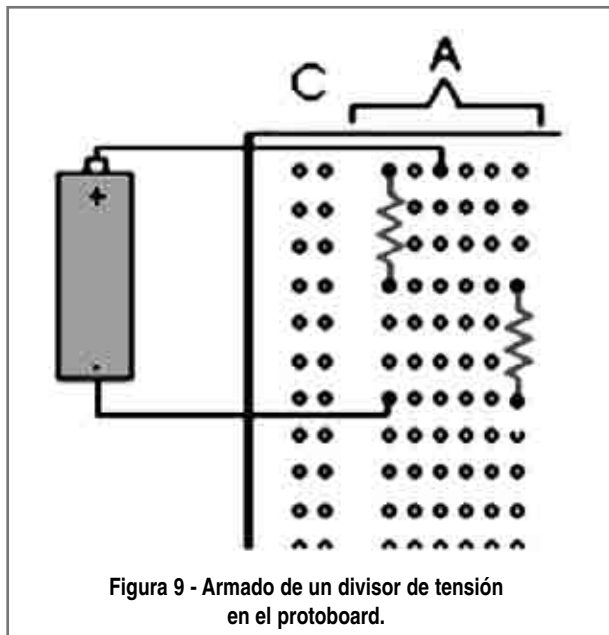


Figura 9 - Armado de un divisor de tensión en el protoboard.

que el grupo A tiene 28 nodos, al igual que el grupo B. Además, los grupos C y D tienen 4 nodos cada uno. El total de nodos de este protoboard en particular es de 64 nodos. Por convención y comodidad, los grupos A y B se ocupan para interconexión de componentes en general, mientras que los nodos de los grupos C y D se utilizan para la alimentación de la tabla.

EJEMPLOS

a) Divisor de corriente: Vamos a armar el divisor de corriente de la figura 6. El circuito presenta sólo dos nodos. Esta configuración se puede conectar en la práctica de la forma mostrada en la figura 7. Note que para poder realizar este circuito aprovechamos las propiedades eléctricas del protoboard.

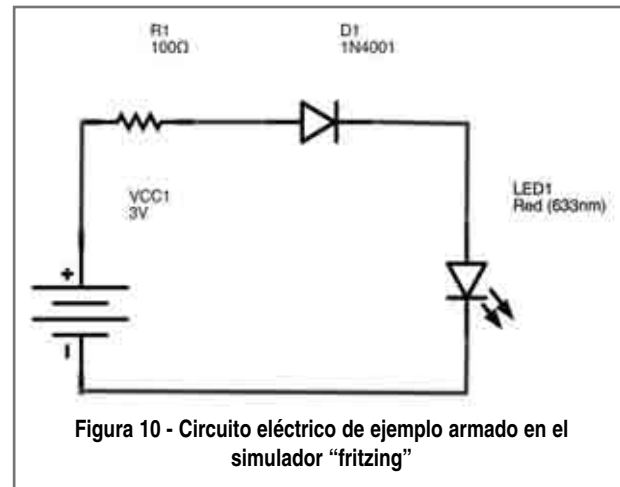


Figura 10 - Circuito eléctrico de ejemplo armado en el simulador "fritzing"

b) Divisor de tensión: Armaremos ahora el circuito de la figura 8. El circuito presenta 3 nodos. Esta configuración se puede conectar en la práctica de la forma sugerida en la figura 9.

Como mencionamos al comienzo de esta presentación, el tipo y tamaño de un protoboard puede variar pero siempre la separación entre filas y columnas debe ser la misma, así como el tamaño de los agujeros para realizar la conexión de los diferentes componentes.

Como conclusión, podemos decir que el uso del protoboard para la implementación de circuitos electrónicos con objeto de aprendizaje e investigación es una técnica muy práctica y que requiere experiencia para poder obtener el máximo provecho.

Existe un programa que puede descargar gratuitamente de www.fritzing.org/download que permite crear un circuito eléctrico en base a símbolos preestablecidos y, a partir de él, realizar el montaje en un protoboard en forma virtual para simular su funcionamiento antes del armado final en el protoboard.

En la figura 10 tenemos un circuito creado en "fritzing" y en la figura 11 cómo sería el armado en un protoboard de acuerdo a lo sugerido por el uso del mencionado programa.

Fritzing es un editor de esquemas de conexión para proyectos de electrónica que está pensado principalmente para realizar proyectos con Arduino. Arduino es Hardware libre y ofrece una interesante vía de desarrollo para gente que se quiera adentrar en el mundo de la electrónica y la robótica.

Capítulo 3

La aplicación es muy sencilla. En el panel lateral tenemos las tres vistas principales organizadas en pestañas.

Una de las características que me parece interesante para novatos en electrónica como es mi caso es que incluye varios ejemplos donde podemos ver proyectos realizados utilizando esta aplicación.

Protoboard o Placa de Prototipos

La figura 12 muestra una vista del escritorio de fritzing, diseñado para mostrar la visión real de nuestro proyecto y en ella realizaremos nuestras conexiones de una manera muy sencilla. Simplemente tendremos que ir colocando los componentes de nuestro circuito y unirlos entre sí.

En el panel visual del programa también podemos añadir notas para aclarar partes del diseño, esta herramienta me parece muy útil si se trabaja individualmente pero tiene mayor importancia cuando se realiza de manera colaborativa ya que permite una mejor comunicación entre los miembros del grupo.

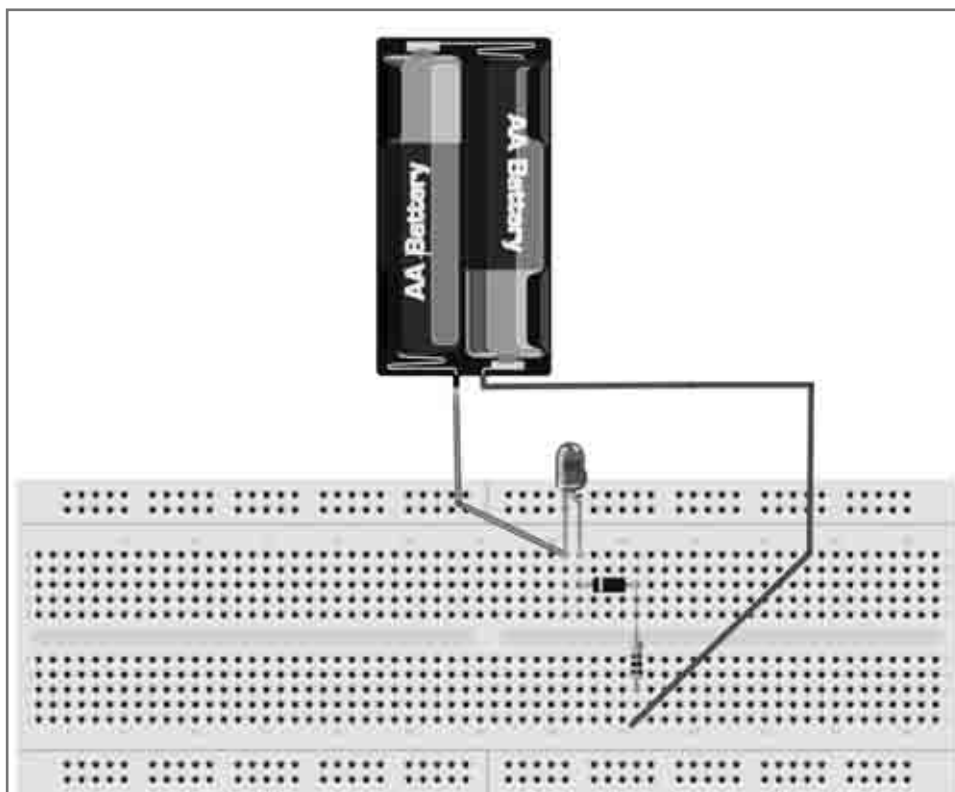


Figura 11 - Sugerencia para el armado de un circuito en protoboard sugerido por el programa "fritzing"

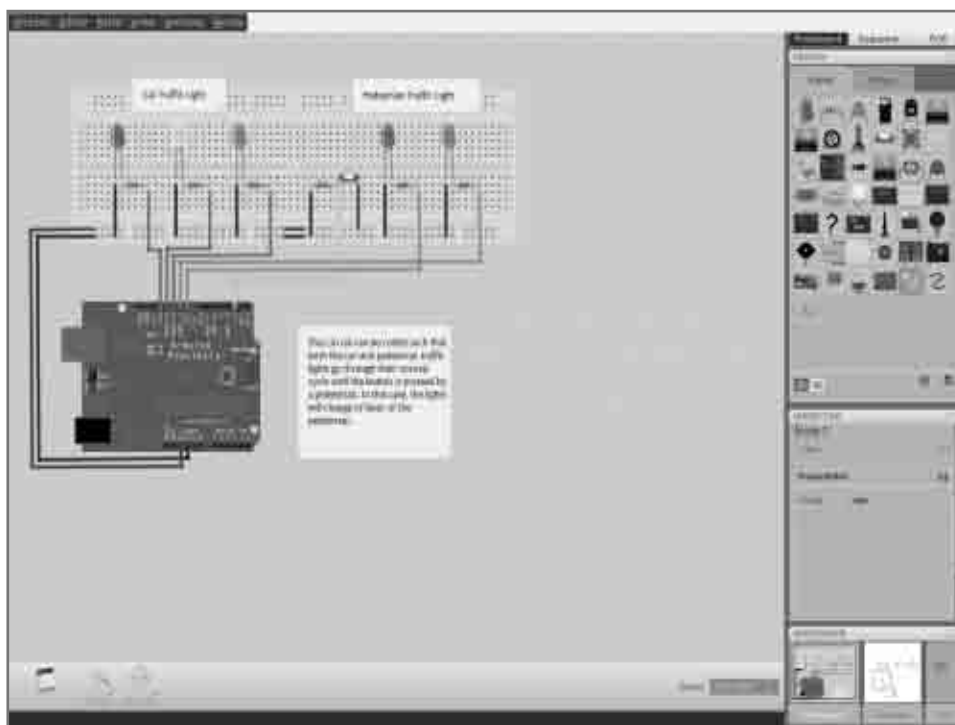


Figura 12 - El escritorio de fritzing está diseñado para mostrar la visión real de nuestro proyecto y en él realizaremos nuestras conexiones de una manera muy sencilla

Práctica con Circuitos Digitales

PLACA DE ENTRENAMIENTO PARA ELECTRÓNICA DIGITAL

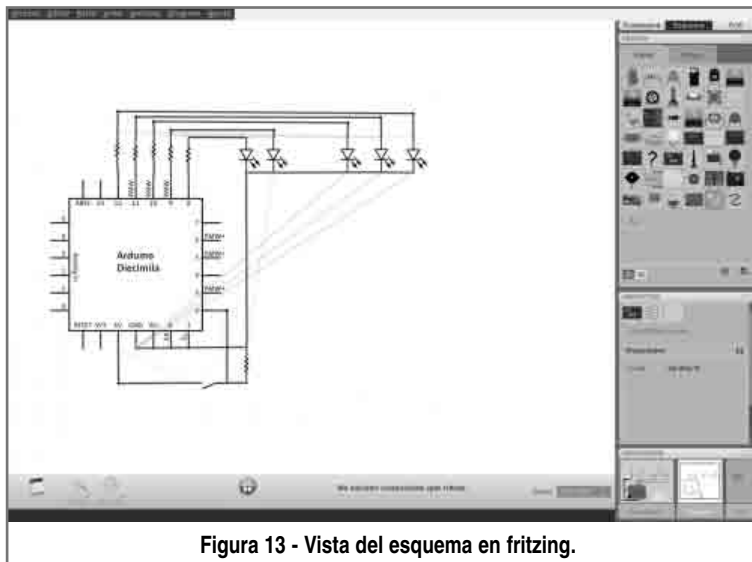


Figura 13 - Vista del esquema en fritzing.

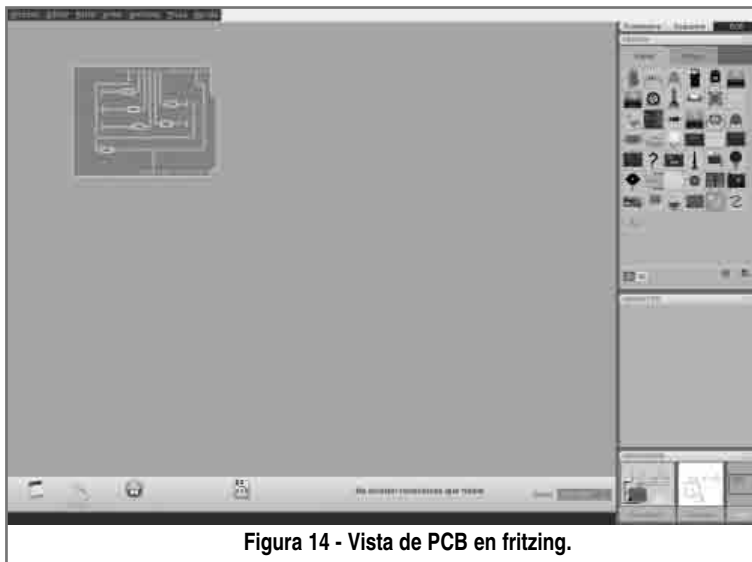


Figura 14 - Vista de PCB en fritzing.

INTRODUCCIÓN

Creemos que la mejor forma de aprender electrónica es practicando para poner a prueba cada uno de los conceptos que se enseñan. Como suelo decir, creo que la electrónica es un lenguaje... como el castellano, el inglés o el italiano; se debe manejar cierto vocabulario y saber la estructura del idioma (como se arma una oración, por ejemplo) para poder comprenderlo. Con la electrónica digital ocurre lo mismo, es decir, debe conocer el funcionamiento de las compuertas y las leyes fundamentales (vocabulario) para poder interconectarlas con el objeto de construir circuitos digitales (estructura de las oraciones).

El lector ya conoce las leyes fundamentales de la electrónica digital (leyes de De Morgan y mapas de Karnaugh) y es hora de aprender a "mantener una conversación" o, mejor dicho, es momento de poner en práctica lo que hemos aprendido.

Para ello nada mejor que contar con un entrenador digital en base a un protoboard y una serie de elementos (display, interruptores, fuente de alimentación, etc.), tal como el que se muestra en la figura 15. En realidad la pantalla mostrada en

La Vista de Esquema, figura 13, presenta una forma más abstracta de ver los componentes y las conexiones. Esta vista resulta útil para comprobar las conexiones realizadas en la vista anterior y resulta ideal para documentar nuestro trabajo.

Vista de PCB o placa del circuito impreso, figura 14, es donde se diseña como van a ir acomodados los componentes dentro de la placa de circuito impreso. Podremos cambiar el tamaño y la complejidad de las conexiones. Una vez colocados todos los componentes usaremos el botón de autorroteo para generar las líneas de cobre entre las distintas partes.

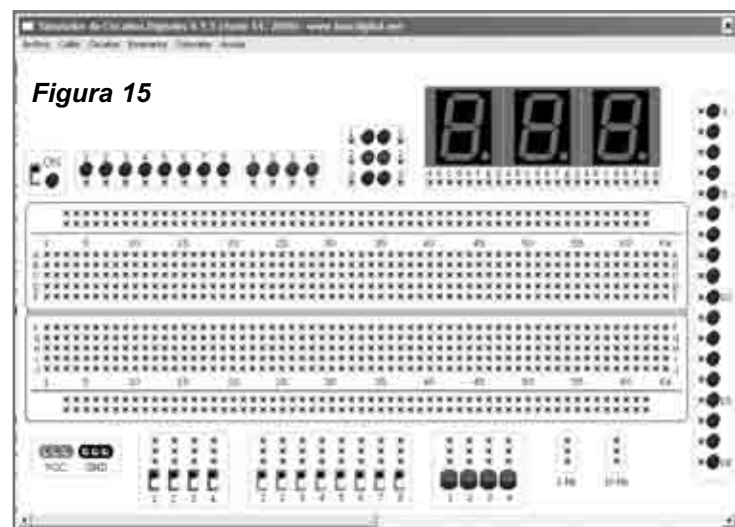


Figura 15

Capítulo 3

dicha figura corresponde a un software denominado "Simulación de Construcción de Circuitos Digitales" diseñado por el Ing. Arturo Javier Miguel de Priego Paz Soldán. Se trata de un software gratuito que le permite poner en práctica los diferentes conceptos teóricos y cuyo manejo explicaremos en otra edición.

Si Ud. desea armar dicho entrenador, realmente va a gastar bastante dinero, ya se por el costo de los componentes como la logística para su colocación sobre el tablero.

Es por ello que sugerimos el montaje de una placa entrenadora para electrónica digital sencilla, para que realice sus primeras experiencias y adquiera la práctica necesaria para fijar los conocimientos con seguridad.

PRIMERO APRENDA A SIMULAR

Le sugerimos que descargue el programa "Simulación de Construcción de Circuitos Digitales" desde la página del autor

o desde el link dado en nuestra web: www.webelectronica.com.ar, haciendo clic en el icono password e ingresando la clave "simulad".

El Simulador de Construcción de Circuitos Digitales con Escenarios Virtuales y Tutoriales Interactivos es un programa para construir circuitos digitales sobre un módulo digital virtual a partir de modelos lógicos de circuitos integrados estándares

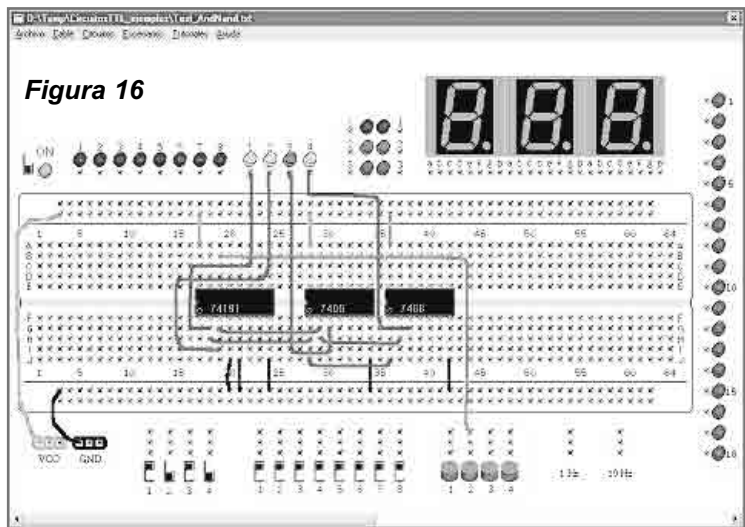


Figura 16

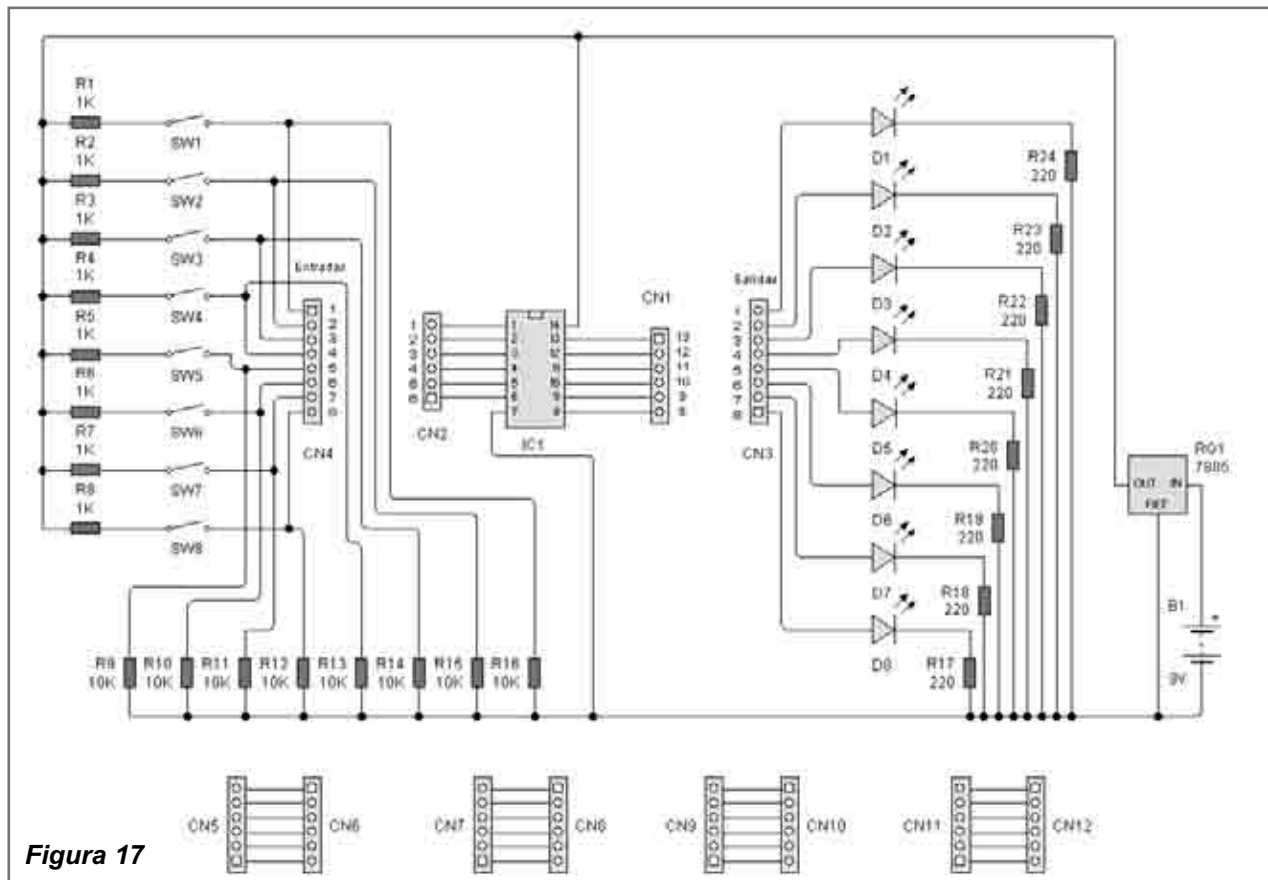


Figura 17

Práctica con Circuitos Digitales

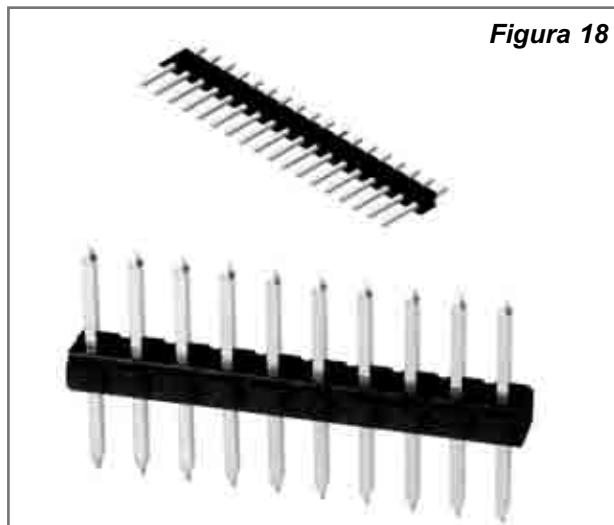


Figura 18

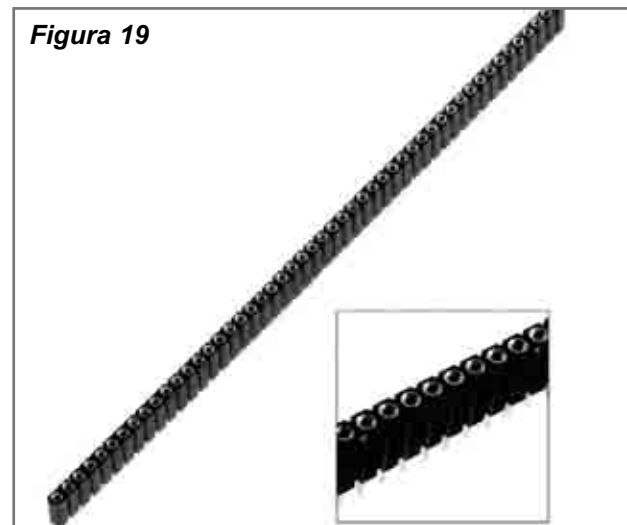


Figura 19

(familia TTL LS) y de aplicación específica (ASIC). Los circuitos pueden ser simulados en el módulo digital directamente y en algunos casos pueden ser validados con Escenarios Virtuales que representan al ambiente donde los circuitos operarán. Además, los circuitos hechos pueden ser almacenados, recuperados y editados. El programa también provee Tutoriales Interactivos de algunos circuitos lógicos típicos, y muchos de ellos incluyen descripciones VHDL. Este software ha sido diseñado para ser empleado como una herramienta de enseñanza y aprendizaje del diseño digital y actualmente está orientado a cursos básicos o de introducción a los circuitos digitales, tanto en el nivel escolar como universitario. El programa se ejecuta en MS Windows con una resolución de pantalla de al menos 1024 x 768. Esta versión del programa es gratuita, de copia y uso libre.

