



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO

ELECTRÓNICA Y CONTROL INDUSTRIAL



ELECTRÓNICA Y CONTROL INDUSTRIAL

Directorio editorial institucional

Dr. Rodrigo Mena Mg.	Rector
Mg. Sandra Cando	Coordinadora Institucional
Mg. Oscar Toapanta	Coordinador de I+D+i
Ing. Johanna Iza	Líder de Publicaciones

Diseño y diagramación
Mg. Belén Chávez
Mg. Santiago Mayorga

TOMO 1 y 2
Revisión técnica de pares académicos
Ing. Andrés Sánchez
IST PELILEO
Correo: andressi1@yahoo.com
Ing. Rafael Pérez, Mg.
IST PELILEO
Correo: rafael.pe182@gmail.com

ISBN: 978-9942-686-14-5
DOI: <https://doi.org/10.59602/re.62>

Primera edición
Septiembre 2024
<https://istp.edu.ec>

Usted es libre de compartir, copiar la presente guía en cualquier medio o formato, citando la fuente, bajo los siguientes términos: Debe dar crédito de manera adecuada, bajo normas APA vigentes, fecha, página/s. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma arbitraria sin hacer uso de fines de lucro o propósitos comerciales; debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar restricciones digitales que limiten legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



AUTOR



Ing. Darío Llanga, Mg.

DOCENTE

Soy Magíster en Sistemas de Telecomunicaciones e Ingeniero en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Con más de 4 años de experiencia profesional en el ámbito de redes y telecomunicaciones, y más de 3 años en la docencia en electrónica y automatización industrial, he demostrado un sólido conocimiento y una destacada habilidad para integrar teoría y práctica en las áreas de especialización.

Actualmente, me desempeño como Docente e investigador en el Instituto Superior Tecnológico Pelileo, donde contribuyo al avance del conocimiento. Mi labor incluye la formación de futuros tecnólogos, así como la supervisión de proyectos y tesis, reflejando mi compromiso con la excelencia académica y la innovación tecnológica.

Este libro representa el esfuerzo de consolidar años de experiencia y conocimientos en los campos de la electrónica y el control industrial. A través de una metodología clara y accesible, busco proporcionar a estudiantes y profesionales una guía completa que abarca desde los fundamentos teóricos hasta las aplicaciones prácticas avanzadas.

La pasión por la educación y mi dedicación a la investigación se manifiestan en cada tomo de este libro, ofreciendo un recurso valioso para aquellos que desean profundizar en el diseño y la implementación de sistemas electrónicos y de control.

PRÓLOGO

La evolución tecnológica ha transformado radicalmente el panorama de la ingeniería, donde la electrónica y el control industrial desempeñan un papel crucial en el desarrollo de sistemas innovadores y eficientes. Este libro nace con la intención de proporcionar a estudiantes, profesionales e investigadores una guía completa que integre dos áreas fundamentales en el campo de la ingeniería: la electrónica y el control industrial.

La primera parte del libro se enfoca en la electrónica analógica y digital, cubriendo desde los elementos y circuitos básicos hasta los sistemas más complejos. A través de una metodología clara y progresiva, se presentan los conceptos esenciales de resistencia, capacitancia, inductancia, semiconductores, y circuitos integrados. Cada unidad está diseñada para llevar al lector de la teoría a la práctica, permitiéndole aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones reales.

En la segunda parte, el enfoque se traslada al control industrial, un área que es el corazón de la automatización y la eficiencia en la industria moderna. Aquí se exploran desde los fundamentos del control electromagnético hasta el diseño de circuitos de control y fuerza, pasando por la automatización básica con autómatas programables. La combinación de estos conocimientos permite al lector desarrollar habilidades clave para el diseño y la implementación de sistemas industriales robustos y eficaces.