La figura 16 muestra un circuito de prueba basado en un contador para probar todas las combinaciones de puertas lógicas simples con este programa. Como dije anteriormente, su empleo no es objeto de este artículo pero desde el link sugerido podrá descargar un manual que le enseñará a utilizarlo.

EL CIRCUITO DE LA PLACA ENTRENADORA

En la figura 17 tenemos el circuito de nuestra placa entrenadora, básicamente posee un zócalo o base de 14 pines (IC1) que es donde alojaremos a nuestro circuito integrado. Dicho circuito será alimentado, a través de las patitas 7 y 14, por medio de 5 volt suministrados por el regulador de tres terminales 7805. Las patitas 1 a 6 tienen conexión directa a una tira de pines rectos de 6 unidades que puede ser macho o



Figura 20

hembra, CN2. Yo sugiero la colocación de pines macho, para que pueda conectar varios componentes en cada pin, por más que luego deba acomodar los terminales de cada componente para poder enlazarlo al pin. También tiene la posibilidad de colocar sobre cada terminal un mini-jumper de dos bocas (enlaza solo una al terminal y en su parte superior colocará a presión el terminal del componentes, pudiendo conectar hasta dos componentes en dicho mini-jumper.

En la figura 18 podemos apreciar cómo es una tira de pines rectos macho y en la figura 19 se aprecia una tira de pines recto hembra. Los mini-jumpers se observan en la figura 20.

Siguiendo con nuestra placa, los pines 8 a 13 del integrado tienen conexión directa con otra tira de pines (CN3) para que se puedan realizar conexiones.

CN4 es otra tira de 8 pines que actuará como "entradas digitales". Cada pin de dicha tira se conecta a una resistencia de 10kΩ a masa que provee un "0" lógico a la entrada conectada a dicho PIN. Para colocar un "1" lógico bastará con cerrar

Capítulo 3

el interruptor SW correspondiente ya que, a través de las resistencias R1 a R8 se instalará dicho "1" lógico a la pata de entrada del integrado que hayamos conectado.

CN3 es una tira de 8 pines que usaremos para interconectar las salidas. Cada pin de dicha tira está conectado a un diodo LED a masa de modo que si conectamos una pata de salida del integrado a un pin de dicho conector, cuando haya un "1" lógico en la salida se encenderá el LED. Las resistencias R17 a R24 limitan la corriente que circulará a través de los LEDs.

Por último, los conectores CN5-CN6, CN7-CN8 y CN9-CN10 sólo son puentes para que podamos interconectar componentes en nuestra placa.

En la figura 21 se tiene el diagrama de circuito impreso de nuestra placa entrenadora.

Como ejemplo, podemos comprobar la tabla de verdad de una compuerta NAND, la cual se muestra en la figura 22. Simplemente deberemos colocar "0" y "1" en las entradas y ver qué pasa con las salidas. Para ello debemos colocar el integrado correspondiente en la placa entrenadora e

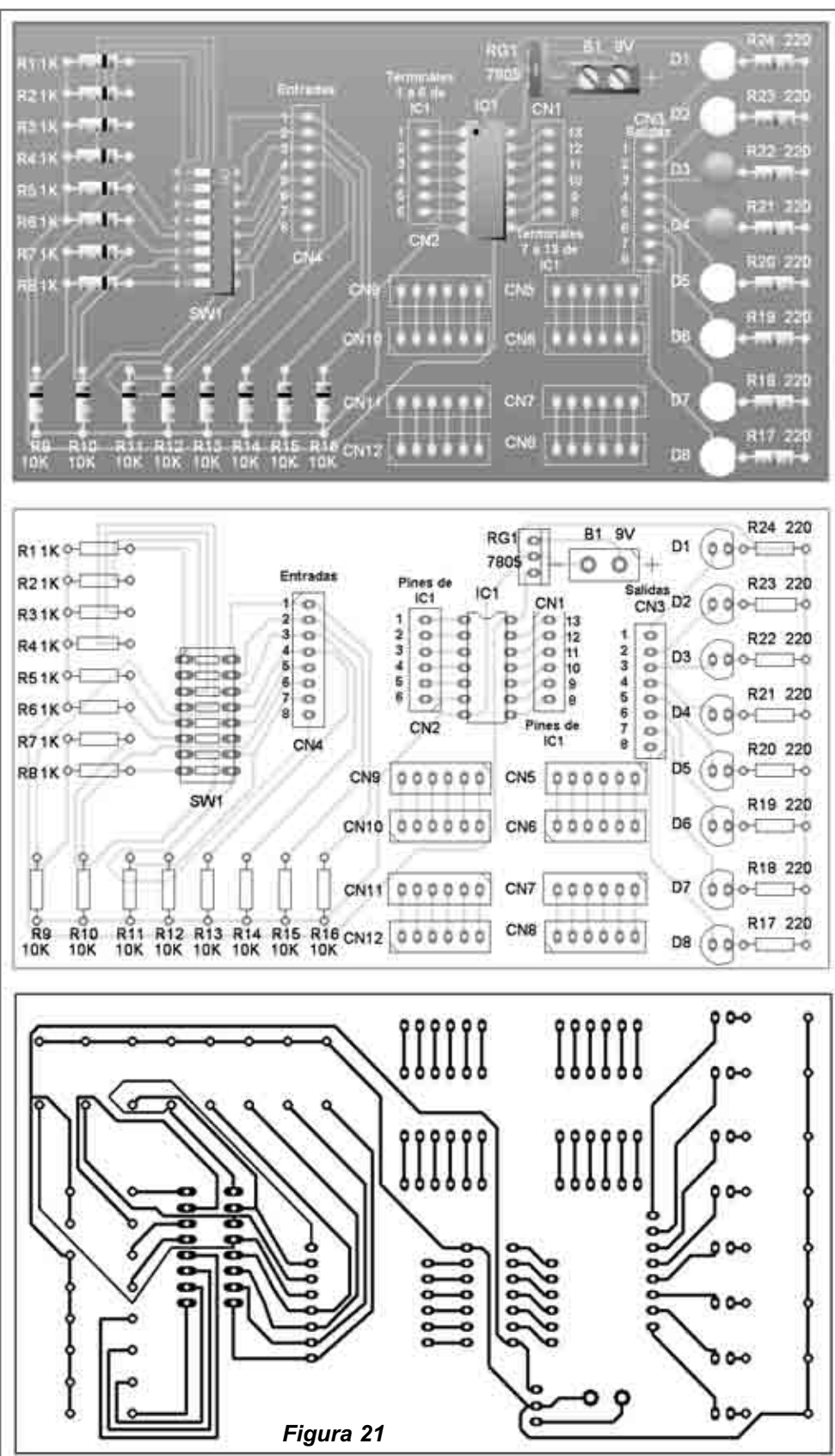


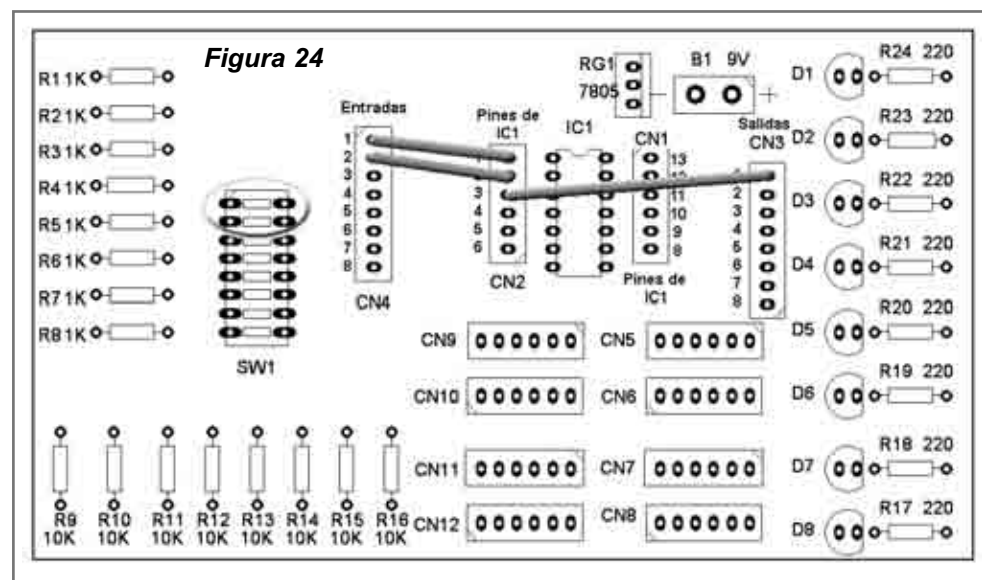
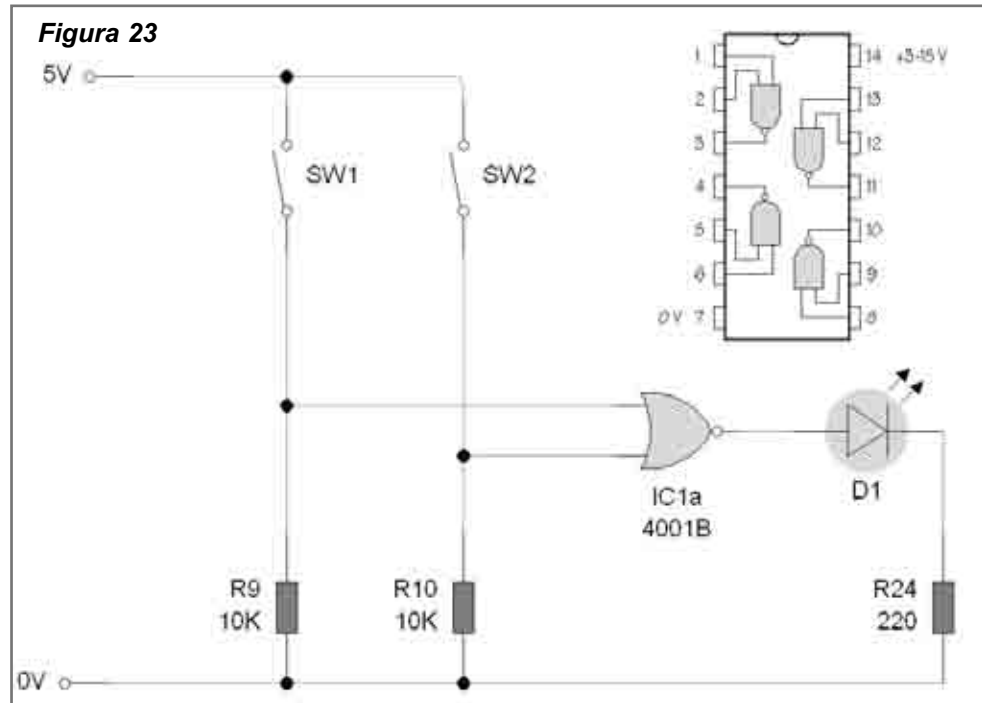
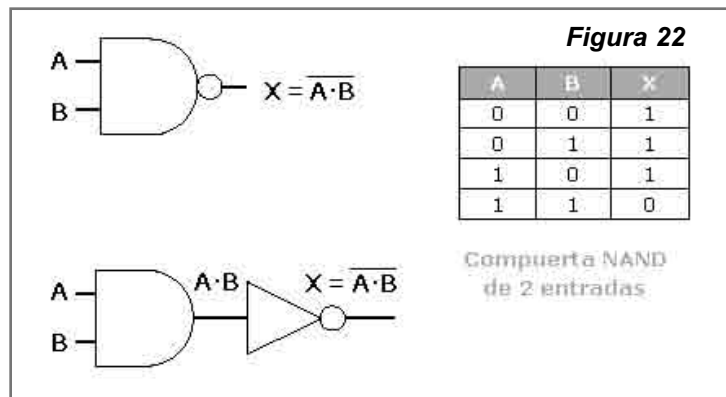
Figura 21

Práctica con Circuitos Digitales

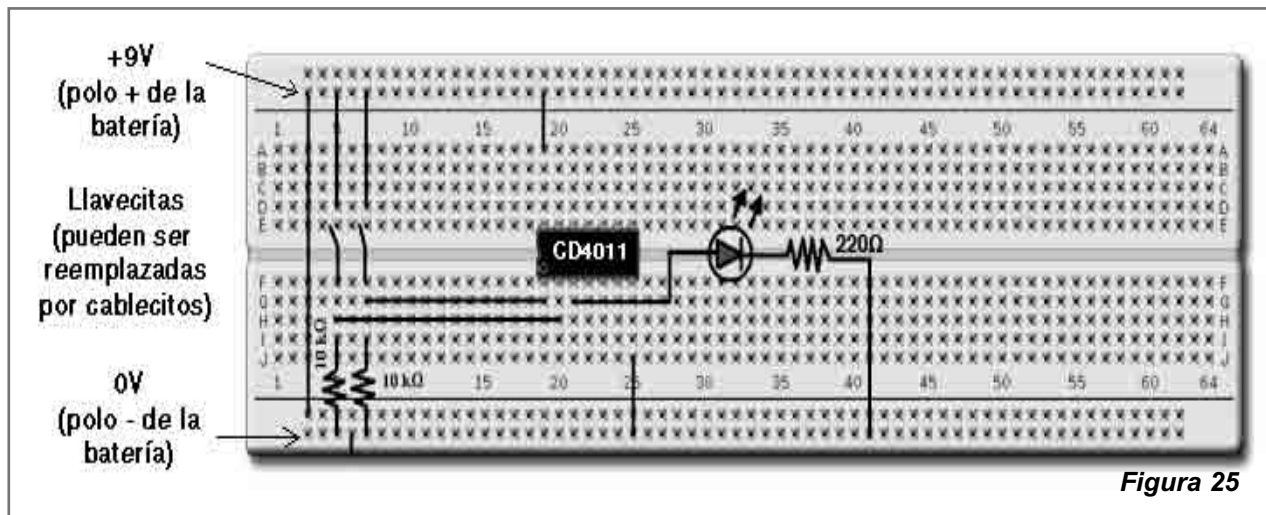
instalar los cablecitos en los pines de los conectores adecuados. Utilizaremos un circuito integrado CD4011 que tiene 4 compuertas NAND de dos entradas, tal como se muestra en la figura 23. En la misma figura se observa que las patas 1 y 2 del CD4011 son las entradas de una de sus compuertas y que la pata 3 es su salida, por lo tanto, siguiendo el esquema eléctrico, conectamos cablecitos en los pines de los conectores correspondientes, tal como se muestra en la figura 24, luego alimentamos a la placa entrenadora con una batería y accionando sobre los interruptores SW (los dos primeros) colocaremos "0" ó "1" en cada entrada. Luego, vemos si enciende o no el Led 1, de acuerdo con lo indicado en la tabla de verdad.

Como puede observar, son solo tres cables que debe conectar. Si ha utilizado en la placa una tira de pines macho, en cada extremo de cada cablecito deberá hacer un conector, para ello simplemente tome un clip de los usados para sujetar hojas de papel, estírelo, y enrolle sobre un extremo la punta del cablecito que usará en la placa entrenadora (con 3 o 4 vueltas es suficiente), retire del clip y ya tiene hecho un conector. Haga lo mismo con el otro extremo del cablecito y podrá conectarlo en la placa entrenadora.

También puede armar este circuito en un protoboard, tal como se aprecia en la figura 25. Los interruptores no son necesarios, basta conectar con cablecitos a masa o Vcc para



Capítulo 3



obtener el "0" lógico o "1" lógico en la entrada adecuada para poder construir la tabla de verdad.

NUESTRAS PRIMERAS PRÁCTICAS

Bien, hasta aquí el lector tiene los conocimientos básicos como para poder realizar sus primeras prácticas. Para ello, si tiene un protoboard, le recomendamos que compre algunos circuitos integrados básicos tales como:

- CD4001 = 4 compuertas NAND de 2 entradas.
- CD4011 = 4 compuertas NOR de 2 entradas.
- CD4069 = 6 compuertas inversoras.

También tenga a mano algunos diodos Led de 5 mm (de diferentes colores; rojo, verde, amarillo), algunas resistencias de 100Ω, 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ y 1MΩ, capacitores cerámicos de 0,1μF, 0,01μF y 0,005μF, y capacitores electrolíticos de 1μF, 10μF y 100μF, todos ellos con tensión de 16V o más.

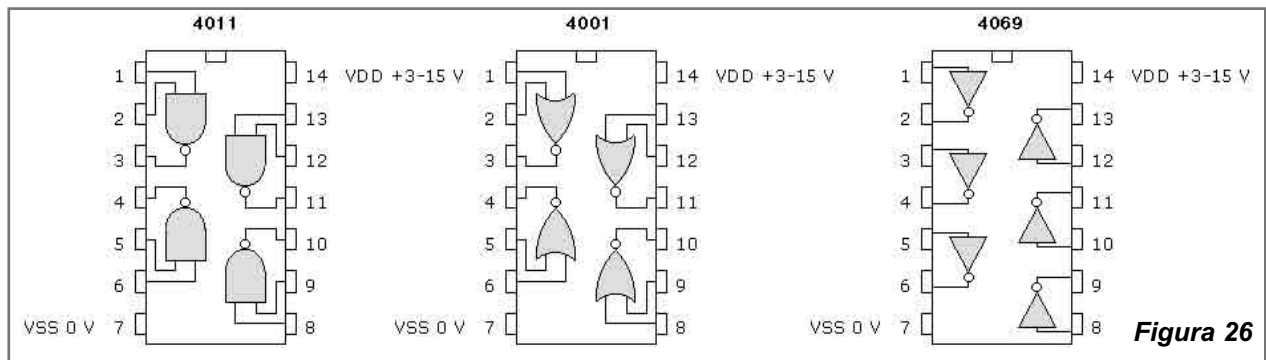
Precisará una fuente de alimentación de cualquier valor entre 3V y 15V (podrá usar una batería clásica de 9V) y cables de conexión.

La idea es que compruebe las tablas de verdad de cada una de las tres compuertas que poseen los tres integrados que compró, armando circuitos básicos en protoboard o en el entrenador digital que explicamos en esta edición.

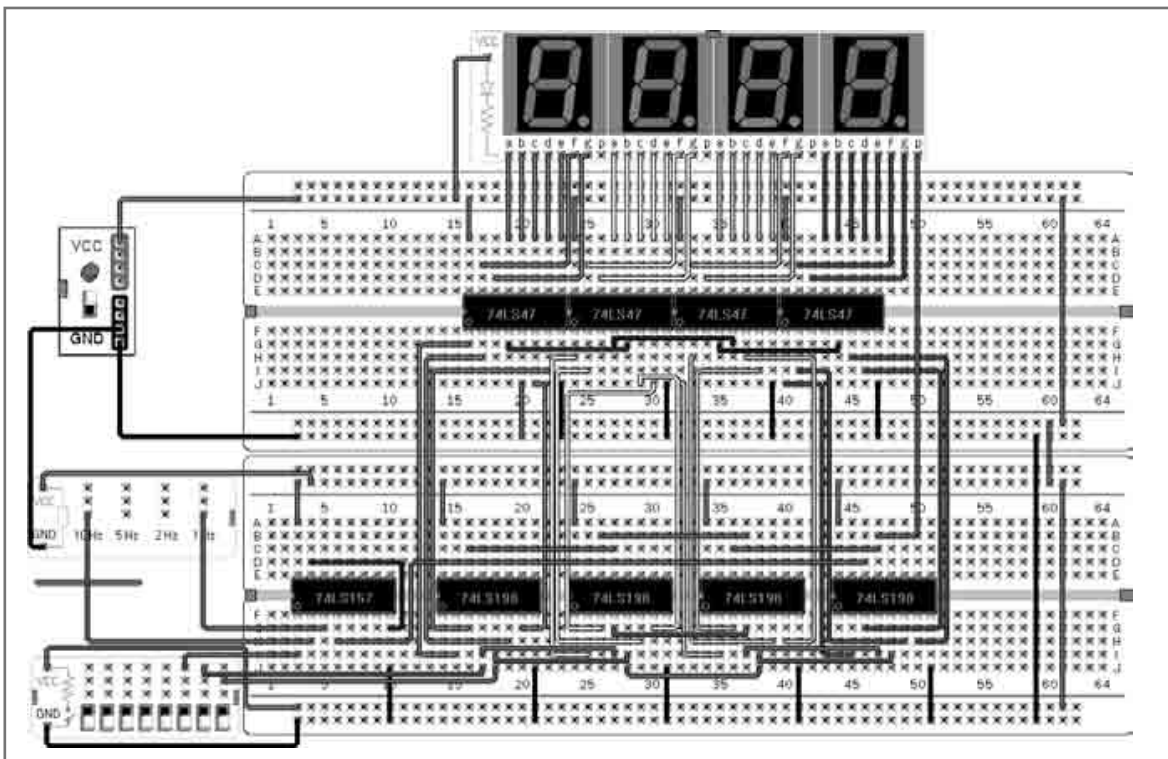
En la figura 26 tenemos el diagrama de pines de los tres integrados. Deberá proceder de forma similar a lo hecho con el circuito de la figura 22, cuyo armado en protoboard lo vimos en la figura 25.

Si no sabe usar el protoboard, no se preocupe, puede descargar un tutorial completo desde nuestra web: www.webelectronica.com.ar, haciendo clic en el ícono password e ingresando la clave: "prtoele".

Eso es todo por ahora, monte su placa entrenadora porque en futuras ediciones explicaremos cómo realizar otras prácticas. 😊



CAPÍTULO 4



SIMULADOR DE CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES CON ESCENARIOS VIRTUALES Y TUTORIALES INTERACTIVOS

Los lectores de Saber Electrónica están acostumbrados al uso de laboratorios virtuales que poseen programas CAD, CAM y SIPCE para realizar circuitos electrónicos, poder simularlos y construir las placas de circuito impreso donde serán montados. Para capacitarse en electrónica digital existen una gran cantidad de aplicaciones específicas, algunas de las cuales se mencionan en este libro. Uno de ellos es el Simulador de Construcción de Circuitos Digitales con Escenarios Virtuales y Tutoriales Interactivos es un programa para construir circuitos digitales sobre un módulo digital virtual a partir de modelos lógicos de circuitos integrados estándares (familia TTL LS) y de aplicación específica (ASIC). El programa puede instalarlo en su computadora a partir del link dado en el CD que Ud. puede descargar por ser lector de esta obra y cuenta también con videos que lo orientarán para realizar sus primeras prácticas sin inconvenientes. El programa se ejecuta en MS Windows con una resolución de pantalla de al menos 1024 x 768. Este programa es gratuito, de copia y uso libre, diseñado por Ing. Arturo Javier Miguel de Priego Paz Soldán (amiguel@pucc.edu.pe).

Capítulo 4

INTRODUCCIÓN

El Simulador de Construcción de Circuitos Digitales con Escenarios Virtuales y Tutoriales Interactivos es un programa para construir circuitos digitales sobre un módulo digital virtual a partir de modelos lógicos de circuitos integrados estándares (familia TTL LS) y de aplicación específica (ASIC). Los circuitos pueden ser simulados en el módulo digital directamente y en algunos casos pueden ser validados con Escenarios Virtuales que representan al ambiente donde los circuitos operarán. Además, los circuitos hechos pueden ser almacenados, recuperados y editados. El programa también provee Tutoriales Interactivos de algunos circuitos lógicos típicos, y muchos de ellos incluyen descripciones VHDL. Este software ha sido diseñado para ser empleado como una herramienta de enseñanza y aprendizaje del diseño digital y actualmente está orientado a cursos básicos o de introducción a los circuitos digitales, tanto en el nivel escolar como universitario.

VENTAJAS DEL PROGRAMA

Cuenta con un gran número de modelos de circuitos integrados de la familia TTL LS.

Los circuitos construidos pueden ser almacenados y recuperados. Ello permite una verificación y una reutilización de los ejemplos tanto en la enseñanza como en el aprendizaje del diseño digital.

Los tutoriales al lado del módulo digital permiten validar rápidamente el conocimiento adquirido.

Los escenarios brindan una mejor perspectiva y facilitan una mejor primera especificación del diseño lógico.

Los circuitos integrados especiales, ASICs, simplifican los diseños y ahorran espacio en la tarjeta de alambrado (protoboard), y pueden ser usados como ejemplos de funcionamientos de los circuitos deseados. Esta característica puede servir, por ejemplo, para enseñar la partición del diseño digital. Nuevos modelos de ASICs pueden ser hechos a partir de descripciones VHDL o programas C++, mas por ahora sólo en el nivel de programación.

LIMITACIONES

Los modelos de circuitos están basados sobre circuitos TTL con encapsulados DIP, y no pueden crearse nuevos modelos dinámicamente. En una versión posterior se agregarán compiladores sencillos de VHDL y C++ para crear modelos a la medida de las necesidades pedagógicas o de diseño.

No se consideran efectos eléctricos (retardos en la propagación de las señales, abanicos de entrada y salida, ruido, etc.)

Todos los modelos son lógicos, los chips modelados no cuentan con pines o puertos de tres estados ni bidireccionales.

El número de escenarios y tutoriales es pequeño, poco a poco se agregarán más de ellos.

PROBLEMAS DETECTADOS

Cuando se inserta el chip y luego se mueve a otra ubicación es posible que más adelante el programa no permita conectar cables en algunas casillas cuando debería permitirlo. Para seguir trabajando en el mismo circuito guarda el archivo del circuito, luego elige Archivo::Nuevo y después abre el archivo del circuito original.

Cuando se construyen latches SR a partir de puertas básicas (NAND, NOR) el programa puede llegar a realizar muchas iteraciones para ciertas entradas y estados de los latches. Si esto ocurre aparecerá un mensaje y para continuar debes cerrar el programa y volver a iniciar. A veces el escenario del semáforo se queda estático con las luces en rojo. Para que no ocurra esto, enciende el módulo antes de que algún auto pase sobre el sensor.

EL MÓDULO DIGITAL

El módulo digital, figura 1, contiene:

Un protoboard.

3 visualizadores de siete segmentos.

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

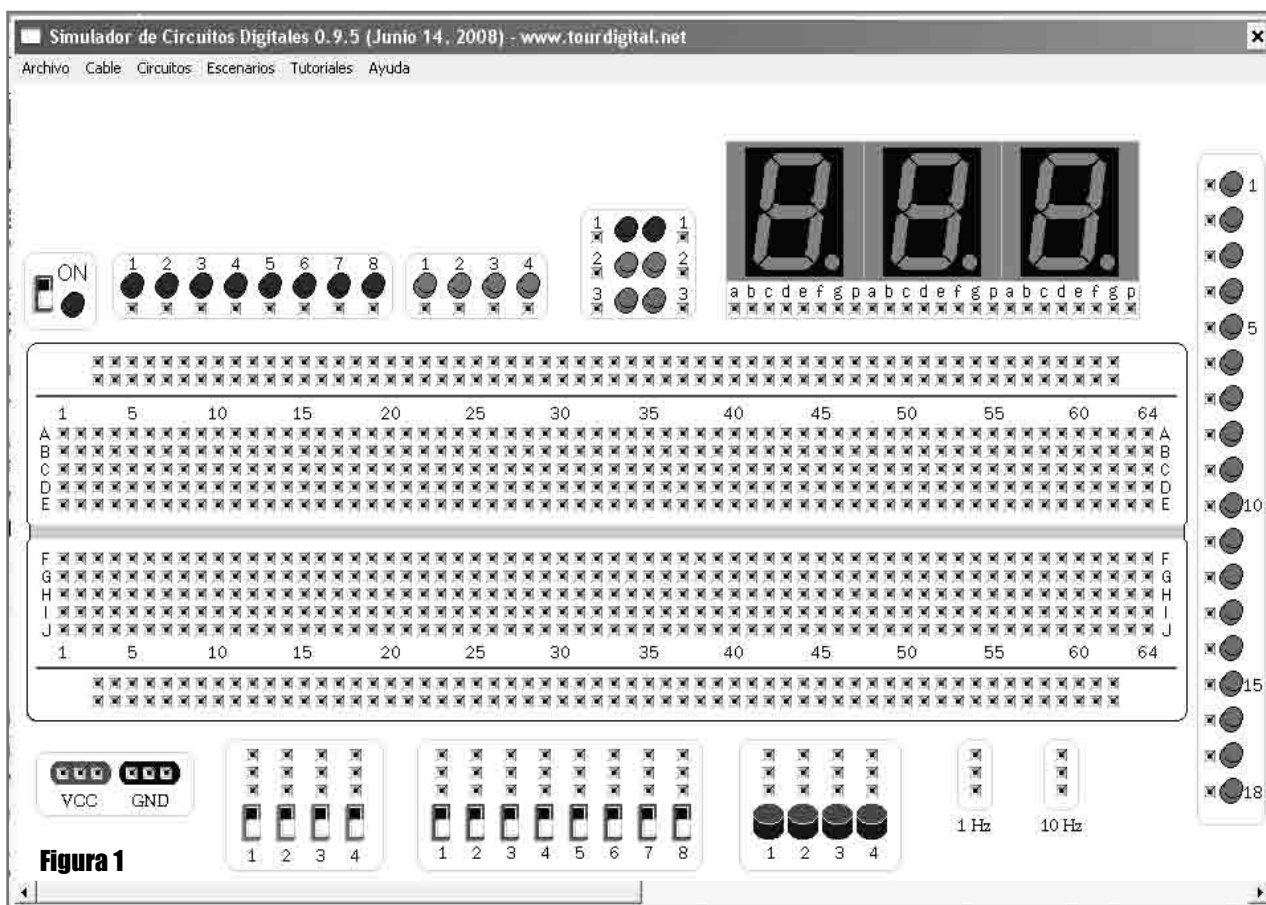


Figura 1

18 leds: 8 rojos, 4 amarillos y un arreglo de seis leds de un semáforo.

2 temporizadores: un reloj de 1Hz y otro de 10Hz (aproximadamente).

12 interruptores: cuatro verdes y 8 rojos.

4 pulsadores azules.

Alimentación VCC y GND.

Un expansor de 18 pines para interfaz con los escenarios.

Un interruptor principal, con su propio led indicador de módulo encendido.

casillas y sus canales estén libres de cables. Los chips pueden retirarse haciendo clic derecho sobre ellos.

Para construir o modificar el circuito el módulo debe estar apagado. Para construir un circuito primero se insertan los chips y luego se hacen las conexiones dibujando las líneas con el ratón.

Los cables se dibujan a mano alzada con el ratón. Para dibujar una línea de cable primero se presiona sobre una casilla libre, luego se arrastra el ratón y se libera sobre otra casilla libre. Para retirar un cable se pulsa con el botón derecho del ratón sobre una casilla que contiene un extremo del cable.

EDICIÓN DE CIRCUITOS

Los chips se eligen del menú Circuitos. Al seleccionar un chip aparece fuera del protoboard. El chip se arrastra con el ratón a la posición deseada. Los chips solamente pueden insertarse entre las filas E y F del protoboard. Para insertar y retirar un chip es necesario que las

MENÚS DEL PROGRAMA

Existen seis menús:

- Archivo,
- Cable,

Capítulo 4

*Circuitos,
Escenarios,
Tutoriales y
Ayuda.*

El **menú Archivo** brinda opciones para abrir, recuperar y crear nuevos archivos de circuitos. Utiliza los diálogos comunes de Windows para abrir un archivo y para guardar con un nuevo nombre. Las opciones del menú son Nuevo, Abrir, Guardar, Guardar Como... y Salir. Los archivos se almacenan en formato de texto ASCII.

El **menú Cable** permite cambiar el color y la anchura de las líneas. El color se elige con un diálogo común de Windows. La anchura se establece con un diálogo a medida.

El **menú Circuitos** contiene modelos de circuitos integrados TTL y ASIC clasificados en submenús. La estructura es así:

Puertas básicas: And, Nand, Not, Nor, Or, Xor, And – Or – Invert
Codificadores
Descodificadores
Multiplexores
ALU
Generador de paridad
Comparador
Sumadores
Flipflops
Registros: con Latches, con Flipflops, de Desplazamiento

El **menú Escenarios** brinda escenarios virtuales para la simulación interactiva de los circuitos construidos en el módulo. Con el interruptor principal apagado (del módulo digital) los escenarios operan en modo ideal, mientras que con el interruptor principal encendido los escenarios obedecen a las señales provenientes del módulo digital.

Actualmente existen dos escenarios totalmente funcionales: Bomba de Agua y Semáforo con Sensores de Paso. Un tercer escenario solamente funciona en modo

ideal, sin interfaz con el módulo digital. En una versión siguiente se incluirán más escenarios.

El **menú Tutoriales** presenta los aspectos básicos de algunos temas. En varios casos se acompañan descripciones VHDL. En una versión posterior se incluirán más tutoriales con mayores facilidades pedagógicas. Los tutoriales actuales son:

Puertas básicas: And, Or, Not
Descodificadores: 1 de 2, 1 de 4, 1 de 8, 74LS138
Multiplexores: de 2 entradas, de 2 entradas de 4 bits, 74LS157, de 4 entradas, de 8 entradas, 74LS151
Sumadores: Semicompleto, completo, de 2 bits, de 4 bits, 74LS83A
Comparadores : de 1 bit, de 4 bits, 74LS85
Latches y flipflops: Latch SR con NOR, latch SR con NAND, 74LS76A

El **menú Ayuda** brinda información de contacto. Escriba a la dirección indicada en la ayuda para enviar ideas, comentarios, correcciones, sugerencias, reportes de fallas, problemas, etc. y para recibir periódica y gratuitamente las actualizaciones del programa.

MODELOS DE CIRCUITOS INTEGRADOS ESTÁNDARES

En la siguiente lista se muestran los circuitos integrados LS TTL modelados en este programa:

Circuitos combinacionales

And

7408 - And de 2 entradas (x4)
7411 - And de 3 entradas (x3)
7421 - And de 4 entradas (x2)

Nand

7400 - Nand de 2 entradas (x4)
7410 - Nand de 3 entradas (x3)
7420 - Nand de 4 entradas (x2)
7430 - Nand de 8 entradas
74133 - Nand de 13 entradas

Not

7404 - Not (x6)

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

Nor

- 7402 - Nor de 2 entradas (x4)
- 7427 - Nor de 3 entradas (x3)
- 74260 - Nor de 5 entradas (x2)

Or

- 7432 - Or de 2 entradas (x4)

Xor

- 7486 - Xor de 2 entradas (x4)
- 74386 - Xor de 2 entradas (x4)

And - Or - Invert

- 7451 - 2 productos, 2-3-entradas
- 7454 - 3-2-2-3-entradas
- 7455 - 2 productos, 4-entradas

Codificadores

- 74147 - Codificador de prioridad, 10 líneas a 4
- 74148 - Codificador de prioridad, 8 líneas a 3

Descodificadores

- 7442 - Descodificador 1 de 10 líneas
(BCD a decimal)
- 7447 - Descodificador BCD a 7 Segmentos
- 74137 - Descodificador/demultiplexor
1 de 8 líneas
- 74138 - Descodificador 1 de 8 líneas
- 74139 - Descodificador/demultiplexor
1 de 4 líneas (x2)
- 74155 - Descodificador/demultiplexor
1 de 4 líneas (x2)
- 74247 - Descodificador BCD a 7 segmentos

Multiplexores

- 74151 - Multiplexor de 8 líneas a 1
- 74153 - Multiplexor de 4 líneas a 1 (x2)
- 74157 - Multiplexor de 2 líneas a 1 (x4)
- 74158 - Multiplexor de 2 líneas a 1 (x4)
- 74298 - Multiplexor de 2 líneas a 1 (x4)
- 74352 - Multiplexor de 4 líneas a 1 (x2)
- 74398 - Multiplexor de 2 líneas a 1 (x4)
- 74399 - Multiplexor de 2 líneas a 1 (x4)

ALU

- 74181 - Unidad lógica y aritmética de 4 bits

Generador de paridad

- 74280 - Generador/Revisor de paridad
par/impar de 9 bits

Comparador

- 7485 - Comparador de magnitud, 4 bits

Sumadores

- 7483A - Sumador, 4 bits
- 74283 - Sumador, 4 bits

Circuitos secuenciales

Flipflops

- 7473A - Flipflop JK flanco negativo(x2)
- 7474A - Flipflop D, preset, clear, flanco positivo (x2)
- 7476A - Flipflop JK, preset, clear, flanco negativo (x2)
- 74107A - Flipflop JK flanco negativo (x2)
- 74109A - Flipflop JK flanco positivo (x2)
- 74112A - Flipflop JK flanco negativo (x2)
- 74113A - Flipflop JK flanco negativo (x2)
- 74114A - Flipflop JK flanco negativo (x2)

Registros con Latches

- 7475 - 4 latches D
- 7477 - 4 latches D
- 74256 - Latch direccionable de 4 bits (x2)
- 74259 - Latch direccionable de 8 bits
- 74279 - 4 latches con set y reset
- 74375 - 4 latches D

Registros con Flipflops

- 74174 - 6 flipflops D
- 74175 - 4 flipflops D
- 74273 - 8 flipflops D con clear
- 74377 - 8 flipflops D con enable
- 74378 - 6 flipflops D con enable
- 74379 - 4 flipflops D con enable

Registros de Desplazamiento

- 7495B - 4 bits
- 74164 - Entrada serie, salida paralela
- 74165 - 8 bits, paralelo a serial
- 74166 - Entrada paralela, salida serie
- 74194A - bidireccional, 4 bits
- 74195A - 4 bits, universal

Memoria

- 74170 - Memoria de lectura y escritura 4 x 4

Contadores Asíncronos

- 7490 - Divisor por 2 y 5
- 7492 - Divisor por 2 y 6
- 7493 - Divisor por 2 y 8
- 74196 - Divisor entre 2 y 5
- 74197 - Divisor entre 2 y 8
- 74290 - Divisor entre 2 y 5

Capítulo 4

- 74293 - Divisor entre 2 y 8
- 74390 - Divisor entre 2 y 5 (x2)
- 74393 - Contador binario de 4 bits (x2)
- 74490 - Contador de décadas (x2)

Contadores Síncronos

- 74160A - Módulo 10, reset asíncrono
- 74161A - Módulo 16, reset asíncrono
- 74162A - Módulo 10, reset síncrono
- 74163A - Módulo 16, reset síncrono
- 74168 - Bidireccional, módulo 10
- 74169 - Bidireccional, módulo 16
- 74190 - Módulo 10
- 74191 - Módulo 16
- 74192 - Bidireccional, BCD
- 74193 - Bidireccional, módulo 16

74801 (semáforo de seis luces con modos diurno y nocturno)

74802 (contador BCD con salida en binario y con decodificador de 7 segmentos incorporado)

74803 (contímetro de 0 a 8)

74804 (semáforo con sensores de paso)

En todos los ASICs utilizados en este programa la alimentación de VCC es en el pin 14 y de GND en el pin 7.

74801: Semáforo de seis luces con modos diurno y nocturno

El escenario para trabajar con este circuito integrado específico se muestra en la figura 2.

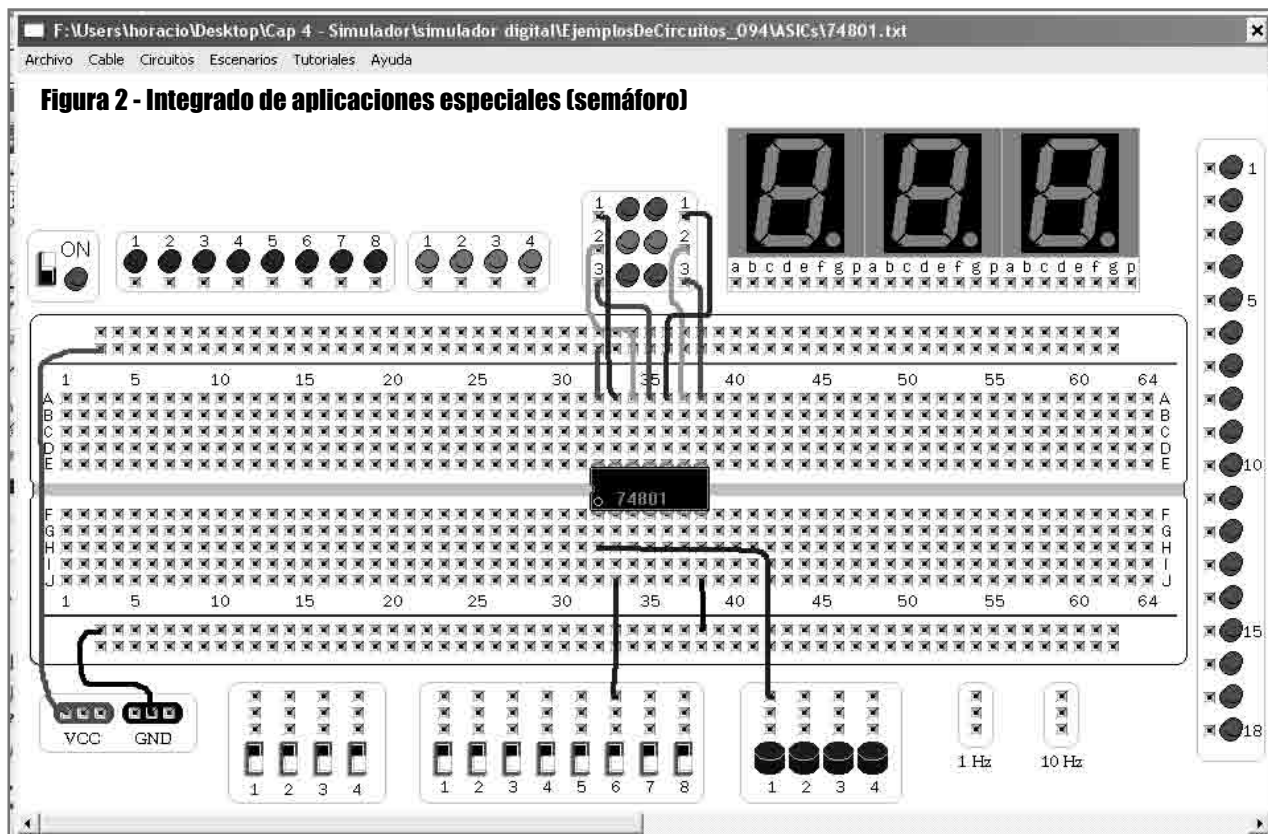
El cambio de estado es por flanco de subida en el pin 1.

El pin 2 es la entrada de modo. En '1' (modo diurno) el semáforo sigue la secuencia:

- VerdeA – RojoB,
- AmbarA – RojoB,
- RojoA – VerdeB,

MODELOS DE CIRCUITOS INTEGRADOS DE APLICACIÓN ESPECÍFICA

Existen cuatro modelos de circuitos integrados de aplicación específica (ASICs):



Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

*RojoA – AmbarB,
y repite.*

Con el pin 2 en '0' (modo nocturno) la secuencia es:

*RojoA – apagado,
apagado – AmbarB,
y repite.*

Los pines del 3 al 6 no se conectan. Las salidas se ubican en los pines 8 a 13, de acuerdo al siguiente esquema:

- Pin 8: VerdeA
- Pin 9: AmbarA
- Pin 10: RojoA
- Pin 11: VerdeB
- Pin 12: AmbarB
- Pin 13: RojoB

74802: Contador BCD con salida en binario y en 7 segmentos

El escenario para trabajar con este circuito integrado

específico se muestra en la figura 3 y se emplea en aplicaciones de control.

La entrada de reloj (flanco positivo) es por el pin 1. Las salidas de los pines 2,3,4 y 5 dan la cuenta binaria, con el pin 2 siendo el MSB y el pin 5 el LSB. Las salidas 13, 12, 11, 10, 9, 8 y 6 son las salidas a, b, c, d, e, f, y g respectivamente.

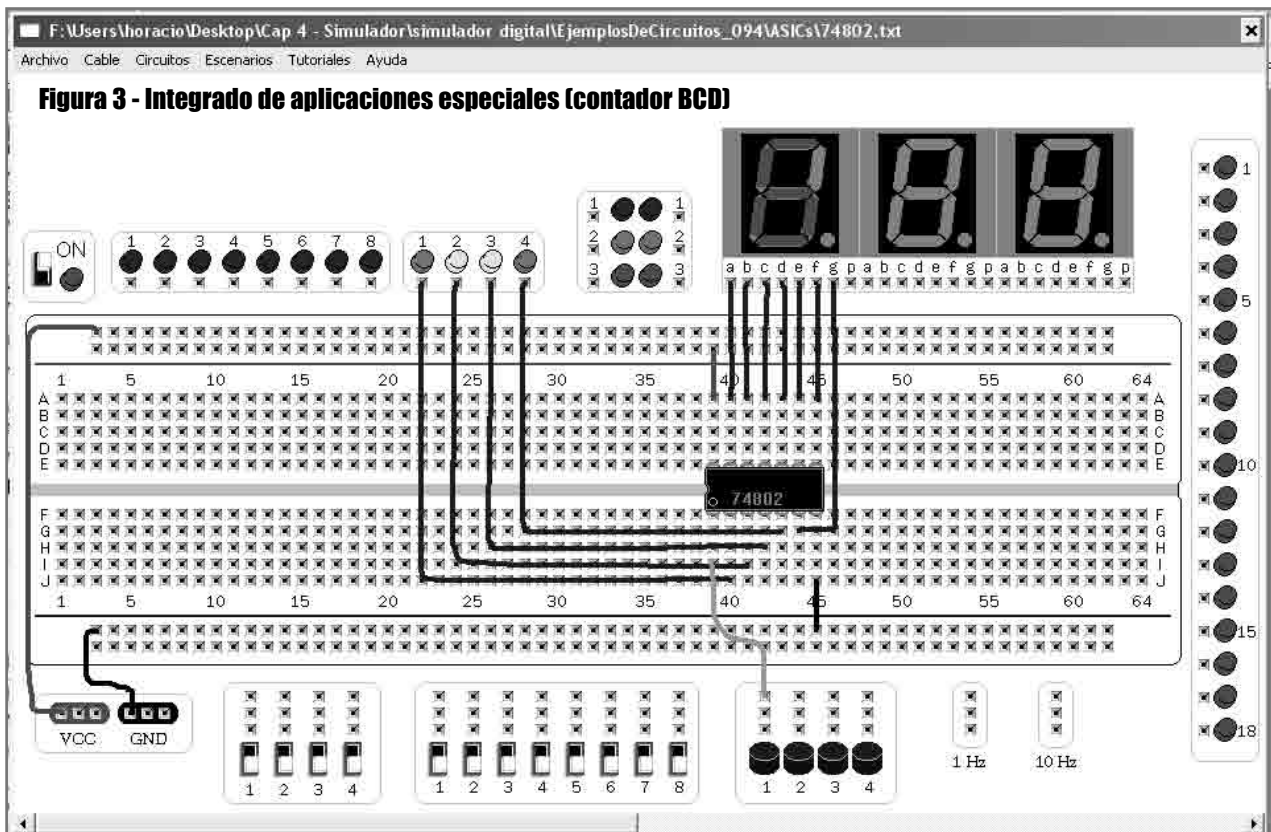
74803: Contómetro de 0 a 8

El escenario para trabajar con este circuito integrado específico se muestra en la figura 4.