Este libro es el resultado de mi pasión por la enseñanza y mi compromiso con el avance tecnológico. A lo largo de mi carrera, he observado cómo la integración de la electrónica y el control industrial mejora la eficiencia en diversas aplicaciones, lo que me inspiró a crear este recurso valioso para quienes deseen profundizar en estas áreas.





INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO

TOMO 1:

Electrónica Analógica y Digital

Ing. Darío Llanga Mg.

CONTENIDOS

01

UNIDAD UNO.....10

ELEMENTOS ELÉCTRICOS – ELECTRÓNICOS BÁSICOS.....10

1.1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.2. SIMBOLOGÍA ELECTRÓNICA	11
1.3. RESISTENCIA ELÉCTRICA	14
1.3.1. Código de colores resistencia	15
1.3.2. Resistencias en Serie	16
1.3.3. Resistencias En Paralelo	17
1.4. CONDENSADORES.....	18
1.4.1. Tipos De Condensadores.....	19
1.4.2. Condensadores En Paralelo	20
1.4.3. Condensadores En Serie	21
1.5. INDUCTANCIA	22
1.5.1. Inductores en Serie	23
1.5.2. Inductores en Paralelo	23

02

UNIDAD DOS29

SEMICONDUCTORES Y CIRCUITOS INTEGRADOS29

2.1. SEMICONDUCTORES	30
2.1.1. Semiconductores N Y P	30
2.2. DIODOS.....	32
2.2.1. El Diodo En Polarización Inversa	33
2.2.2. El Diodo En Polarización Directa.....	33
2.3. TRANSISTORES BJT	35
2.3.1. Tipos De Transistores BJT	35
2.3.2. Características Y Conceptos Clave Relacionados Con Los Transistores Bjt	36
2.3.3. ENCAPSULADO DE LOS TRANSISTORES	36
2.4. RELÉ	38
2.4.1. Características Y Ventajas De Los Relés De Estado Sólido	38
2.5. TEMPORIZADOR 555	39
2.5.1. El Circuito Integrado 555.....	40
2.5.2. Multivibrador Astable	41
2.5.3. Multivibrador Monoestable	43

CONTENIDOS

2.6. REGULADORES LINEALES Y CONMUTADOS	45
2.6.1. Reguladores Lineales.....	45
2.6.2. Reguladores Conmutados	46
2.7. AMPLIFICADOR OPERACIONAL	48
2.7.1. Amplificador No Inversor	48
2.7.2. Amplificador Inversor.....	49

03

UNIDAD TRES55

SISTEMAS DE NUMERACIÓN.....	55
3.1. SISTEMA DECIMAL	55
3.2. SISTEMA BINARIO	56
3.2.1. Conversión Binaria A Decimal	57
3.2.2. Conversión Decimal A Binario.....	57
3.3. SISTEMA HEXADECIMAL	58
3.3.1. Conversión Binario-Hexadecimal	58
3.3.2. Conversión Hexadecimal-Binario	59
3.3.3. Conversión Hexadecimal-Decimal	59
3.3.4. Conversión Decimal-Hexadecimal	59
3.4. SISTEMA OCTAL	60
3.4.1. Conversión Octal-Decimal	60
3.4.2. Conversión Decimal-Octal	60

04

UNIDAD CUATRO65

COMPUERTAS LÓGICAS.....	65
4.1. INTRODUCCIÓN.....	65
4.1.1. Función Lógica.....	65
4.1.2. Expresión Lógica	66
4.1.3. Tabla De Verdad	66
4.2. COMPUERTA AND	67
4.2.1. Funcionamiento De La Puerta AND	67
4.2.2. Tabla De Verdad De La Puerta And	68
4.3. COMPUERTA OR.....	70
4.3.1. Funcionamiento De La Puerta OR.....	70
4.3.2. Tabla De Verdad De Una Puerta OR	71
4.4. COMPUERTA NOT.....	73
4.4.1. Tabla De Verdad Del Inversor	73