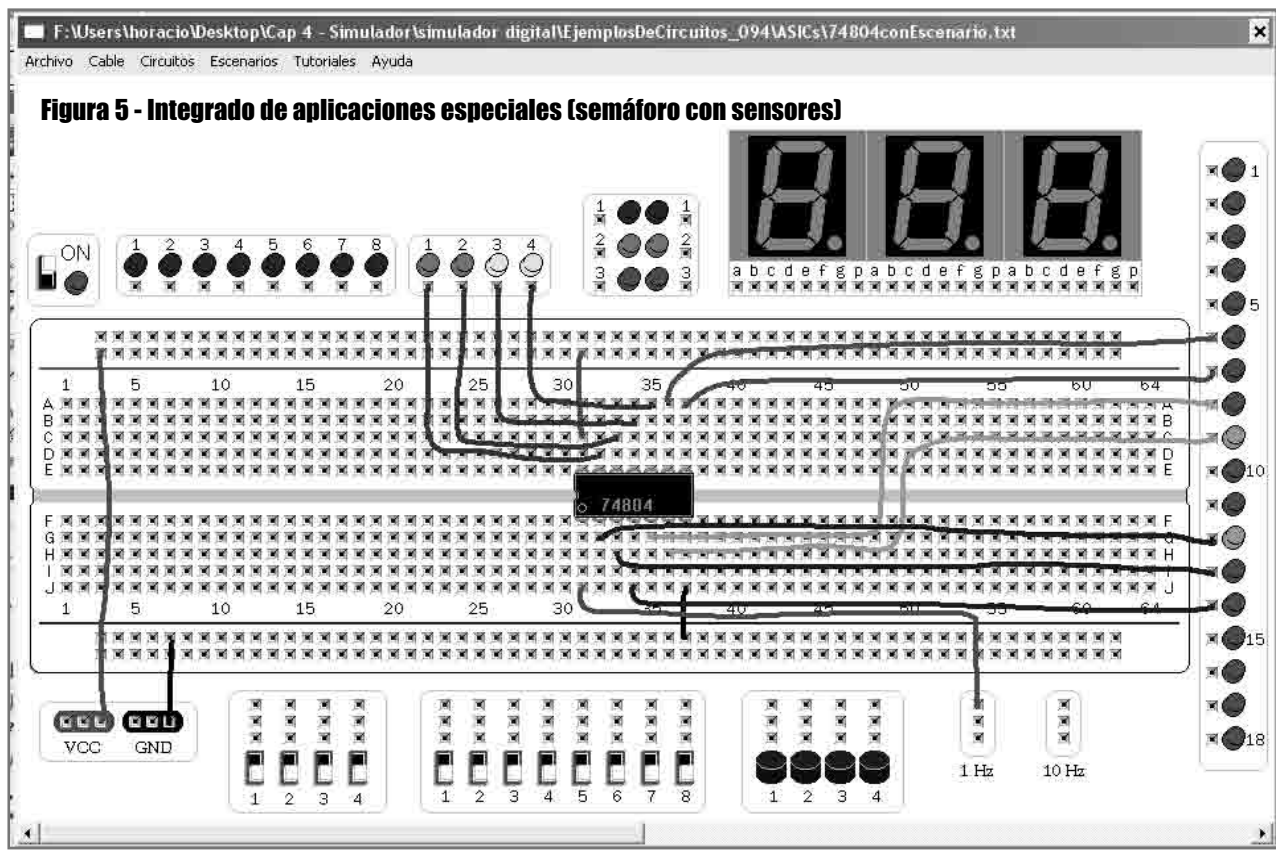
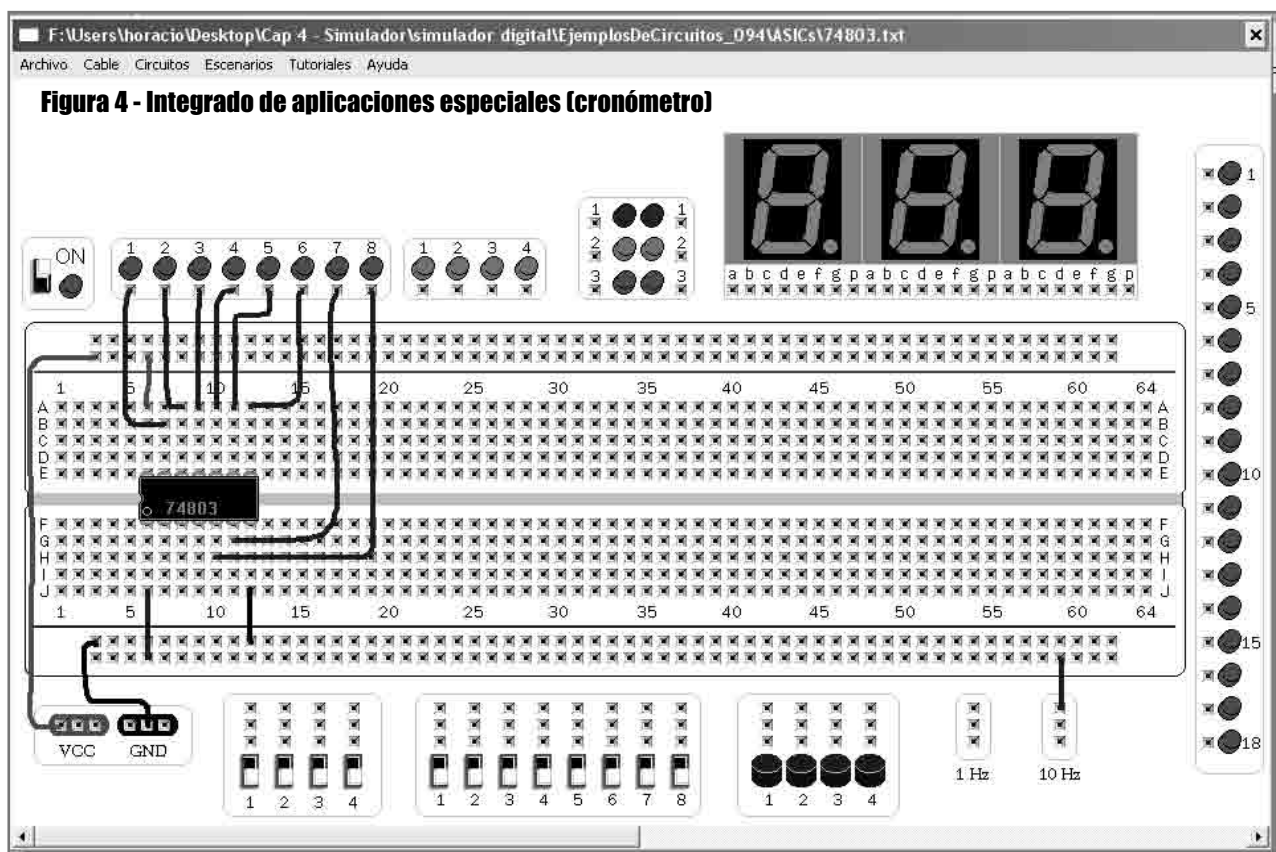
Cuenta de 0 a 8 usando ocho bits que se activan progresivamente con cada flanco de reloj por el pin 1. Las salidas de los pines 2, 3, 4 y 5 dan la cuenta binaria (el pin 2 es el MSB y el pin 5 el LSB). Las salidas 13, 12, 11, 10, 9, 8 y 6 son las entradas a, b, c, d, e, f, y g, respectivamente, para un visualizador de siete segmentos.

74804: Semáforo con sensores de paso.

Es un ASIC especial para el escenario del Semáforo con Sensores de Paso. La entrada de reloj (flanco positivo) es por el pin 1. Las señales de los sensores se



Capítulo 4



Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

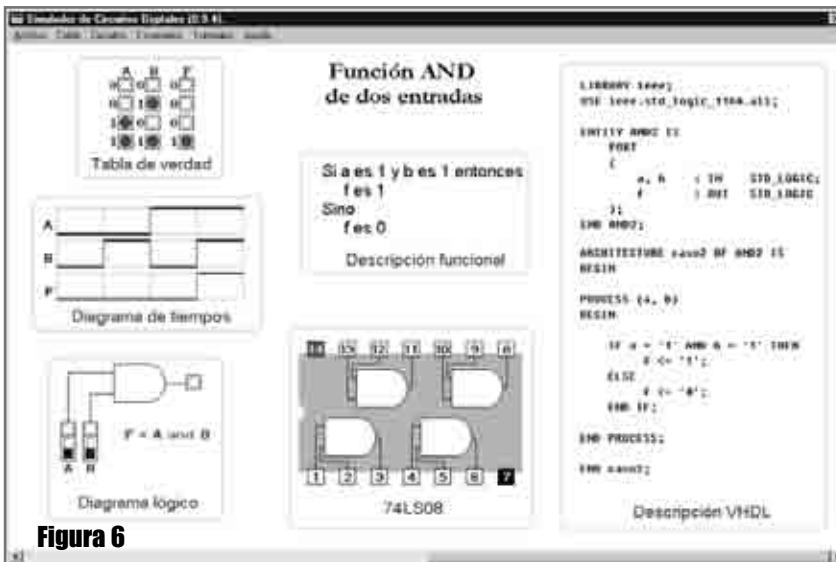


Figura 6

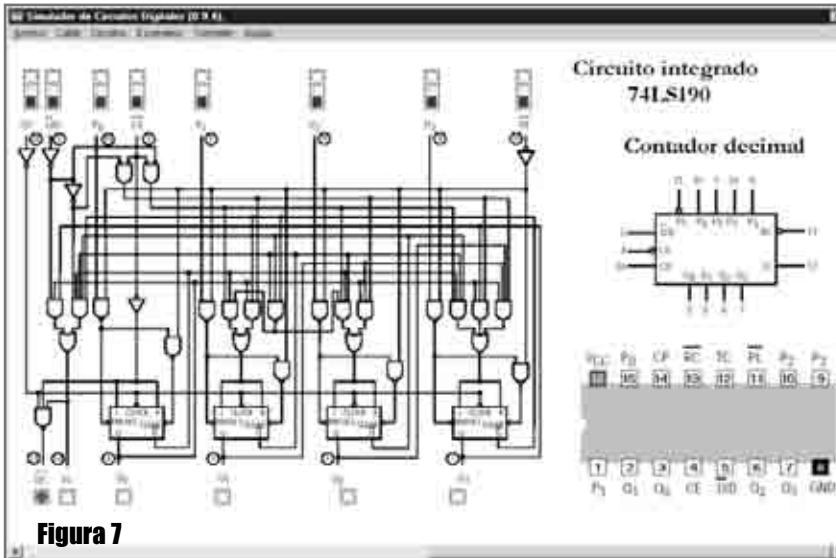


Figura 7

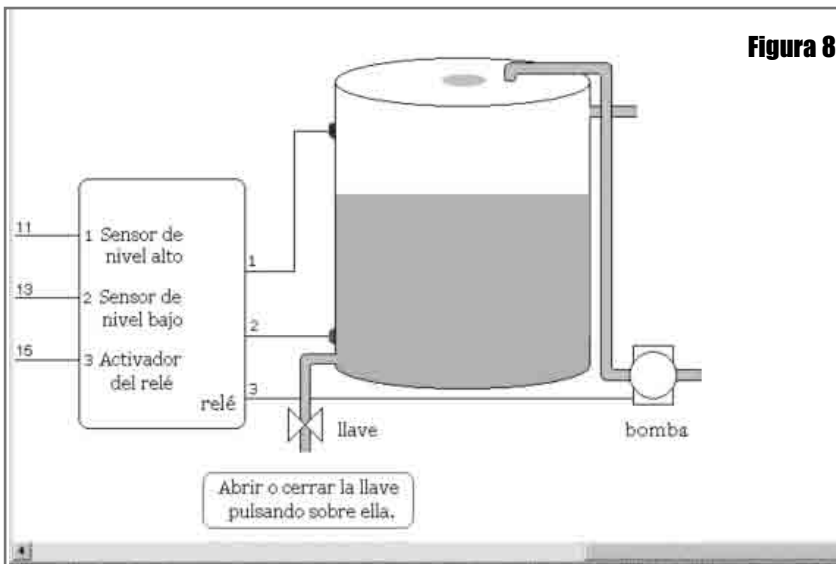


Figura 8

conectan a los pines de entrada 8 y 9. Las salidas para el semáforo de la avenida son 2 (rojo), 3 (ámbar) y 4 (verde), mientras que para la calle son 5 (rojo) y 6 (verde). Los pines de salida 10 a 13 indican las cuentas internas de cada estado del controlador (el pin 13 es el MSB, 10 es el LSB).

Cabe aclarar que se pueden agregar otros chips lógicos TTL (y CMOS) y ASIC comunicando la interfaz y la funcionalidad de los circuitos. La especificación puede ser en lenguaje castellano, VHDL, C ó C++.

EJEMPLOS DE CIRCUITOS, ESCENARIOS Y TUTORIALES

Tutoriales interactivos

El propósito de los tutoriales es que el usuario determine, identifique y/o descubra las funciones lógicas interactuando con los circuitos preconstituidos.

En la figura 6 se puede ver el escenario para aprender a trabajar con una compuerta AND de 2 entradas. Un ejemplo para trabajar con un contador decimal 74LS190 se puede observar en la figura 7.

Escenarios Virtuales

Sirven para simular el funcionamiento de los circuitos interactuando con los eventos externos a la misma electrónica. Es decir, en los escenarios virtuales se puede ver cómo va a trabajar nuestro circuito en la vida real, cómo opera y cómo interactúa con el medio.

Por ejemplo, en la figura 8 se tiene el escenario de un tanque de agua

Capítulo 4

que se llena con una bomba. Para ello será necesario un circuito de control de nivel de agua como el mostrado en la figura 9. Es decir, podemos ver cómo funcionará nuestro circuito digital y el escenario virtual luego de su conexión como automático para el llenado del tanque.

Este programa permite hacer el proyecto del escenario virtual con el tanque de agua visto en la figura 8 y también el proyecto correspondiente al circuito electrónico. Una vez que tenemos los dos archivos se los puede hacer interactuar, obteniendo un escenario como el mostrado en la figura 10.

De esta manera podremos hacer una simulación interactiva entre el circuito controlador y el tanque de agua.

Circuitos Lógicos

La idea principal de este programa es que el estudiante pueda entrenarse en el funcionamiento de las diferentes compuertas, osciladores y elementos de memoria analizados en el capítulo 1 de este texto.

Podrá trabajar con compuertas TTL y realizar las analogías correspondientes con los circuitos de familias CMOS.

Sin embargo, recomendamos que antes de utilizar este programa primero experimente prácticamente con el uso del protoboard o con la placa entrenadora sugerida en el capítulo 4.

Una vez que ya posee conocimientos básicos y una mínima práctica, estará en condiciones de

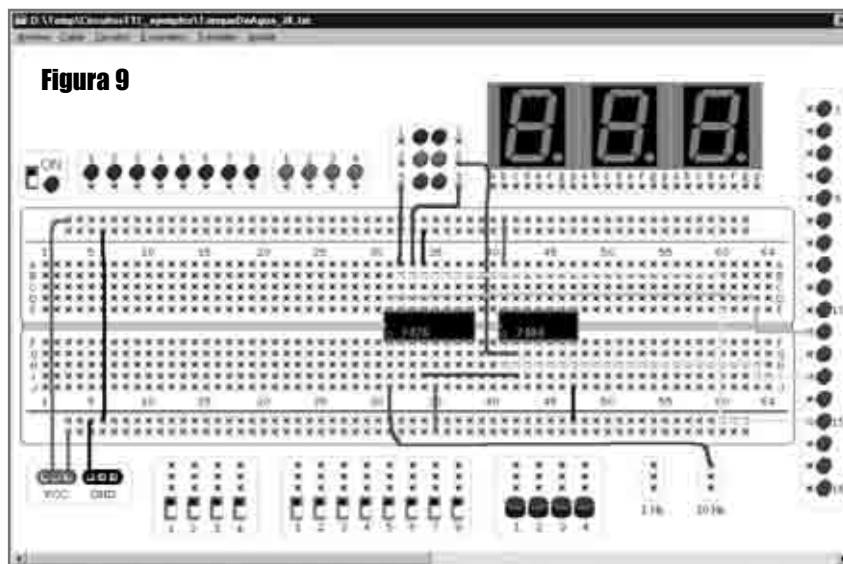


Figura 9

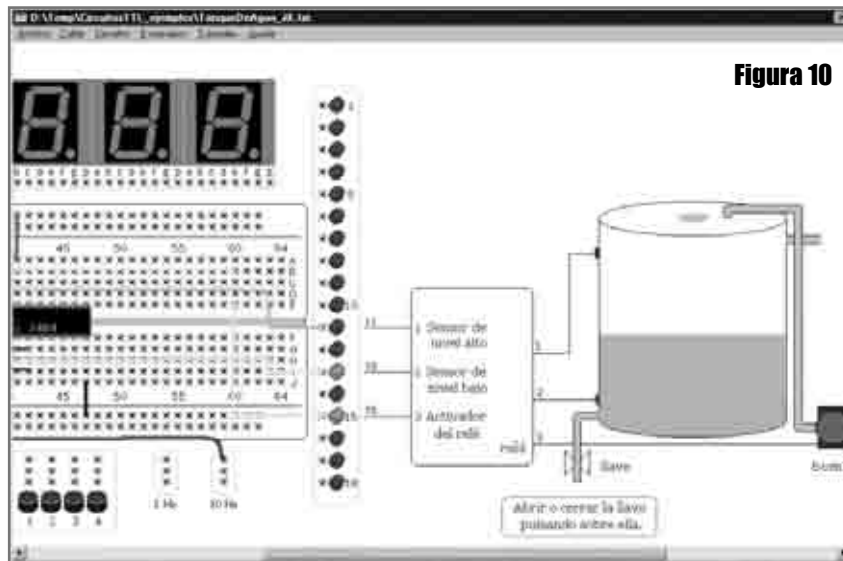


Figura 10

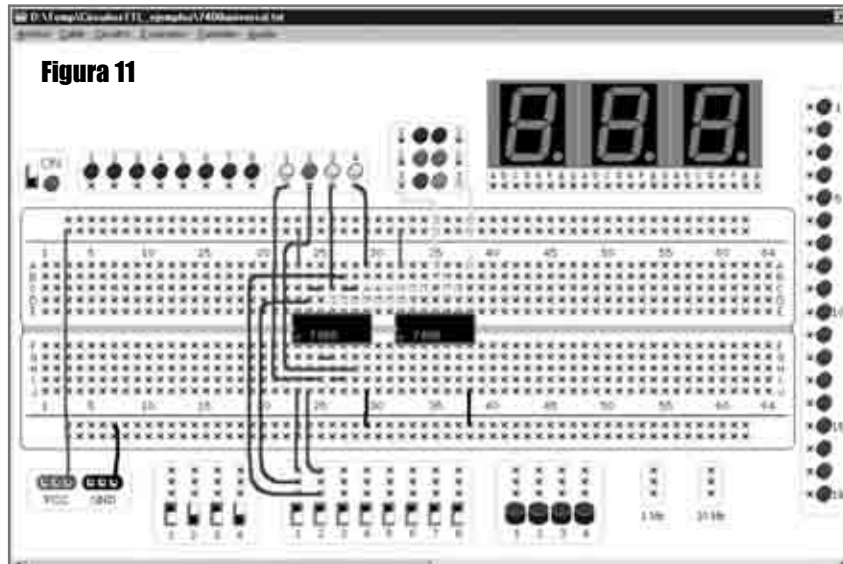


Figura 11

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

aprender a manejar este programa simulado.

A continuación se ilustran algunos ejemplos de circuitos construidos sobre el programa.

Figura 11. Demostración de la puerta NAND como puerta universal.

Figura 12. Test de puertas lógicas utilizando un contador.

Resta ahora, explicar cómo se usa este programa *Simulador de Construcción de Circuitos Digitales*.

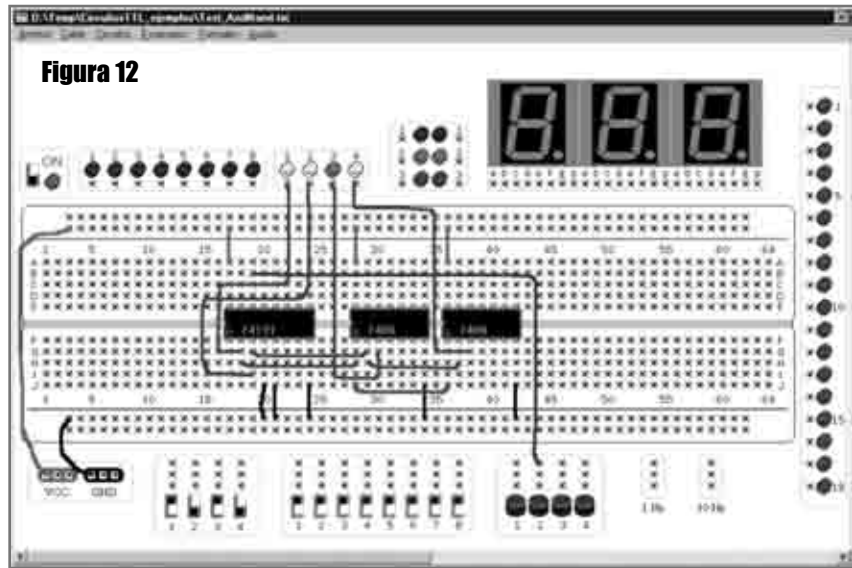
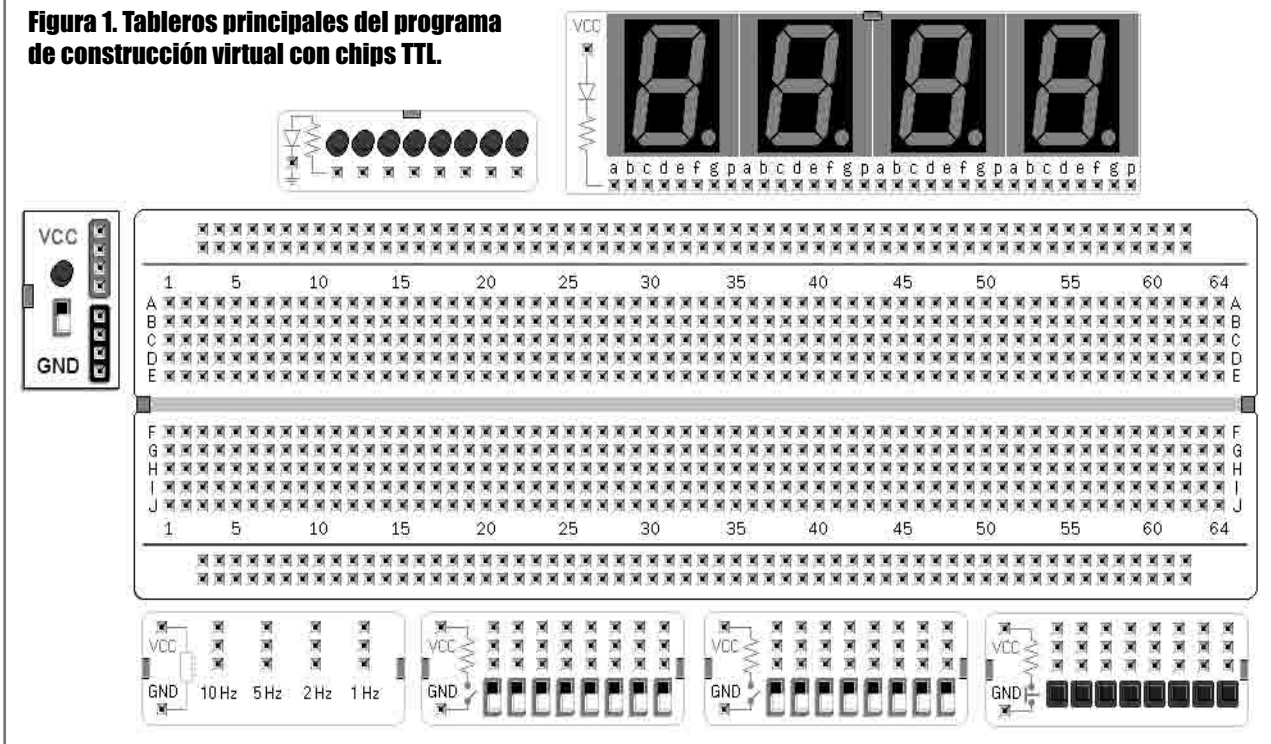


Figura 12

CÓMO SE USA EL SIMULADOR DE CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES

Figura 1. Tableros principales del programa de construcción virtual con chips TTL.



Capítulo 4

DESCRIPCIÓN GENERAL

El siguiente tutorial describe el empleo de un programa de computadora para construir virtualmente y simular el funcionamiento de circuitos digitales utilizando modelos lógicos (ideales, sin consideraciones eléctricas o físicas) de circuitos integrados TTL.

El programa cuenta con elementos que acompañan frecuentemente a los circuitos digitales: protoboards, interruptores, pulsadores, Leds y visualizadores de siete segmentos. Es posible colocar hasta diez protoboards, cada uno con capacidad para ocho circuitos integrados. Además, el programa provee un temporizador (generador de señales periódicas) y una fuente de energía eléctrica (fuente DC de 5 V). La figura 1 muestra una vista de los tableros principales. Adicionalmente, el programa incluye escenarios virtuales sobre tableros que pueden hacer interfaz lógica con otros tableros y circuitos sobre los protoboards.

Los tableros pueden ser insertados desde el menú Tableros. Cada tablero tiene unas marcas que sirven para trasladarlos (presionando con el botón izquierdo del ratón) o para eliminarlos (pulsando con el botón derecho del ratón).

Al desplazar un tablero los cables mantienen las conexiones y sus formas cambian ligeramente. Antes de retirar un tablero debes retirar sus cables y componentes. Los tableros del programa pueden sobreponerse unos a otros. Es recomendable evitar las situaciones que no se reflejen en la realidad.

En un laboratorio verdadero es muy importante que prestes mucha atención cuando construyas tus circuitos con componentes reales. Sé cauto cuando trabajes con los dispositivos electrónicos. Aun teniendo la máxima atención, los circuitos defectuosos y los instrumentos obsoletos o fuera de mantenimiento pueden causar accidentes. Nunca ignores las recomendaciones de seguridad: protege tus ojos con lentes, protege tus manos con guantes, utiliza un brazalete con conexión a tierra, mantén tu rostro alejado de los circuitos electrónicos, no respires cerca de las placas de circuitos, mantén la habitación ventilada, etc. Para tu propia seguridad y bienestar busca más recomendaciones en Internet o consulta con un especialista.

EL PROTOBOARD

Los circuitos integrados y cables son insertados sobre los protoboards. Los agujeros de inserción se llaman casillas o puertos de interconexión. La disposición de las casillas de la figura 2 representa una organización muy semejante a la encontrada en la mayoría de protoboards comerciales.

Las casillas están conectadas entre sí de acuerdo a un patrón ilustrado con líneas de colores en la figura 3. Las casillas bajo la línea negra forman parte de un mismo conductor, así como los que están bajo la línea roja, mas estos dos conductores están separados uno del otro.

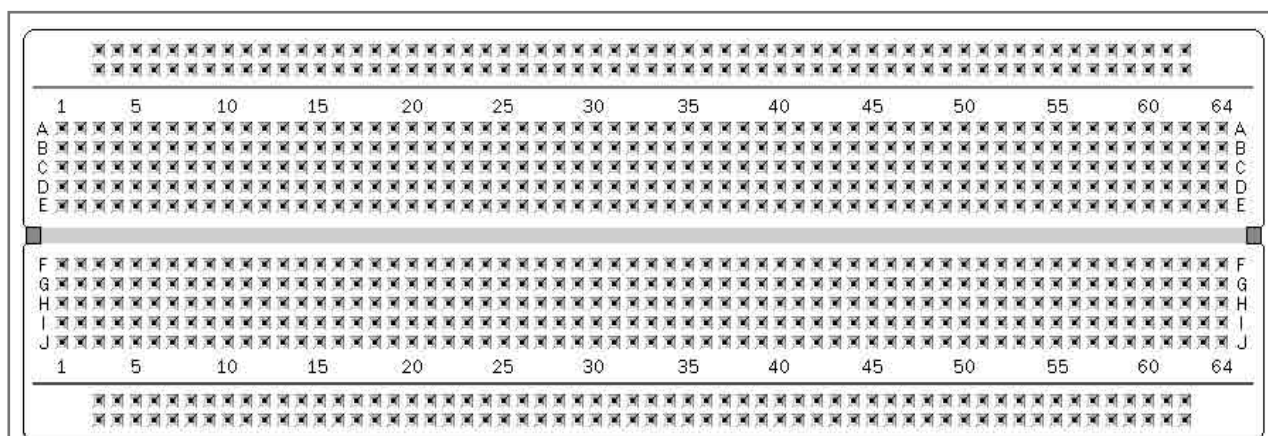
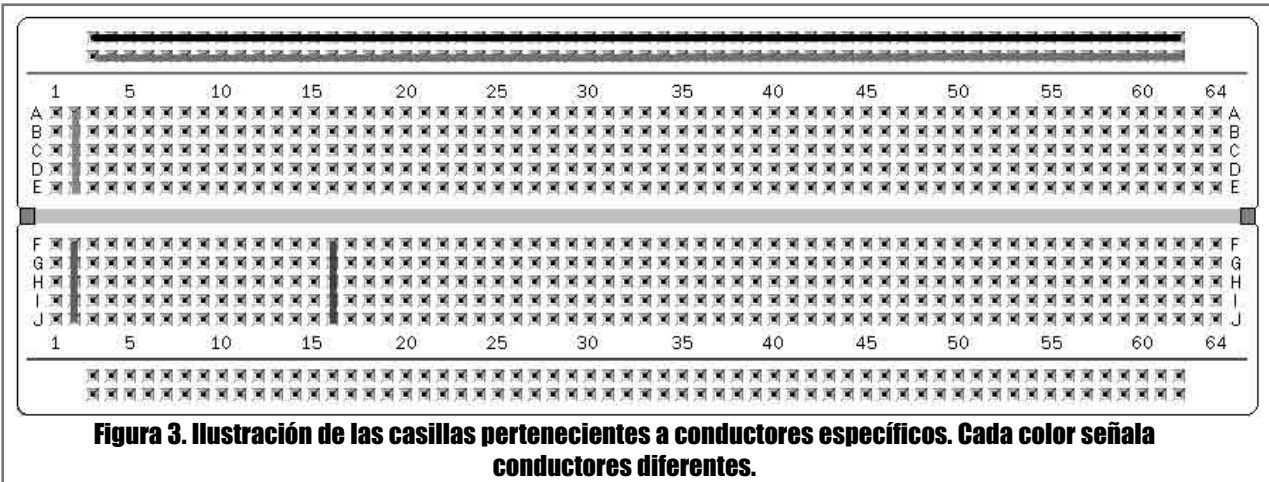


Figura 2. Modelo de un protoboard de cuatro conductores horizontales de 60 casillas y 128 conductores verticales de 5 casillas.

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales



En la región inferior del protoboard se ubican otros dos conductores horizontales.

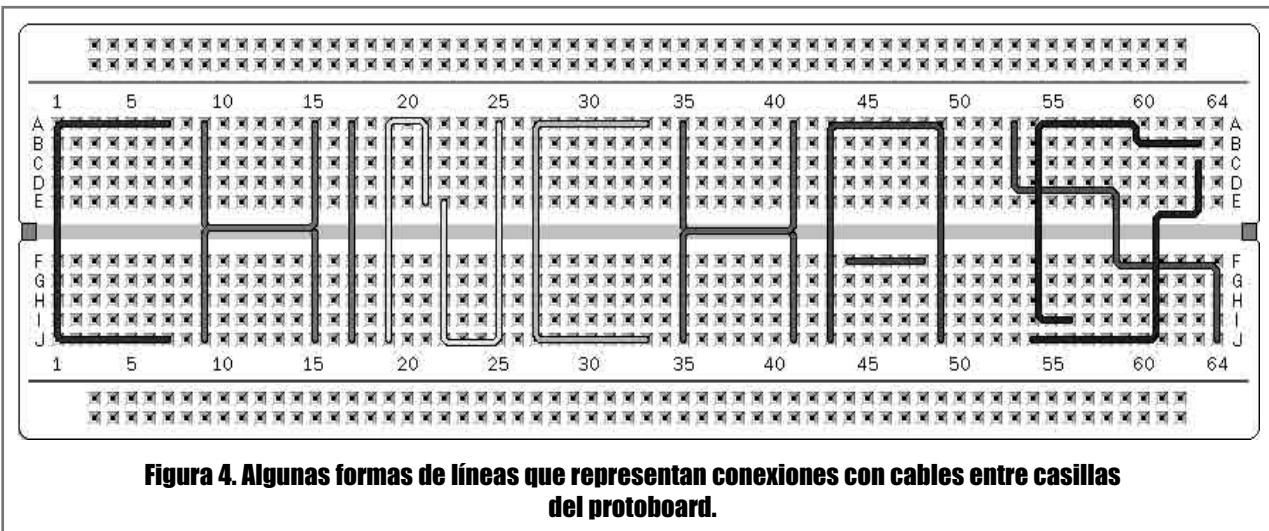
Usualmente, estos conductores conectan las líneas de voltaje VCC (línea roja) y de GND (línea negra). Es una buena práctica de construcción utilizar los colores de cables indicados, ya que son colores estandarizados.

Existen también 128 conductores verticales de cinco casillas separados por una división central, es decir, hay 64 conductores verticales en la región superior y otros 64 conductores en la región inferior del protoboard. Las letras y números ayudan a identificar cada casilla. Por ejemplo, las casillas A, B, C, D y E de la columna 2 (bajo la línea de color naranja) están unidas todas entre sí. Igualmente ocurre con las casillas F, G, H, I y J de la columna 2 (color verde). Para unir las casillas que pertenecen a diferentes conductores utilizamos cables.

CONEXIONES CON CABLES

Un cable puede ser dibujado con el ratón desde una casilla a otra. Los cables pueden tener hasta cinco segmentos, de los cuales solamente tres pueden ser modificados con el ratón. El programa evita conexiones entre casillas del mismo nodo eléctrico. También evita cortocircuitos entre VCC, GND y puertos de salida. La figura 4 muestra varias formas de conexiones.

Para modificar un cable se presiona el botón izquierdo del ratón sobre un segmento y se arrastra el puntero del ratón para dar al cable una nueva forma. Para eliminar un cable se pulsa el botón derecho del ratón sobre uno de los segmentos modificables del cable. El color del cable que va a ser formado puede establecerse desde el botón con líneas de colores verticales ubicado en la barra de herramientas.



Capítulo 4

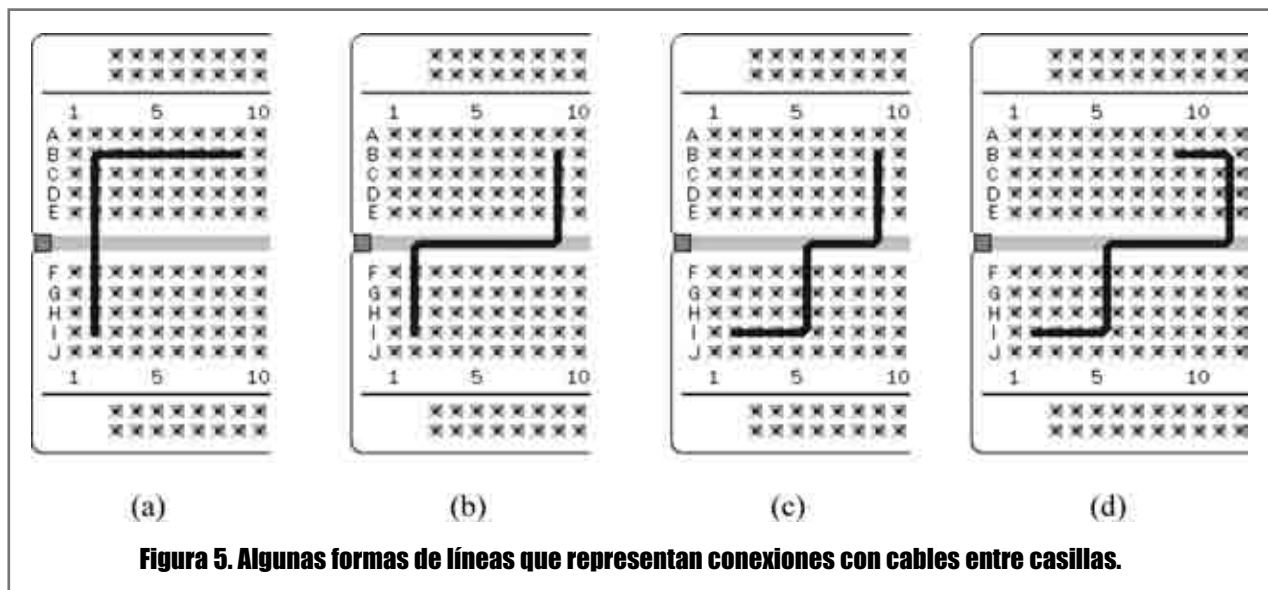


Figura 5. Algunas formas de líneas que representan conexiones con cables entre casillas.

Los colores de los cables dibujados ya no pueden ser modificados.

La figura 5 muestra una secuencia de edición de un cable. En (a) se ha formado un cable conectando las casillas 1→2 y B→9. La dirección original queda determinada por el sentido del movimiento inicial del puntero del ratón. En (b) el segmento horizontal del cable fue presionado y arrastrado hacia abajo. En (c) el segmento vertical inferior fue presionado y arrastrado hacia la derecha. Similarmente en (d) el segmento vertical superior ha sido desplazado hacia la derecha. Los segmentos horizontales superior e inferior de (d) no pueden ser arrastrados, mientras que los otros tres siguen siendo editables. Para eliminar el cable la presión del botón derecho debe ser sobre un segmento editable.

modificando tus circuitos. Siguiendo esta recomendación, el programa evita que realices ediciones o modificaciones del circuito cuando el tablero de fuente DC está encendido.

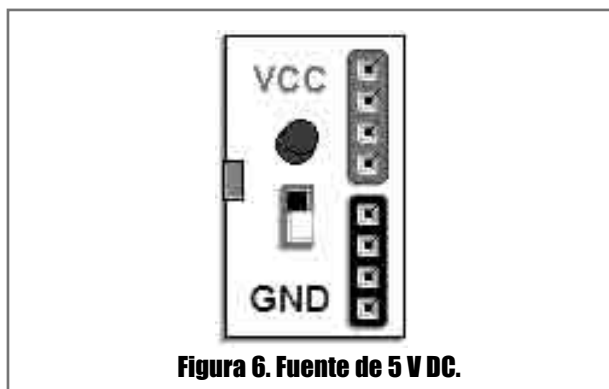


Figura 6. Fuente de 5 V DC.

FUENTE DC

El tablero de fuente DC simula el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento de los demás tableros y de los componentes del circuito. Este tablero siempre aparece en todos los circuitos hechos con el programa.

En un circuito real con chips TTL puedes utilizar una fuente de voltaje regulada de 5 V o tres pilas de 1.5 V colocadas en serie. Es muy recomendable que desconectes la fuente DC cuando estés construyendo o

TABLEROS DE INTERRUPTORES Y LEDS

El tablero de interruptores provee ocho interruptores cuyos estados pueden ser conmutados al pulsar sobre ellos con el botón izquierdo del ratón.

En la figura 7 los interruptores aparecen con la pestaña hacia abajo, formando un contacto eléctrico de las casillas con GND.

La resistencia mostrada en el tablero evita un cortocircuito entre VCC y GND. En esta condición, cada casilla asociada tiene el estado lógico 0. Cuando la pes-

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

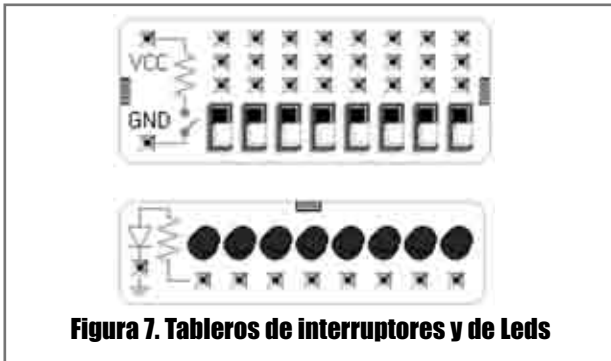


Figura 7. Tableros de interruptores y de Leds

taña está hacia arriba la salida es alta o 1, y en este caso el interruptor está abierto tal como indica el diagrama esquemático del tablero. Por otro lado, el tablero de Leds contiene ocho Leds activos en alta.

La figura 8 ilustra algunas conexiones entre los interruptores, los Leds y la fuente de voltaje. Los circuitos de los tableros no funcionan cuando están conectados incorrectamente.

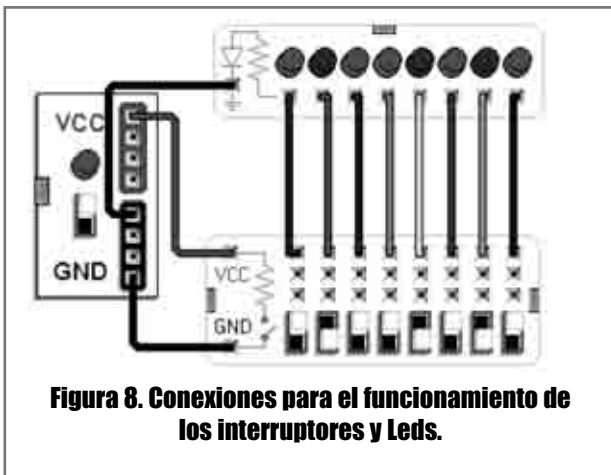


Figura 8. Conexiones para el funcionamiento de los interruptores y Leds.

TABlero DE PULSADORES

El tablero de pulsadores tiene ocho pulsadores activos en el nivel lógico 1. Un pulsador se activa cuando lo presionas con el botón izquierdo del ratón.

La salida de los pulsadores es 0 cuando no están presionados. Solamente puede activarse un pulsador a la vez.

En la figura 9, el quinto pulsador está presionado, haciendo que brillen los cuatro Leds con lo que está conectado a través de los cables.

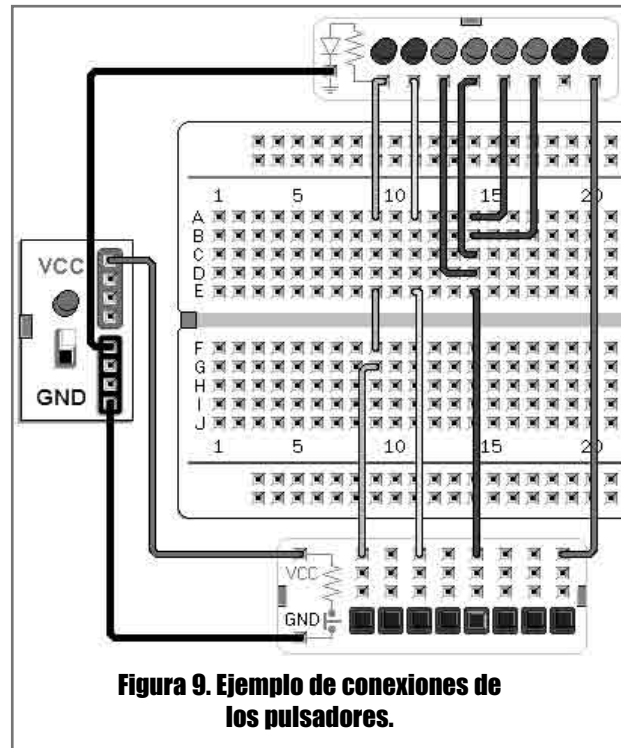


Figura 9. Ejemplo de conexiones de los pulsadores.

VISUALIZADORES DE SIETE SEGMENTOS

El tablero de visualizadores de siete segmentos contiene cuatro visualizadores de ánodo común, es decir, para encender un led específico debe colocarse un nivel lógico 0 en el puerto correspondiente, figura 10. La línea de VCC debe estar conectada al tablero.



Figura 10. Tablero de visualizadores de siete segmentos.

TABlero DE TEMPORIZADORES

El tablero de temporizadores de este programa provee cuatro señales periódicas de frecuencias aproximadas a 10Hz, 5Hz, 2Hz y 1Hz.

Capítulo 4

Solamente existe un tablero temporizador por cada circuito. Como sucede en todos los demás tableros, las señales son formadas cuando el tablero está correctamente conectado. En circuitos reales, utilice osciladores encapsulados o circuitos como el LM 555 para generar las frecuencias necesarias.