CONTENIDOS

4.5.	COMPUERTA NAND	74
4.5.1.	Funcionamiento De La Puerta NAND	75
4.6.	COMPUERTA NOR	77
4.6.1.	Funcionamiento De La Puerta NOR	77
4.7.	COMPUERTA XOR.....	80
4.7.1.	Funcionamiento De La Puerta XOR	80
4.8.	COMPUERTA XNOR	82
4.8.1.	Funcionamiento De La Puerta XNOR.....	82

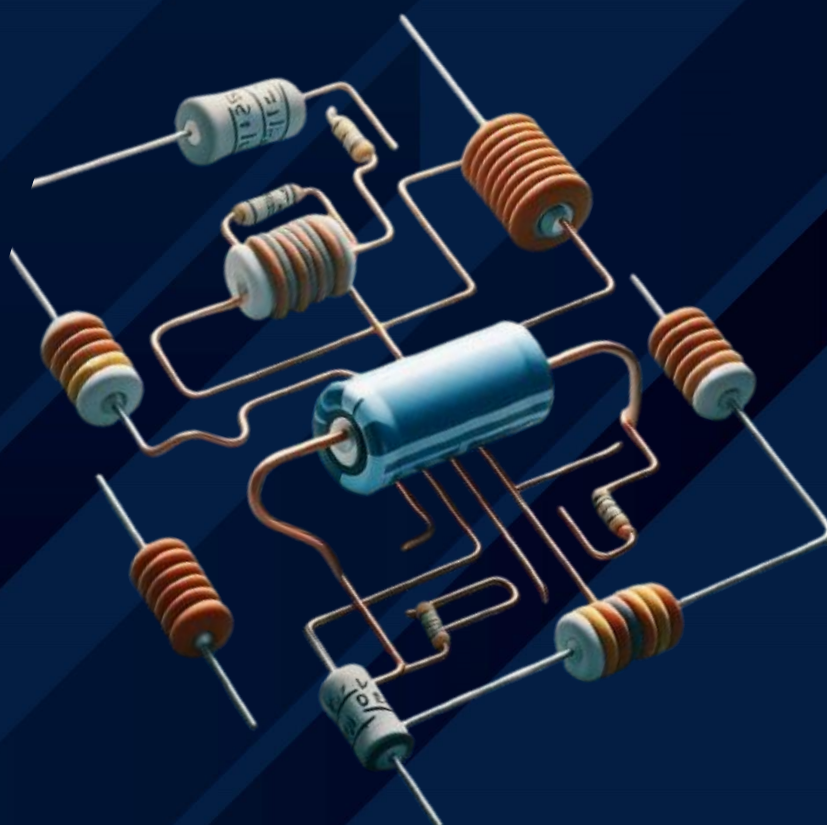
05

UNIDAD CINCO	89
---------------------------	-----------

LÓGICA COMBINACIONAL.....	89
5.1. ALGEBRA BOOLEANA	89
5.1.1. Suma Booleana.....	89
5.1.2. Multiplicación Booleana	90
5.1.3. Postulados Fundamentales Del Álgebra De Boole	90
5.2. TEOREMAS DE DEMORGAN	92
5.3. SISTEMAS COMBINACIONALES	93
5.4. DECODIFICARES	94
5.4.1. El decodificador 4 A 16	95
5.4.2. El Decodificador Bcd A Decimal.....	96
5.4.3. El Decodificador Bcd A 7-Segmentos.....	97
5.5. CONTADORES	98
5.5.1. Funcionamiento Básico:.....	98
5.5.2. Contador Asíncrono	99



01

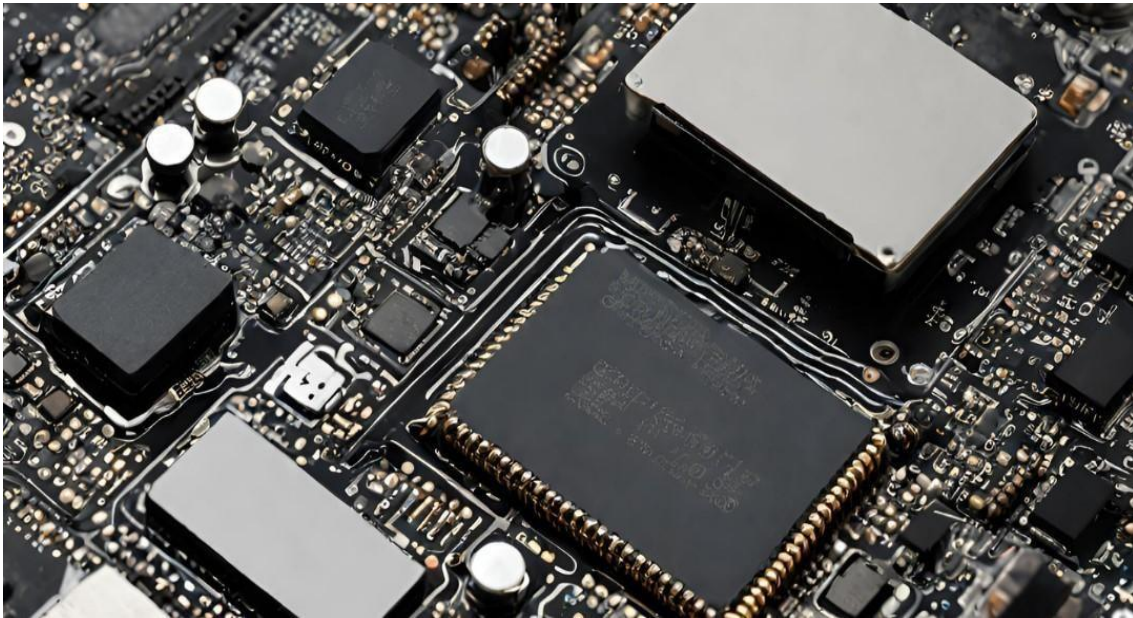


ELEMENTOS ELÉCTRICOS – ELECTRÓNICOS BÁSICOS

UNIDAD UNO

ELEMENTOS ELÉCTRICOS – ELECTRÓNICOS BÁSICOS

1.1. Introducción



En esta etapa inicial, exploraremos los elementos esenciales que constituyen el corazón de cualquier circuito eléctrico o electrónico. Desde la simbología que nos permite representar estos componentes hasta las características fundamentales de resistencias, condensadores e inductancias, este capítulo sienta las bases para una comprensión sólida de la teoría y práctica electrónica.

Comenzaremos desentrañando la simbología electrónica, el lenguaje comúnmente utilizado para representar los diferentes componentes en esquemáticos y diagramas. A continuación, nos adentraremos en el mundo de las resistencias eléctricas, donde

exploraremos su comportamiento y cómo se combinan en configuraciones serie y paralelo para alterar las características de un circuito.

Los condensadores y las inductancias serán los siguientes protagonistas de nuestro viaje, introduciéndonos en el estudio de almacenamiento de energía y campos magnéticos respectivamente. Descubriremos cómo estos componentes esenciales interactúan con las corrientes y tensiones en un circuito, y cómo se pueden combinar para lograr efectos específicos.

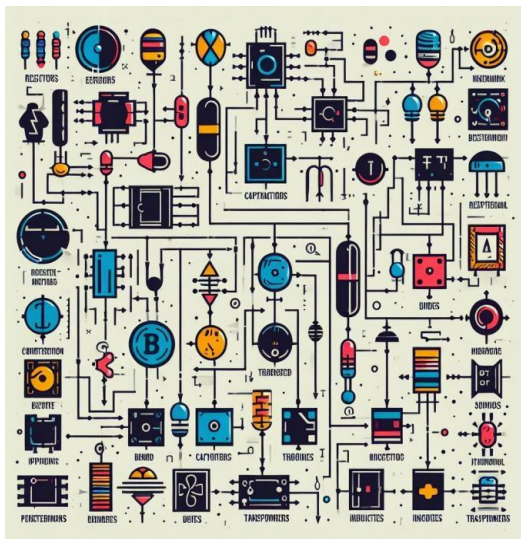
En última instancia, entenderemos cómo los conceptos de resistencia,



capacitancia e inductancia se integran en configuraciones más complejas, permitiéndonos construir y analizar circuitos que abren un

abanico de posibilidades en el mundo de la electrónica.