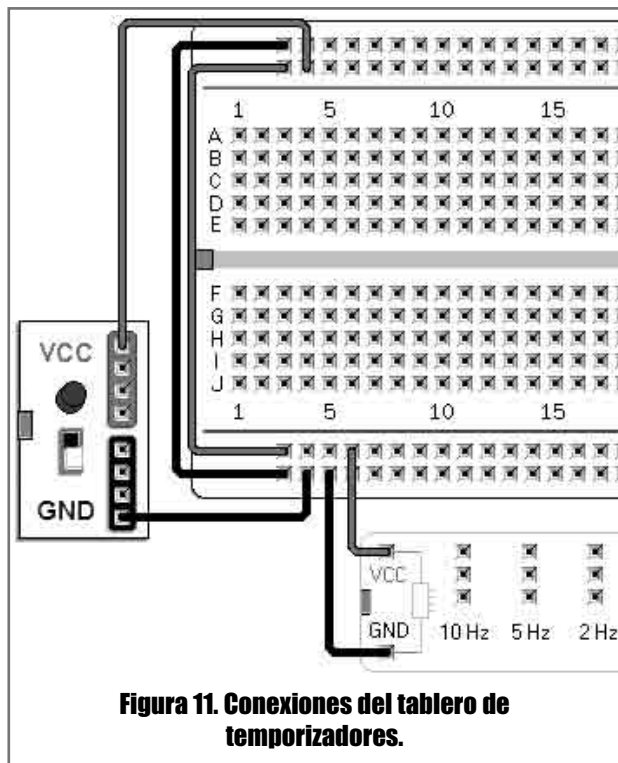


Figura 11. Conexiones del tablero de temporizadores.

TUTORIAL DE LÓGICA PROGRAMABLE (PLA)

Este tutorial sirve para ilustrar las funciones lógicas mediante un arreglo de lógica programable de 4 entradas, 8 productos y 4 salidas.

Para unir y separar líneas basta con pulsar sobre las intersecciones entre las líneas. Este tablero ayuda a visualizar rápidamente el resultado de las funciones lógicas combinacionales. Por ejemplo, puede servir para demostrar las equivalencias de los postulados de Huntington del álgebra de Boole, algunos teoremas de simplificación de funciones y algunas funciones básicas como selectores, descodificadores, codificadores, medio sumador, sumador completo, comparador, etc. Estas funciones pueden ser comparadas y relacionadas con las funciones realizadas por los circuitos integrados.

En la figura 12, por ejemplo, se ilustra un sumador completo armado en el simulador. W es el bit acarreo y X es el bit de suma.

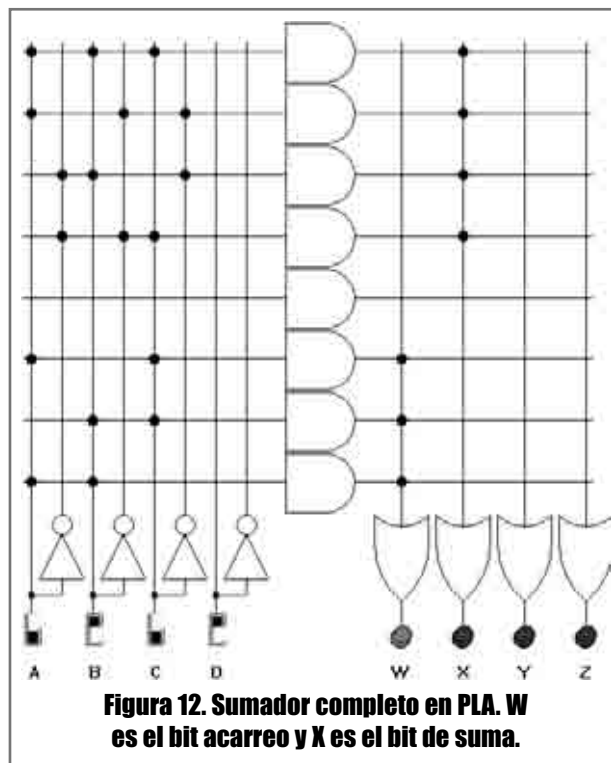


Figura 12. Sumador completo en PLA. W es el bit acarreo y X es el bit de suma.

CIRCUITOS INTEGRADOS TTL

El programa provee más de 80 modelos lógicos de circuitos digitales de la familia TTL.

Estos modelos no toman en cuenta ningún aspecto físico. Tampoco incluyen los chips de salida con colector abierto, alta impedancia y de pines bidireccionales.

El programa valida la inserción de los chips evitando conexiones de pines de salida con casillas conectadas a otros pines y puertos de salida.

Un chip puede ser retirado con el botón derecho del mouse y trasladado arrastrándolo con el botón izquierdo. Los circuitos aparecen clasificados en los menús de acuerdo a los siguientes esquemas.

Algunos circuitos listados en el grupo Combinacionales tienen registros.

Cuando un chip de la lista tiene un pin bidireccional ese pin está modelado únicamente como salida. Las figuras 13, 14 y 15 muestra cómo acceder desde el

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

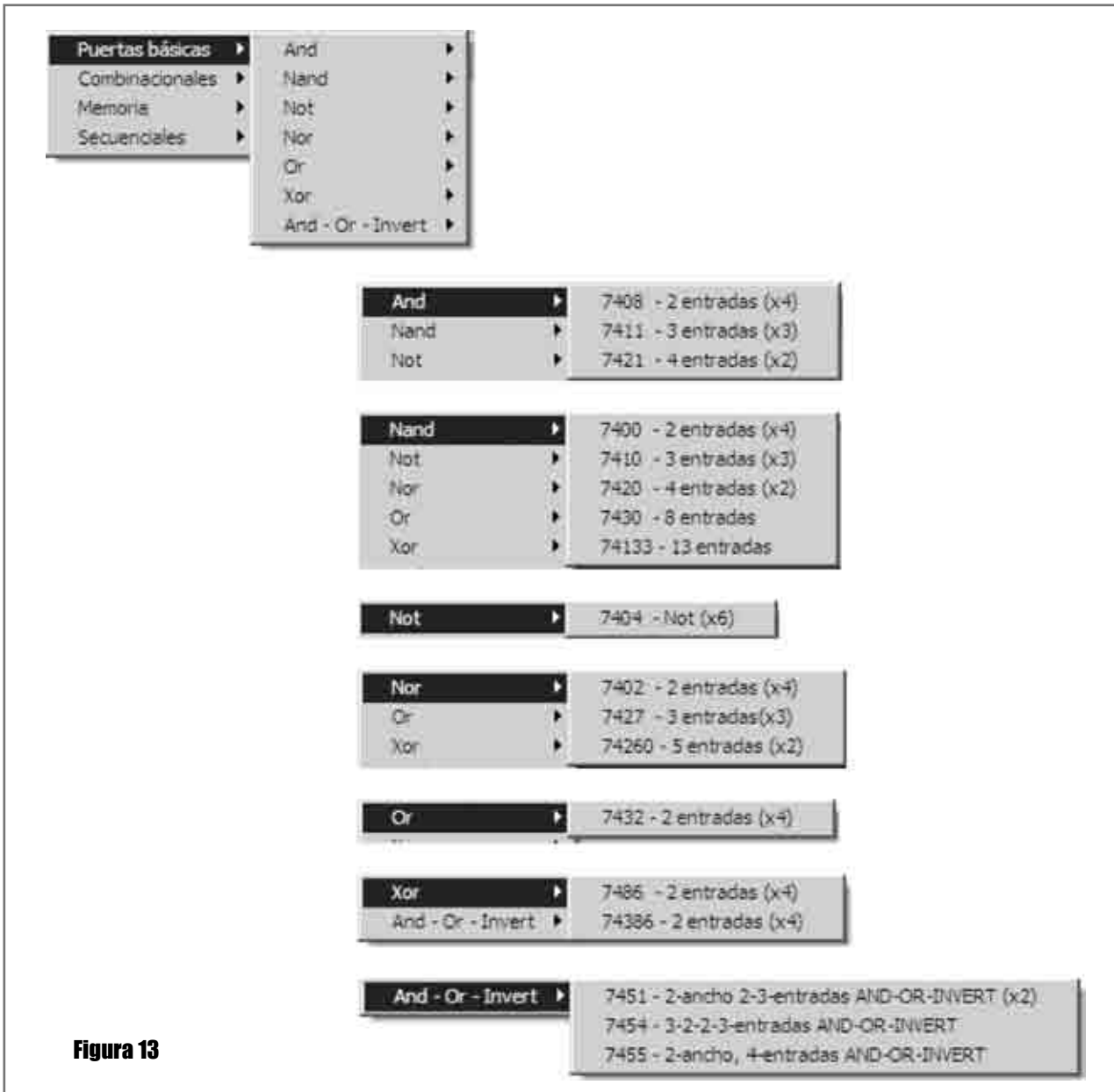


Figura 13

menú a cada uno de los circuitos integrados que soporta el programa.

EJEMPLOS DE CIRCUITOS

Las figuras 16 y 17 muestran ejemplos de circuitos sencillos, el primero con puertas NAND y el segundo con flip-flops D. Las figuras desde la 18 hasta la 21 indican una secuencia de pasos para construir y simular incrementalmente un contador BCD de cuatro dígitos.

Conclusión

Este programa sirve como herramienta de enseñanza y aprendizaje del diseño digital con componentes TTL. A su tiempo, será ampliado para incluir guías y tutoriales interactivos, circuitos de lógica programable, microcontroladores, interfaces de entrada y salida estándares, instrumentación virtual, interfaces con puertos del computador, así como modelos de resistencias, condensadores y dispositivos semiconductores. El autor no garantiza que las próximas versiones sigan siendo gratuitas.

Capítulo 4

Figura 14

The image shows a hierarchical menu of digital logic components. The main menu is on the left, and sub-menus are shown to the right of each selected category. The components are listed with their part numbers and basic specifications.

- Combinacionales**
 - Codificadores
 - 74147 - de prioridad, 10 líneas a 4
 - Descodificadores
 - 74148 - de prioridad, 8 líneas a 3
 - Multiplexores
 - ALU
 - Generador de paridad
 - Comparador
 - Sumadores
- Memoria**
 - 74170 - Memoria de lectura y escritura 4 x 4
- Secuenciales**

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

Figura 15

Secuenciales

- Flip-flops
- Registros
- Contadores

Flip-flops

- 7473A - JK flanco negativo (x2)
- 7474A - D, preset, clear, flanco positivo (x2)
- 7476A - JK, preset, clear, flanco negativo (x2)
- 74107A - JK flanco negativo (x2)
- 74109A - JK flanco positivo (x2)
- 74112A - JK flanco negativo (x2)
- 74113A - JK flanco negativo (x2)
- 74114A - JK flanco negativo (x2)

Registros

- con Latches
 - 7475 - 4 latches D
 - 7477 - 4 latches D
 - 74256 - Latch direccionable de 4 bits (x2)
 - 74259 - Latch direccionable de 8 bits
 - 74279 - 4 latches con set y reset
 - 74375 - 4 latches D
- con Flip-flops de desplazamiento
 - 74174 - 6 flip-flops D
 - 74175 - 4 flip-flops D
 - 74273 - 8 flip-flops D con clear
 - 74377 - 8 flip-flops D con enable
 - 74378 - 6 flip-flops D con enable
 - 74379 - 4 flip-flops D con enable
- de desplazamiento
 - 74958 - 4 bits
 - 74164 - Entrada serie, salida paralela
 - 74165 - 8 bits, paralelo a serial
 - 74166 - Entrada paralela, salida serie
 - 74194A - bidireccional, 4 bits
 - 74195A - 4 bits, universal

Contadores

- Asíncronos
 - 74160A - Módulo 10, reset asincrónico
 - 74161A - Módulo 16, reset asincrónico
 - 74162A - Módulo 10, reset síncrono
 - 74163A - Módulo 16, reset síncrono
 - 74168 - Bidireccional, módulo 10
 - 74169 - Bidireccional, módulo 16
 - 74190 - Módulo 10
 - 74191 - Módulo 16
 - 74192 - Bidireccional, BCD
 - 74193 - Bidireccional, módulo 16
 - 74669 - Bidireccional, módulo 16
- Síncronos
 - 7490 - Divisor por 2 y 5
 - 7492 - Divisor por 2 y 6
 - 7493 - Divisor por 2 y 8
 - 74196 - Divisor entre 2 y 5
 - 74197 - Divisor entre 2 y 8
 - 74290 - Divisor entre 2 y 5
 - 74293 - Divisor entre 2 y 8
 - 74390 - Divisor entre 2 y 5 (x2)
 - 74393 - Contador binario de 4 bits (x2)
 - 74490 - Contador de décadas (x2)

Capítulo 4

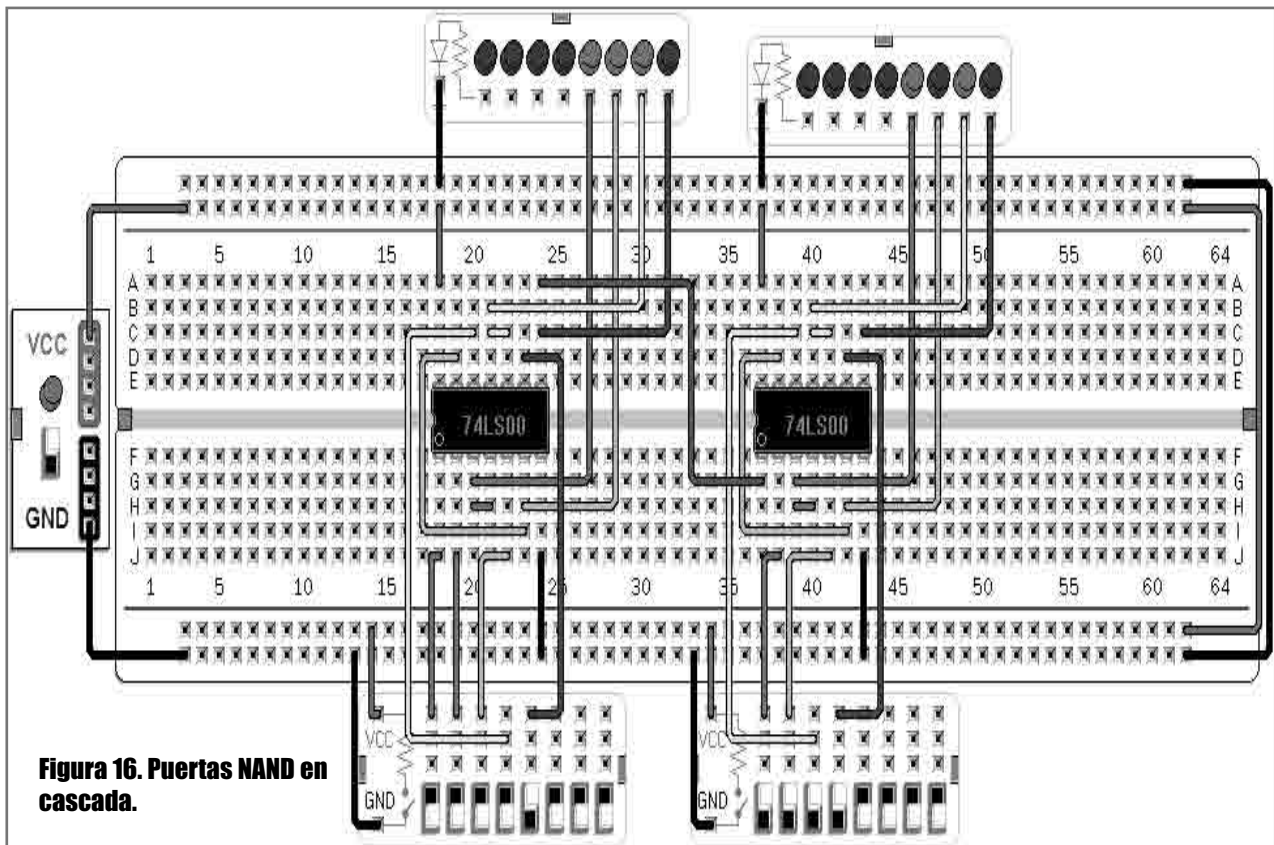


Figura 16. Puertas NAND en cascada.

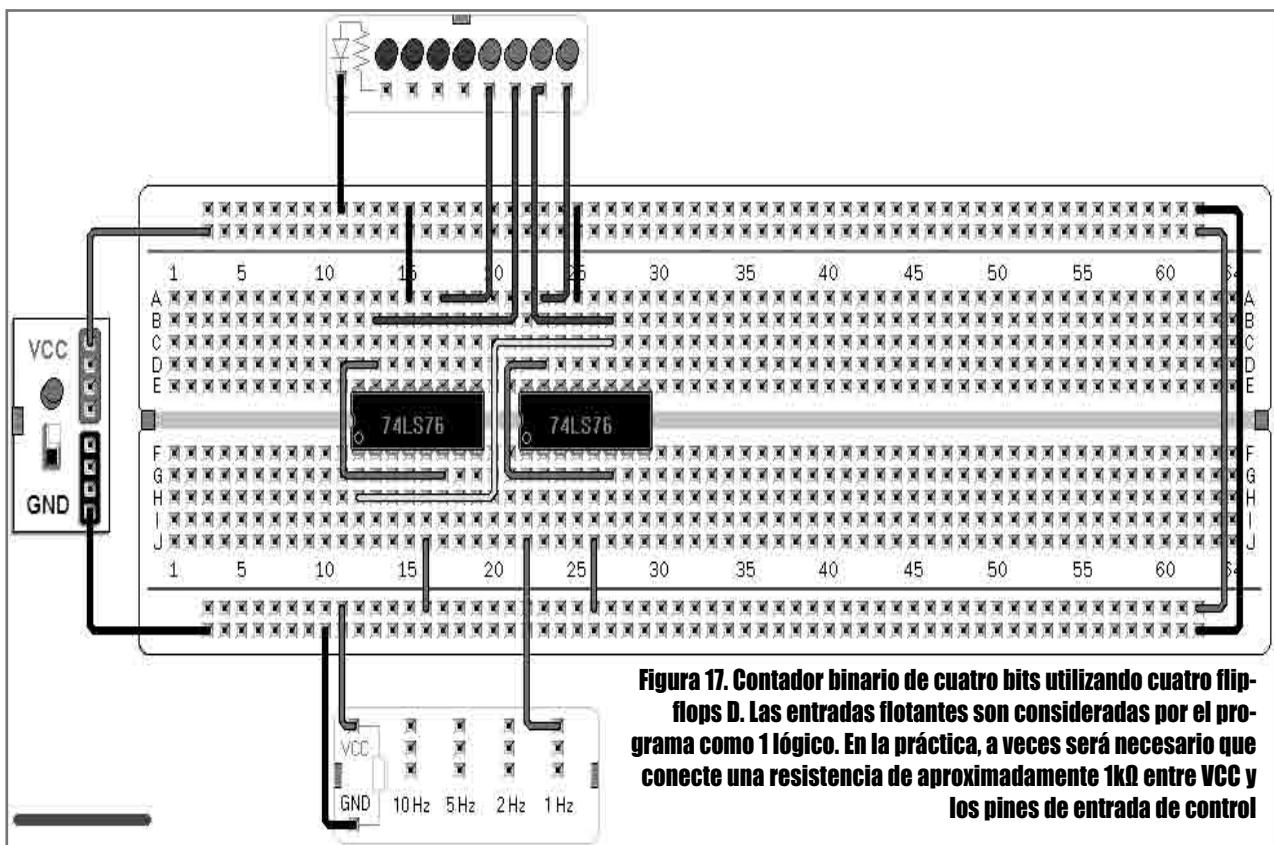


Figura 17. Contador binario de cuatro bits utilizando cuatro flip-flops D. Las entradas flotantes son consideradas por el programa como 1 lógico. En la práctica, a veces será necesario que conecte una resistencia de aproximadamente 1kΩ entre VCC y los pines de entrada de control

Simulador de Construcción de Circuitos Digitales

Figura 18. Conexiones de VCC y GND y de las salidas de los descodificadores a los visualizadores de siete segmentos de un contador BCD de 4 dígitos con sentido de cuenta y frecuencia seleccionables.

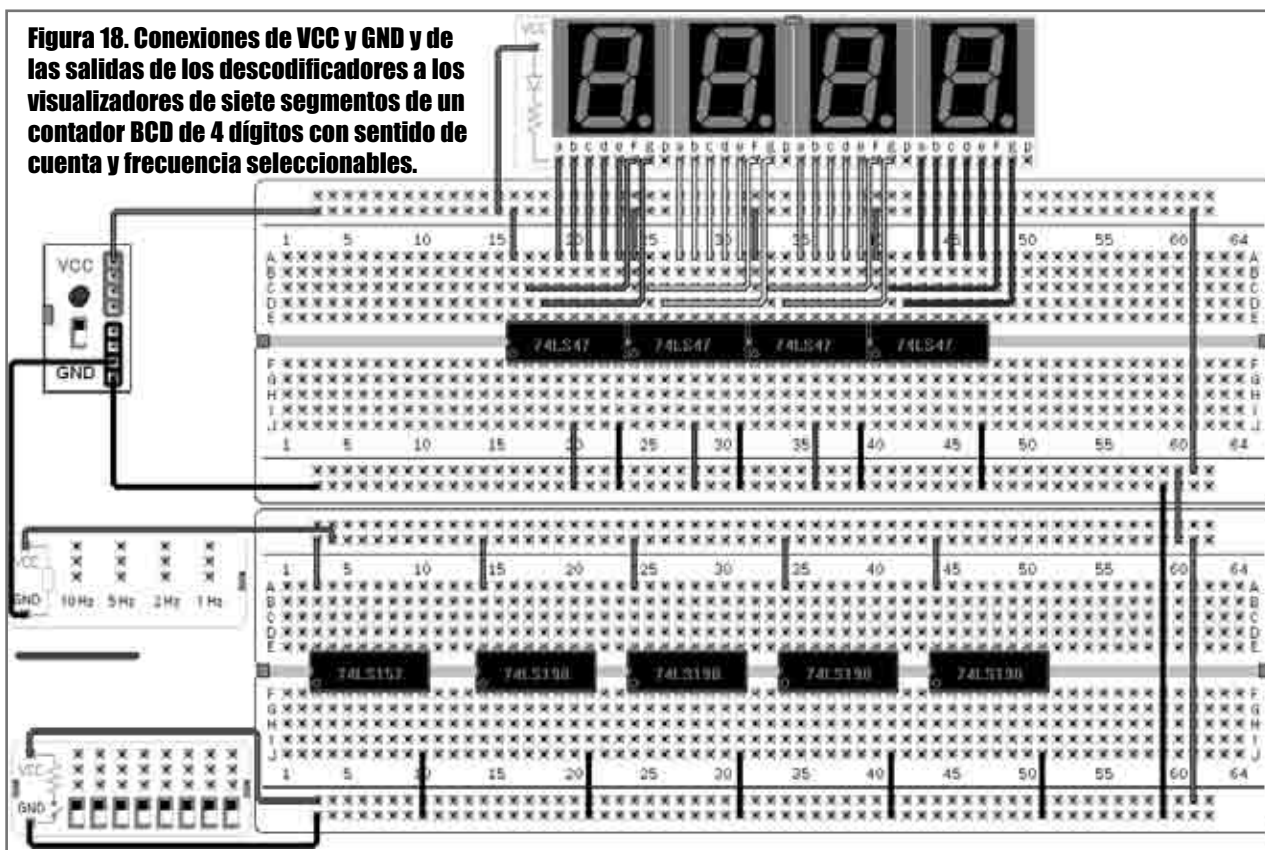
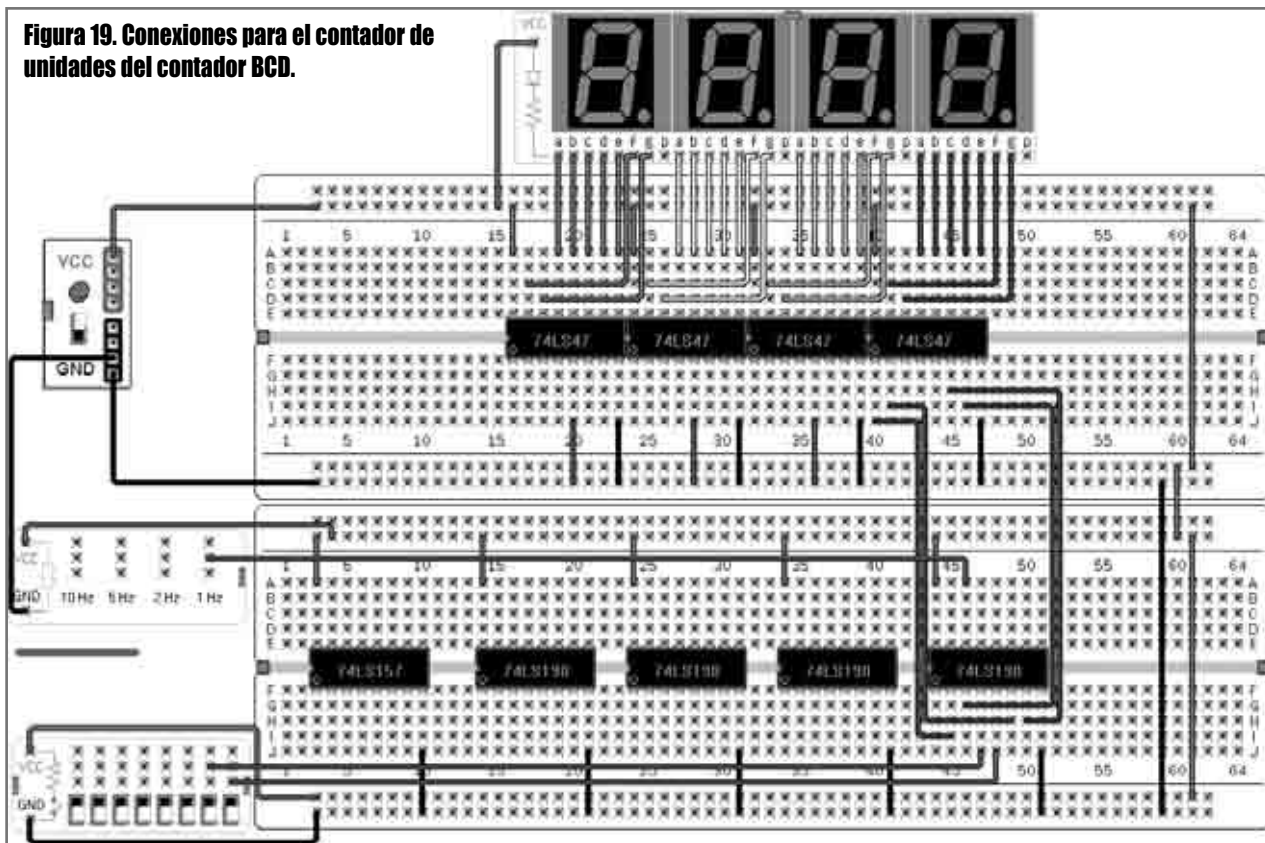


Figura 19. Conexiones para el contador de unidades del contador BCD.