1.2. Simbología Electrónica

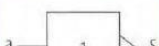
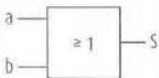


La simbología electrónica es un sistema de representación gráfica que representa componentes y conexiones en un circuito eléctrico o electrónico mediante símbolos estandarizados. Estos símbolos simplificados permiten una comunicación eficiente y universal

entre ingenieros, técnicos y aficionados a la electrónica.

Los símbolos más utilizados para representar diagramas de sistemas combinacionales y secuenciales se encuentran en la Tabla 1.1. Los sistemas combinacionales utilizan puertas lógicas para realizar operaciones fundamentales, mientras que los sistemas secuenciales utilizan puertas biestables o básculas.

Estas puertas lógicas generan una función lógica, validan una tabla de verdad y dan una breve explicación de la tarea que realizan en la tabla que ofrecemos. Es importante señalar que un mismo símbolo puede recibir más de dos entradas, aunque la mayoría de los símbolos de la lógica combinacional solo presentan dos entradas.

Sistemas combinacionales																			
Símbolo clásico	Símbolo ANSI	Función lógica	Tabla de la verdad	Descripción															
		NOT $S = \bar{a}$	<table><tr><td>a</td><td>S</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	S	0	1	1	0	Operación negación: La salida adquiere el estado opuesto al de la entrada.									
a	S																		
0	1																		
1	0																		
		OR $S = a + b$	<table><tr><td>a</td><td>b</td><td>S</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	a	b	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	Operación suma: La salida adquiere el estado '1' siempre que cualquiera de las entradas esté en '1'.
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	

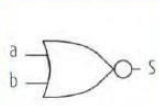
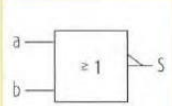
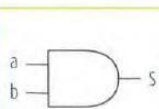
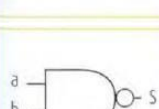
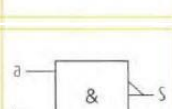
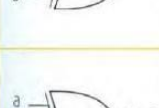
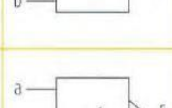
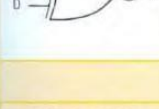
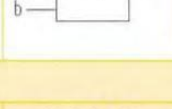
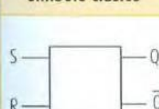
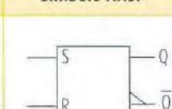
		NOR $S = \overline{a + b}$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	b	S	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	Operación suma negada: La salida adquiere el estado '0' siempre que cualquiera de las entradas esté en '1'.										
a	b	S																											
0	0	1																											
0	1	0																											
1	0	0																											
1	1	0																											
		AND $S = a \cdot b$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	a	b	S	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Operación producto: La salida adquiere el estado '0' siempre que cualquiera de las entradas esté en '0'.										
a	b	S																											
0	0	0																											
0	1	0																											
1	0	0																											
1	1	1																											
		NAND $S = \overline{a \cdot b}$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	b	S	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Operación producto negado: La salida adquiere el estado '1' siempre que cualquiera de las entradas esté en '0'.										
a	b	S																											
0	0	1																											
0	1	1																											
1	0	1																											
1	1	0																											
		XOR $S = \overline{a} \cdot b + a \cdot \overline{b}$ $S = a \oplus b$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	b	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Operación semisuma: La salida adquiere el estado '0' siempre que todas las entradas estén en el mismo estado.										
a	b	S																											
0	0	0																											
0	1	1																											
1	0	1																											
1	1	0																											
		NXOR $S = \overline{\overline{a} \cdot b + a \cdot \overline{b}}$ $S = \overline{a \oplus b}$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	a	b	S	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Operación semisuma negada: La salida adquiere el estado '1' siempre que todas las entradas estén en el mismo estado.										
a	b	S																											
0	0	1																											
0	1	0																											
1	0	0																											
1	1	1																											
Sistemas secuenciales																													
Símbolo clásico	Símbolo ANSI	Tabla de la verdad	Descripción																										
		<table><tr><th>S</th><th>R</th><th>Q_n</th><th>$\overline{Q}_n$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>Q_{n-1}</td><td>$\overline{Q}_{n-1}$</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td colspan="2">No se usa</td></tr></table>	S	R	Q_n	$\overline{Q}_n$	0	0	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	No se usa		Bistable SR sensible por nivel: La salida Q adquiere el estado '1' cuando S = '1' y el estado '0' cuando R = '1'. La combinación S = R = '0' no provoca cambio en la salida y la S = R = '1' está prohibida.						
S	R	Q_n	$\overline{Q}_n$																										
0	0	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$																										
0	1	0	1																										
1	0	1	0																										
1	1	No se usa																											
		<table><tr><th>S</th><th>R</th><th>C</th><th>Q_n</th><th>$\overline{Q}_n$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>↑</td><td>Q_{n-1}</td><td>$\overline{Q}_{n-1}$</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>↑</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>↑</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>↑</td><td colspan="2">No se usa</td></tr></table>	S	R	C	Q_n	$\overline{Q}_n$	0	0	↑	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$	0	1	↑	0	1	1	0	↑	1	0	1	1	↑	No se usa		Bistable SR sensible por flanco de subida: La salida Q adquiere el estado '1' cuando S='1' y Clk pasa de '0' a '1'. La salida Q adquiere el estado '0' cuando R = '1' y Clk pasa de '0' a '1'. La combinación S = R = '0' no provoca cambio en la salida y la S = R = '1' está prohibida.	
S	R	C	Q_n	$\overline{Q}_n$																									
0	0	↑	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$																									
0	1	↑	0	1																									
1	0	↑	1	0																									
1	1	↑	No se usa																										

Tabla 1.1 Simbología de electrónica combinacional y secuencial
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

La Tabla 1.2 muestra algunos dispositivos que se utilizan para implementar los diseños electrónicos de sistemas combinacionales y secuenciales. Estos dispositivos, que se denominan circuitos integrados y se integran en placas de circuito impreso, son un componente

esencial de los circuitos electrónicos de control. Se alimentan normalmente con una fuente de alimentación de 5 voltios y emiten señales de corriente muy bajas (en miliamperios), que con frecuencia requieren amplificación adicional.