Capítulo 4

Figura 20. Conexiones de los cuatro dígitos del contador. Las conexiones de los descodificadores han sido modificadas.

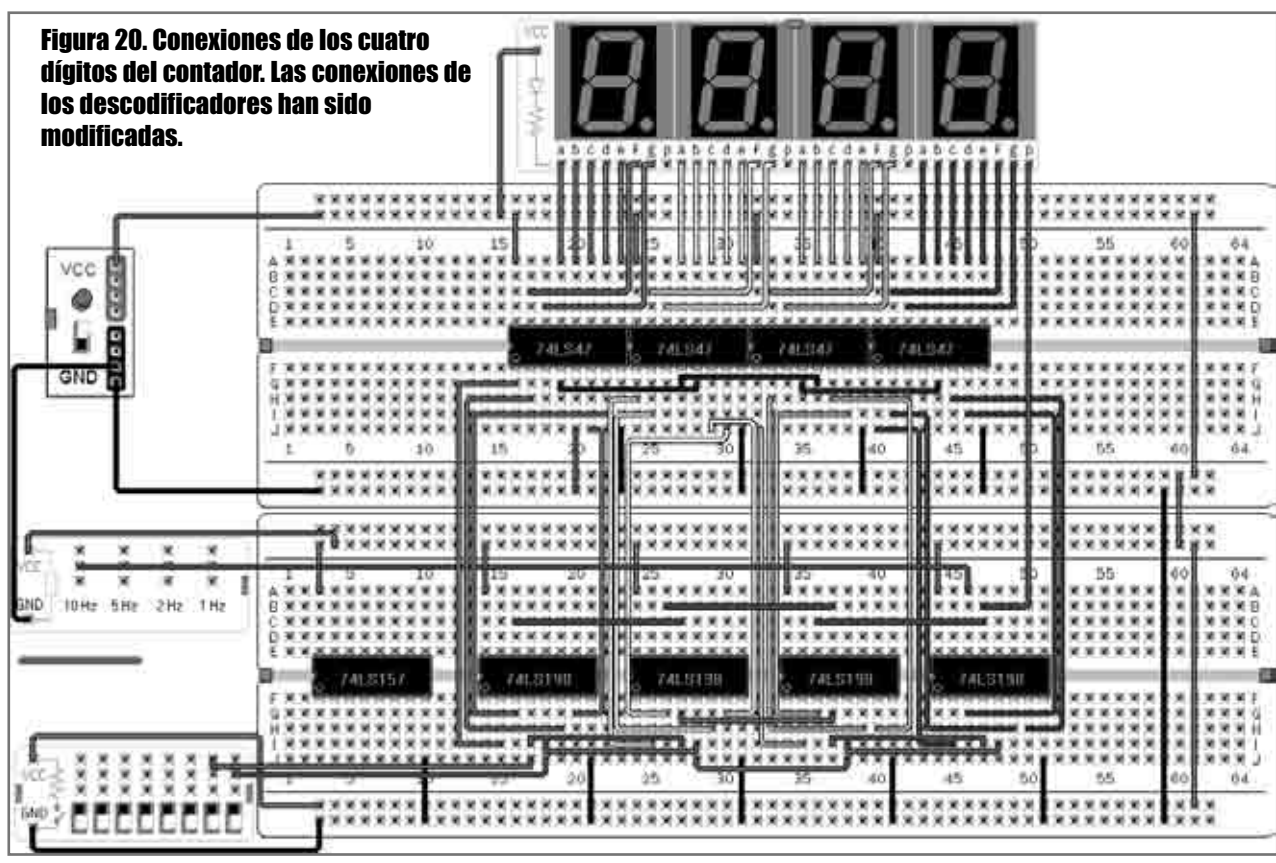
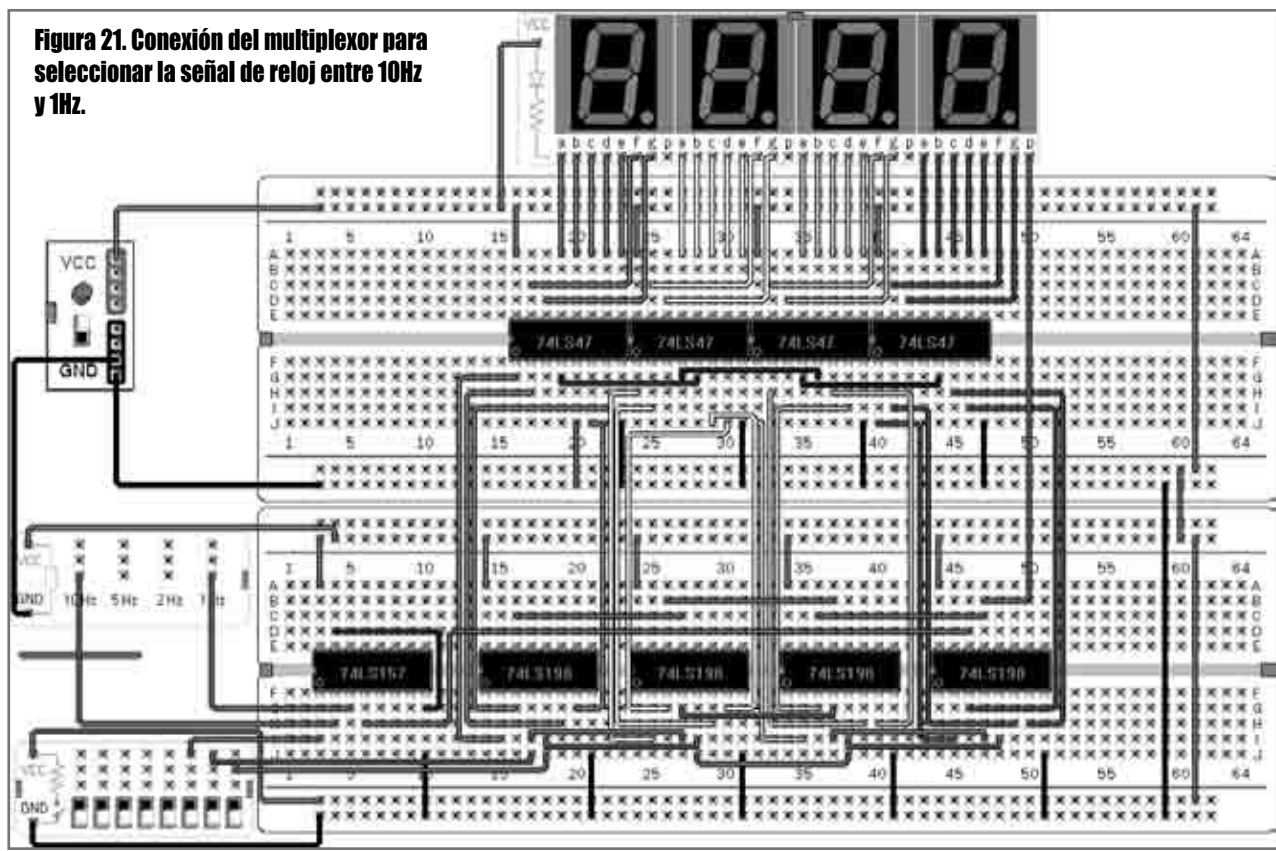
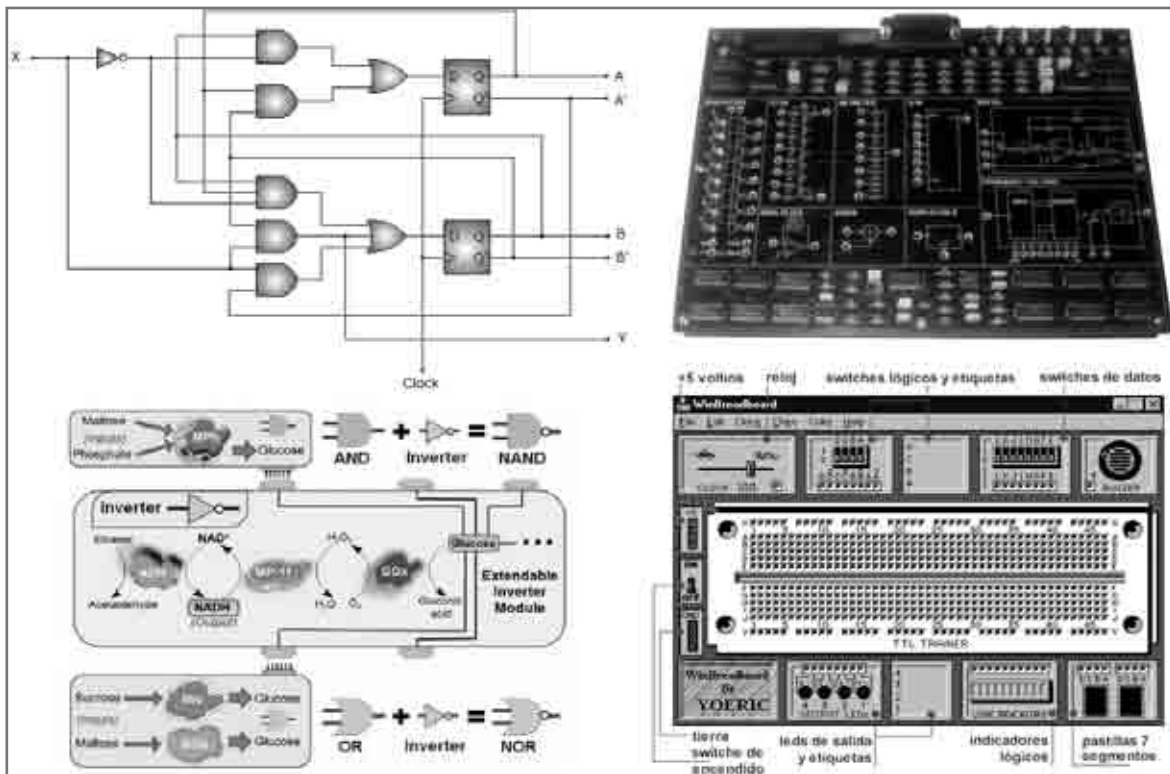


Figura 21. Conexión del multiplexor para seleccionar la señal de reloj entre 10Hz y 1Hz.



CAPÍTULO 5



CIRCUITOS INTEGRADOS DE FUNCIONES ESPECIALES

CIRCUITOS COMBINACIONALES

*En el capítulo 2, estudiamos las diferentes familias lógicas, dando ejemplos de uso para los circuitos integrados digitales de la familia TTL y CMOS, que son las más utilizadas. El proceso de fabricación de las diferentes familias ha posibilitado la realización en circuitos integrados digitales de sistemas combinacionales complejos, constituidos por un gran número de compuertas lógicas en un solo chip. Se llama **circuito combinacional** a aquél en que el estado lógico de su salida depende únicamente del estado lógico de sus entradas; es decir, no se tiene en cuenta la noción del tiempo. Existen circuitos lógicos donde el estado de la salida en un instante no sólo depende del estado lógico de las entradas en ese instante, sino también del estado lógico de las entradas en instantes anteriores; es decir, entra en juego la variable tiempo. Se dice que el circuito tiene memoria. Estos circuitos se llaman **secuenciales** y los analizaremos más adelante. En este capítulo veremos qué son y para qué sirven los principales circuitos digitales combinacionales.*

Capítulo 5

INTRODUCCIÓN

Presentamos diferentes bloques de sistemas digitales frecuentemente utilizados en la construcción de sistemas electrónicos; estos componentes suelen colocarse dentro de circuitos integrados de funciones especiales. Entre estos circuitos integrados de funciones especiales podemos encontrar:

Codificadores

Un codificador es un circuito combinacional que tiene 2^m entradas (o menos que 2^m) y m salidas, de forma tal que, cuando una de las entradas está excitada, a la salida se genera un código de m bits correspondiente a la entrada excitada. Cumple, por lo tanto, la función inversa a la del decodificador. En la figura 1 se da el esquema en bloques de un codificador de 2^m entradas y m salidas.

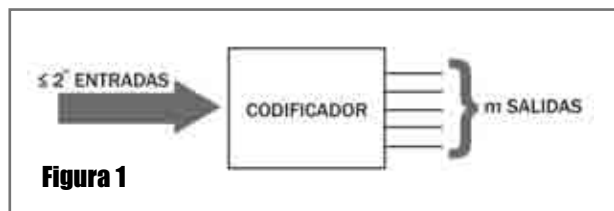


Figura 1

Decodificadores

Un decodificador es un circuito que tiene n líneas de entrada (bits de instrucción) y 2^n líneas de salida (o menor que 2^n) y opera excitando sólo una de las líneas de salida en función de la combinación de bits de entrada.

Los decodificadores se clasifican en excitadores y no excitadores, según sus salidas puedan o no controlar respectivamente un indicador visual (display).

En la figura 2 se da el diagrama en bloques de un decodificador de n líneas de entrada y 2^n líneas de salida.

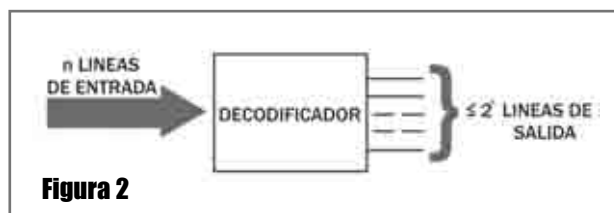


Figura 2

Multiplexores

Los multiplexores o selectores de datos son circuitos combinacionales que tienen m entradas de datos y una sola línea de salida. Tiene además n entradas de selección tal que $2^n = m$. Mediante las entradas de selección se elige la información presente en cualquiera de las entradas y se la conduce a la única línea de salida. Cumple la función opuesta al demultiplexor. Cada combinación binaria presente en las entradas de selección, selecciona la información presente en una de las entradas para ser enviada a la línea o canal de salida. En la figura 3 se ha esquematizado un multiplexor de 2^n entradas y una salida.

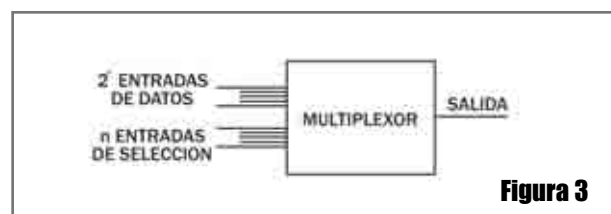


Figura 3

Demultiplexores

Un demultiplexor es un circuito combinacional que tiene una entrada de datos D y m salidas. Posee además n entradas de selección tal que $2^n = m$. La información aplicada en el canal de entrada de datos D , se puede hacer aparecer en cualquiera de las m salidas, aplicando a las entradas de selección la combinación adecuada. En la figura 4 se reproduce el diagrama de un demultiplexor de n entradas y 2^n salidas.

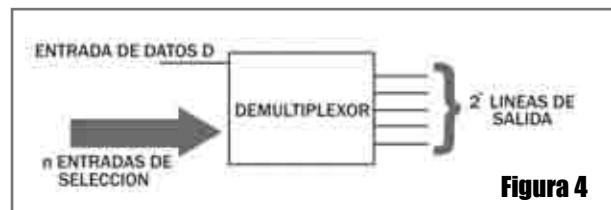


Figura 4

CODIFICADORES

Como ya hemos dicho, un codificador es un circuito combinacional que tiene 2^m entradas (o menos que 2^m) y m salidas, de forma tal que, cuando una de las entradas está excitada, a la salida se genera un código de

Circuitos Combinacionales

m bits correspondiente a la entrada excitada. Un ejemplo típico es el teclado de una computadora, donde por cada tecla oprimida se produce una combinación de bits de salida. Por ejemplo, si se utiliza el código ASCII de 7 bits tenemos $2^7 = 128$ combinaciones posibles de entrada. Cuando se activa una de estas 128 líneas de entrada, a la salida se genera el código de 7 bits que codifica la línea de entrada activa. Por ejemplo, si se oprime la tecla correspondiente al N° 1, a la salida tengo los 7 bits que codifican dicho número. Para analizar la construcción de un codificador, supongamos diez entradas (10 teclas) que corresponden a los números decimales del 0 al 9. Al tener 10 entradas necesitamos 4 salidas para codificar esas 10 entradas ($2^4 = 16$ combinaciones posibles, de las cuales solo usaremos diez). Es un codificador BCD natural.

Para quitar dudas, dicho de otra forma, son necesarias 4 salidas porque tenemos 10 entradas, y recuerde que se tienen m salidas y 2^m entradas o menos. Si $m = 3$; $2^3 = 8$, o sea 8 entradas. Como las entradas son 10, las salidas son 4; entonces $m = 4$ y $2^4 = 16$. En este caso $10 < 2^m$.

Damos a continuación, un cuadro donde se detalla el estado que tendrá cada salida en función de cual sea la "tecla" accionada. Dicha tecla accionada se representa con el nivel lógico "1" en dicho cuadro.

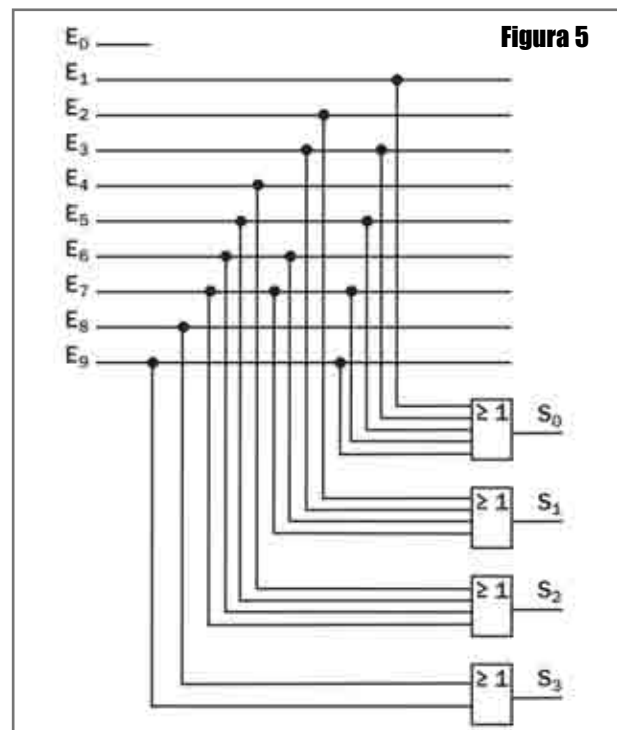
ENTRADAS										SALIDAS			
E9	E8	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	S3	S2	S1	S0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

La entrada E0 representa la tecla del número decimal 0, la entrada E1 la tecla del número decimal 1, la

entrada E9 la tecla correspondiente al N°9, etc. Suponemos que la entrada excitada corresponde al estado lógico 1 (tecla que estamos oprimiendo).

Si E1 = 1 (tecla oprimida) y las demás entradas están en 0, a la salida tenemos 0001, que es el número 1 codificado en BCD natural. Si E2 = 1 y las demás entradas están en 0, a la salida tenemos 0010 que es el número 2 codificado en BCD natural, y así sucesivamente.

Para realizar el codificador anterior con compuertas, obtenemos la expresión lógica de las 4 salidas. Se entiende que con distintas compuertas OR se puede construir un codificador como el mostrado en la figura 5.



$$S0 = E1 + E3 + E5 + E7 + E9$$

$$S1 = E2 + E3 + E6 + E7$$

$$S2 = E4 + E5 + E6 + E7$$

$$S3 = E8 + E9$$

Si se activa la línea E4, pone un 1 en la salida S2 y; es decir, tenemos 0100, que es el número 4 codificado en BCD natural.

En el codificador del ejemplo, cuando todas las entradas están bajas, corresponde al 0 decimal.

Es decir, no se permite diferenciar entre la situación

Capítulo 5

de que todas las entradas están inactivas y aquella en que está activa E0.

Una posibilidad es agregar una quinta línea de salida P1 que, si vale 1, detecta que hay alguna entrada activa y, si vale 0, todas las entradas E0 a E9 están inactivas (no se oprimió ninguna tecla).

La expresión lógica de la salida P1 es entonces:

$$P1 = E0 + E1 + E2 + E3 + E4 + E5 + E6 + E7 + E8 + E9$$

Se puede realizar el codificador anterior por medio de una matriz de diodos, obteniendo el circuito de la figura 6.

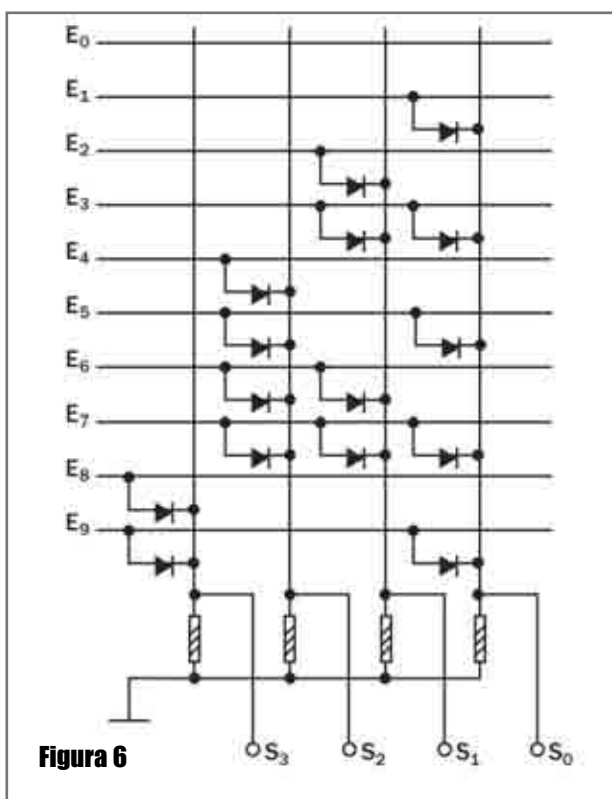


Figura 6

Para la construcción de dicho circuito, donde hay un "1" en la tabla de verdad se coloca un diodo; donde hay un "0" no se coloca nada.

Este circuito se llama matriz codificadora a diodos y corresponde al esquema de una memoria ROM primitiva.

ROM significa Read Only Memory (memoria sólo de lectura), con lo cual una vez construido el circuito no es posible escribir información.

DECODIFICADORES

Un decodificador es un circuito que posee n líneas de entrada (bits de instrucción) y 2ⁿ líneas de salida (o menor que 2ⁿ) y opera excitando sólo una de las líneas de salida en función de la combinación de bits de entrada.

Los decodificadores se clasifican en excitadores y no excitadores, según sus salidas puedan o no controlar respectivamente un indicador visual (display).

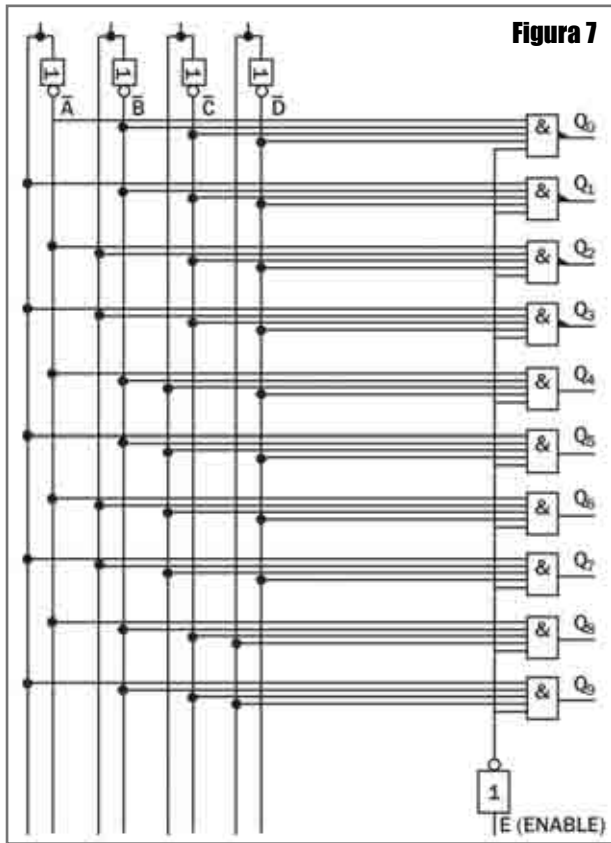
En un sistema digital se pueden transmitir tanto instrucciones como números. Si, por ejemplo, los 4 bits de un mensaje se emplean para transmitir órdenes, se pueden lograr 16 instrucciones diferentes, o 16 combinaciones diferentes.

Cuando se opera de manera que, para cada combinación de entrada, sólo una de las líneas de salida esté excitada, tendremos un circuito que trabaja como decodificador. Según el tipo de decodificador se considera excitada la salida que está en el estado lógico 0 y no excitada la que está en el estado lógico 1, o viceversa. Con el siguiente cuadro, y de acuerdo a lo dicho hasta el momento, construiremos un decodificador BCD natural a decimal.

ENTRADAS				SALIDAS									
D	C	B	A	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Circuitos Combinacionales

Atendiendo al cuadro anterior, podemos realizar el desarrollo de un decodificador con compuertas NAND e inversores, tal como se muestra en la figura 7.



Consideramos línea de salida excitada a la que está en el estado lógico "0" y no excitada la que está en el estado lógico "1".

Recordemos que en una compuerta NAND la salida está en el estado lógico "0" si, y sólo si, todas las entradas están en el estado lógico "1".

El subíndice de la salida Q indica el número decimal decodificado. Por ejemplo, si en las entradas tengo:

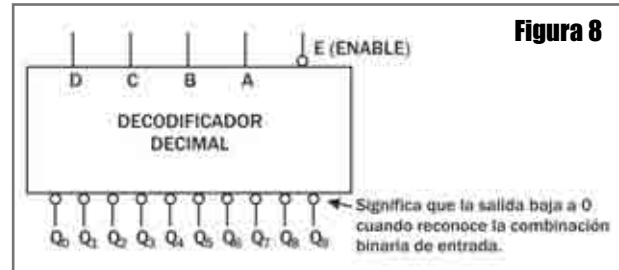
D	C	B	A
1	0	0	1

Corresponde al decimal 9 por lo que se excita la salida Q9,

El circuito integrado de este decodificador tiene como mínimo 4 entradas y 10 salidas. Considerando las conexiones de alimentación y de tierra, necesita un encapsulado de 16 patas.

Las entradas negadas A, B, C, D, se obtienen por medio de inversores en el propio chip. Como se emplean compuertas NAND, una salida es 0 (baja) para la combinación deseada de entrada, y es 1 (alta) para las otras combinaciones de entrada.

El esquema en bloques del decodificador anterior se muestra en la figura 8.



Hay aplicaciones donde algunas veces se desea inhibir las salidas del decodificador; es decir, que en algún momento todas las salidas estén en el estado no excitado.

Para ello a cada compuerta NAND se le agrega una entrada adicional E (Enable).

- Si $E = 0$ las compuertas NAND están inhabilitadas y tiene lugar la decodificación.

- Si $E = 1$ como en una NAND un "0" a la entrada pone un "1" a la salida independientemente de las demás entradas, todas las salidas estarán en el estado no excitado y, por lo tanto, no se realiza la decodificación. El circuito funciona como decodificador cuando $E = 0$.

MULTIPLEXORES

Los multiplexores son circuitos combinacionales que tienen m entradas de datos y una sola línea de salida.

Tiene además n entradas de selección tal que $2^n = m$. Mediante las entradas de selección se elige la información presente en cualquiera de las entradas y se la conduce a la única línea de salida.

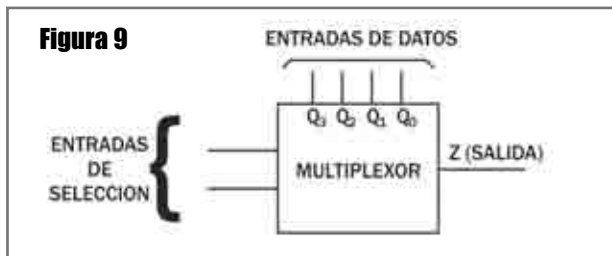
Cada combinación binaria presente en las entradas de selección, selecciona la información presente en una de las entradas para ser enviada a la línea o canal de salida.

Cambiando la combinación binaria en las entradas

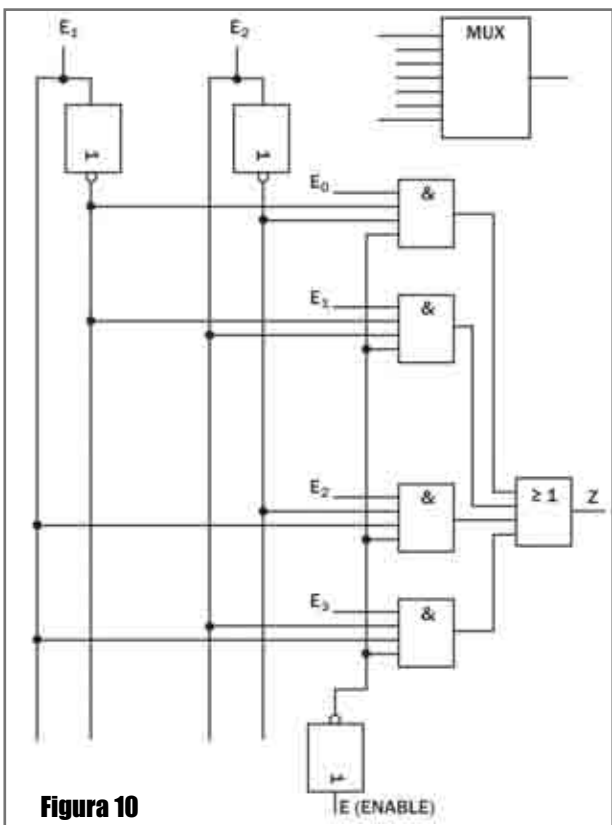
Capítulo 5

de selección, en la salida aparece la información presente en la entrada seleccionada.

Analicemos un multiplexor de 4 canales de entrada a 1 canal de salida como el mostrado en la figura 9.



En la figura 10 se reproduce el diagrama de un multiplexor de 4 entradas a 1 salida con operadores lógicos que posee 4 entradas de datos y dos entradas de selección para presentar en la salida la información requerida.



En la misma figura se da el símbolo más utilizado para representar a un multiplexor. La tabla de verdad que explica el funcionamiento de este multiplexor, es la siguiente:

	E1	E0	D3	D2	D1	D0	Z
habilita D0	0	0	X	X	X	0	0
habilita D1	0	1	X	X	0	X	0
habilita D2	1	0	X	0	X	X	0
habilita D3	1	1	0	X	X	X	0

Se deduce que cuando $E0 = E1 = 0$, se habilita el canal D0, y la información presente en esta entrada pasa a la salida Z.

Si $D0 = 1, Z = 1$; si $D0 = 0, Z = 0$.

El multiplexor puede tener, además, una entrada de habilitación E. Si $E = 1$, todas las entradas o canales están inhabilitados independientemente de la combinación binaria aplicada a las entradas de selección (sabemos que en una AND, un "0" a la entrada pone un "0" a la salida independientemente de las demás entradas).

Si $E = 0$, el multiplexor está habilitado y las entradas de selección determinan cuál es el canal de entrada habilitado.

Las principales aplicaciones de un multiplexor son:

- Conversor paralelo serie: la palabra de entrada se carga en paralelo (1 bit por cada entrada) y se saca en serie por la única salida. Por ejemplo, para una palabra de 4 bits se utiliza un multiplexor de 4 entradas (una para cada bit) y 2 entradas de selección.

Mediante un contador se van cambiando en forma secuencial las combinaciones binarias en las entradas de selección. Inicialmente tenemos en la entrada de selección 00 y a la salida el primer bit de la palabra; luego, en la entrada de selección tenemos 01 y en la salida el segundo bit de la palabra, y así sucesivamente, hasta volver a tener 00 en las entradas de selección.

Como generalmente las palabras tienen una longi-

Circuitos Combinacionales

tud de 8 bits o de 16 bits, se utilizan multiplexores de 8 canales y de 16 canales de entrada.

- **Multiplexor por división de tiempo (TDM).**
- **Generador de funciones lógicas.**

DEMÚLTIPLEXORES

Como se ha mencionado oportunamente, un demultiplexor cumple la función inversa a la de un multiplexor, es decir, "conducir" una información presente en una entrada de datos hacia una de las muchas salidas, de acuerdo con la información presente en las entradas de selección.

Dicho de otra manera, la entrada de datos D recibe una secuencia de bits en serie, que serán entregados a las líneas de salida que son seleccionables mediante las n entradas de selección. Esto significa que por el canal de entrada de datos se recibe el mensaje de entrada y se distribuye a las líneas de salida en función de las entradas de selección. Veamos un demultiplexor de un canal de entrada de datos y 8 canales de salida tal como el mostrado en la figura 11.

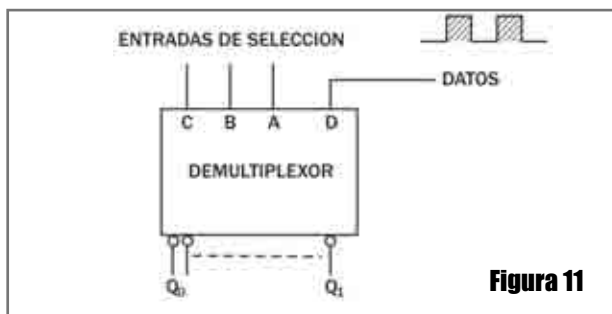


Figura 11

La tabla que representa el funcionamiento es la siguiente:

C	B	A	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1

1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Consideramos que la salida está excitada con un "0" y no excitada con un "1".

Si en las entradas de selección se aplica 000, se selecciona la salida Q0, por lo cual la señal de datos aplicada a la entrada D la tenemos a la salida Q0, ya que si D = 0 entonces Q0 = 0; si D = 1, Q0 = 1.

El demultiplexor es un conversor serie/paralelo. Los datos ingresan en serie y se sacan en paralelo. La aplicación típica es el TDM (multiplexado por división de tiempo).

Un decodificador decimal se puede convertir en un demultiplexor de un canal de entrada de datos y 8 salidas, utilizando la entrada D como entrada de datos, y las entradas A, B, C como entradas de selección.

Si en las entradas de selección tengo 000, está seleccionada la salida Q0. Si en D hay un "0", entonces Q0 = 0; si en D hay un "1", entonces Q0 = 1.

De la misma manera, un decodificador hexadecimal (4 a 16) se puede convertir en un demultiplexor de una entrada de datos y 16 salidas, utilizando una de las entradas de habilitación E como entrada de datos, tal como se muestra en la figura 12.

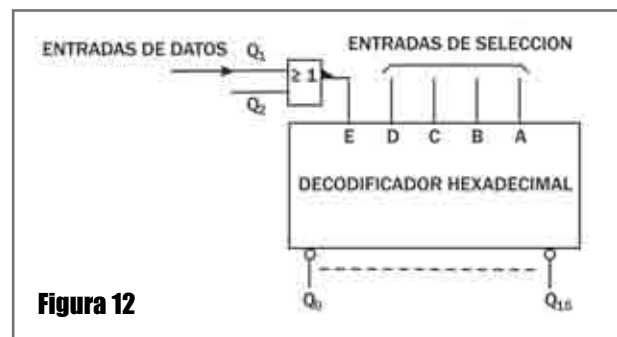


Figura 12

- Si E2 = "1" el demultiplexor está inhabilitado.
- Si E2 = "0" el demultiplexor está habilitado.

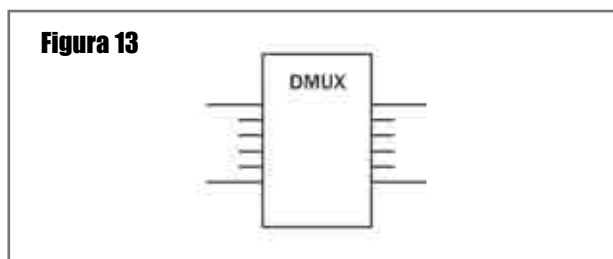
En este ejemplo estamos utilizando E1 como entrada de datos y E2 como entrada de habilitación.

- Si el demultiplexor está habilitado (E2 = 0) y en las entradas de selección se aplica 0000 se seleccionará el canal Q0.

Capítulo 5

- Si en la entrada de datos (E1) hay un "0", entonces $Q0 = 0$.
- Si en E1 hay un "1", entonces $Q0 = 1$.

El símbolo lógico del demultiplexor recomendado por el IEEE se muestra en la figura 13.



Los decodificadores/demultiplexores se utilizan en las estructuras de direccionamiento de memoria, en la

conversión serie/paralelo en los sistemas de transmisión de datos, y también como generador de funciones lógicas.

Cabe aclarar que en este capítulo hemos realizando una reseña sobre los principales circuitos integrados digitales de funciones especiales y que el lector puede ampliar estos temas con bibliografía que puede descargar desde nuestra web o en el CD sugerido en la página 1, en el que también encontrará los programas sugeridos en este libro con los que podrá realizar prácticas de simulación.

De esta manera damos por finalizada esta obra, recordamos que los conceptos vertidos son básicos y que Ud. los puede ampliar leyendo los tomos del Club Saber Electrónica N° 1 y N° 46. ☺

Todo mundo quiere tener un

ARDUINO



Y tu ya tienes

UNO

www.electronicaestudio.com
Rep. del Salvador 20 Desp 504 Col. Centro
Mexico DF Tel. 5512-7975

**ELECTRONICA
ESTUDIO.COM**

Ingeniería Electrónica y Proyectos PICmicro®



Nuestro grupo inicia actividades el primer día de abril de 2003 declarándonos como un grupo de entusiastas del Corsa (Chevy en México) que hemos destinado el espacio automotriz a la convivencia, desarrollo familiar y personal a través de actividades recreativas, culturales, de convivencia y desde luego eventos automotrices que nos han colocado como uno de los grupos más distinguidos en el ámbito.

División de Refacciones (Eleazar León)



La gama más amplia de accesorios para tu Chevy los puedes encontrar aquí. Conoce los productos que División de Refacciones te ofrece.
 Dirección: División del Norte casi Esq. América.
 Col. Parque San. Andrés
 Tels. 5689-1968 / 5544-2744

Pyra "Partes y Refacciones Automotrices" - Pablo Escobio



El fabricante de muchos artículos ideales para el Chevy. (Fundas de Asientos, accesorios genéricos, repuestos, etc.)
 pyra@vauxhallclub.com.mx
 57-71-56-37
 01-800-215-68-91

Racing Service Motorsport (Adolfo Valdivia)



La variedad más amplia de modificaciones, accesorios Hi-performance y servicios de mantenimiento para todas las marcas. Distribuidor Autorizado MSD Ignition
 Tels. 58-59-79-59 / Nextel 1980-91-61
 e-mail: racingservice@prodigy.net.mx

Vintage Design Studio (by Miguel Calderón)



El Body kit más profesional y europeo diseñado en México. Accesorios, tuning y styling exclusivos para Chevy C2.
 Miguel Calderon
 miguelcalderon_vds@yahoo.com
 Cel. 044-55-5508-8538

Shevy Sport (Guillermo Sánchez)



Los accesorios originales y genéricos para la capital del Estado de México. Servicios de Mantenimiento preventivo y correctivo.
 Jose Ma. Robelo #115. Col. Morelos.
 Toluca, Edo. de México.

Vemos nuestros objetivos enfocados a proporcionar información clara y veraz acerca del equipamiento, mantenimiento, modificación y cultura del Corsa, pero sobre un marco de convivencia y desenvolvimiento familiar que nos permita distraer nuestra atención de la rutina diaria en una urbe tan compleja como lo es nuestra ciudad de México.

Nuestro grupo actualmente se constituye de personas con una amplia diversidad cultural, económica y social de tal forma que esto ha podido nutrir de forma importante la variedad de temas, eventos y actividades que atiende el grupo en su conjunto. Destacando principalmente especialistas en muchos de los temas automotrices que interesan a los fanáticos del Corsa en México.

Si bien nuestra motivación ha sido este pequeño auto que se ha convertido en una revolución en lo que a transporte respecta, hemos de reconocer que para nosotros es un pretexto para poder acercarnos a más gente y poder heredarles nuestro concepto de amistad y convivencia, mismo que ha dado excelentes resultados, tanto en la ciudad de México como en otras tantas de la república Mexicana.

Nosotros llevamos en nuestras raíces una clara influencia de los clubes europeos de este auto, al cual hemos impreso nuestro toque personal transformándolo en un grupo de amigos que gustan de disfrutar su compacto con el grupo al mismo tiempo que se esparcen y descubren un sin fin de nuevos horizontes.

Si tu al igual que nosotros coincides en ser parte de un grupo de amigos que disfrutan del Corsa te invitamos a conocer nuestras actividades por este maravilloso medio, pero si no te conformas con navegar por la red ven e intégrate con este magnífico grupo de amigos.

GADGETSTYLE



ESPECIALES



MARCA: EONON
MODELO: D2208

CARACTERISTICAS:

- * ENTRADA AUXILIAR AV
- * PANTALLA TACTIL DIGITAL HD 7"
- * CONTROL POR VOLANTE
- * REPRODUCTOR DVD
- * RADIO AM/FM
- * PUERTO USB
- * BLUETOOTH
- * PUERTO SD
- * TELEVISION
- * IPOD



MARCA: ESPECIALES
MODELO: BORA / PASSAT / GOLF

CARACTERISTICAS:

- * PANTALLA TACTIL DIGITAL 7"
- * CONTROL POR VOLANTE
- * REPRODUCTOR DVD
- * RADIO AM/FM * IPOD
- * PUERTO USB * NAVEGADOR GPS
- * BLUETOOTH * PICTURE IN PICTURE
- * PUERTO SD * CAJA VIRTUAL DE DISCOS
- * TELEVISION * ENTRADA AUXILIAR AV

CONTACTO

CORREO: GEOSGAX@YAHOO.COM
TELEFONO: (045) 6671 000349

WWW.EONONMEXICO.COM.MX
WWW.GADGETSTYLE.COM.MX



Pilas D/C S.A. de C.V. La Casa de la Pila



República de El Salvador No. 39 Accesoría E
Col. Centro Del. Cuauhtémoc México, D.F C.P:06080
Tels.: 5518-4681 · 5709-0839 ó E-mail: pilasdc@hotmail.com

FABRICACION DE BANCOS DE BATERIAS



PREGUNTE POR
PILAS ESPECIALES



La Casa de la Pila



Av. Jardines de San Mateo No. 125 Loc. 5
Col. Sta Cruz Acatlán C.P. 53150 Naucaplan, Edo. Mex.
Tels.: 55-12-36-07-55-12-32-01-55-12-22-99
lacasadelapilacelda@gmail.com · refelecgrau@gmail.com

FABRICACION DE BANCOS DE BATERIAS



PREGUNTE POR
PILAS ESPECIALES

Ponte las Pilas! Porque ahora estamos en la Histórica Ciudad de Queretaro Qro.



"Pilas de La Corregidora S.A. de C.V" La Casa de La pila



Constituyentes Oriente #10 - B Col. Centro Histórico
Queretaro Qro. CP.76000 Tel. (01)442-2122562 E-Mail:
pilasdelacorregidora@hotmail.com

FABRICACION DE BANCOS DE BATERIAS



PREGUNTE POR
PILAS ESPECIALES

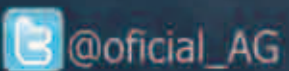
PILAS DE PLOMO, AGRA, Y UN EXTENSO SURTIDO EN LAS PILAS PARA PC, COMPAQ Y COMPUTADORES DE TODAS LAS MARCAS DE
PRESTIGIO, SURTIDOS A TODA LA REPUBLICA MEXICANA Y FUERA DE NUESTRAS FRONTERAS VENTAS MAYORES Y MENORES,
ESPERAMOS SUS PEDIDOS EN NUESTROS CORREOS, Y NO LO OLVIDE, 50 AÑOS EN EL MERCADO NOS RESPALDAN



SEMICONDUCTORES



TU RESPALDO EN SEMICONDUCTORES



Visita nuestra tienda on-line
www.agelectronica.com