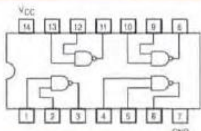
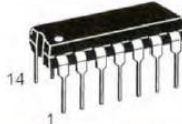
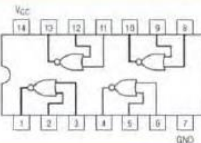
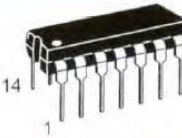
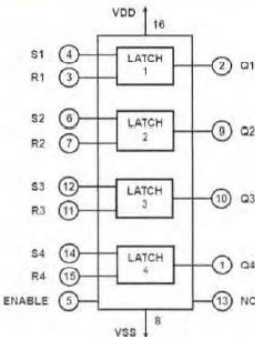
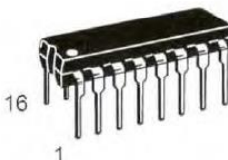
Patillaje	Encapsulado	Descripción																								
		Circuito integrado SN74LS00: Posee 4 puertas NAND. Alimentación Vcc = +5 V respecto de Gnd. El estado '1' (tensión entre 3,5 V y 5 V) da 0,4 mA máximo, y el estado '0' (tensión entre 0 V y 0,8 V) da 8 mA.																								
		Circuito integrado SN74LS02: Posee 4 puertas NOR. Alimentación Vcc = +5 V respecto de Gnd. El estado '1' (tensión entre 3,5 V y 5 V) da 0,4 mA máximo, y el estado '0' (tensión entre 0 V y 0,8 V) da 8 mA.																								
		Circuito integrado CD4043: Posee 4 biestables SR. Alimentación Vdd de +2 V a +18 V respecto de Vss. Corriente de salida 1 mA. Estado '1' a nivel Vdd y estado '0' a nivel Vss. La tabla de la verdad es: <table border="1" data-bbox="1015 654 1332 828"><thead><tr><th>S</th><th>R</th><th>E</th><th>Q</th></tr></thead><tbody><tr><td>X</td><td>X</td><td>0</td><td>OC*</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>NC**</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>Δ</td></tr></tbody></table> <i>Nota: * Salida en circuito abierto, ** Salida no cambia y Δ entrada no permitida</i>	S	R	E	Q	X	X	0	OC*	0	0	1	NC**	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	Δ
S	R	E	Q																							
X	X	0	OC*																							
0	0	1	NC**																							
1	0	1	1																							
0	1	1	0																							
1	1	1	Δ																							

Tabla 1.2 Dispositivos electrónicos usados en sistemas combinacionales y secuenciales
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

Las puertas lógicas NAND o NOR pueden ser utilizadas para expresar cualquier función lógica que define el funcionamiento de un sistema digital. Presentamos algunas

implementaciones básicas en la Tabla 1.3. Estas implementaciones se crearon exclusivamente con puertas NAND o NOR.

Función lógica	Realización	Función lógica	Realización
NOT		AND	
OR		Biestable	Realización
		SR	

Tabla 1.3 Simbología básicas a partir de puertas NAND y NOR
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

1.3. Resistencia Eléctrica



INTRODUCCIÓN

La electricidad es una fuerza omnipresente que impulsa gran parte de nuestro mundo moderno. Desde la iluminación en nuestros hogares hasta la electrónica que usamos a diario, la electricidad desempeña un papel fundamental en nuestra vida cotidiana. Sin embargo, para asegurarnos de que esta poderosa fuerza sea segura y útil, debemos comprender cómo controlarla, y la resistencia eléctrica desempeña un papel esencial en este proceso.

Se explicarán los conceptos y definiciones de la resistencia eléctrica, que se mide en ohmios (Ω), así como el óhmetro, el instrumento fundamental para medirla. Además, es importante comprender en detalle los elementos indispensables en electricidad y electrónica

denominados resistencias, incluyendo la interpretación del valor óhmico a través del código de colores, así como sus configuraciones básicas de conexión, ya sea en serie o en paralelo.

La resistencia eléctrica es esencialmente la oposición que los materiales ofrecen al flujo de corriente. Esto nos permite comprender cómo incluso los conductores eléctricos más efectivos presentan cierta resistencia. Esta resistencia es tan alta en los materiales no conductores (aislantes) que prácticamente impiden cualquier paso de corriente. Además, las dimensiones físicas de un material, como su longitud y grosor, afectan su resistencia. Un experimento sencillo muestra que, aunque las dimensiones del conductor sean idénticas, los valores de corriente

pueden variar según el tipo de material utilizado, incluso con el mismo voltaje aplicado. Este fenómeno pone de manifiesto el efecto de la resistividad eléctrica, que es crucial para comprender cómo los materiales interactúan con la corriente eléctrica.

Resistencias

La resistencia eléctrica, a pesar de ser considerada una oposición al flujo de corriente en algunos casos, también posee valiosas aplicaciones. La resistencia, también conocida como resistor, es un componente crucial para la mayoría de los dispositivos electrónicos. Este componente es asequible y se encuentra en todas las facetas de la electrónica, desde amplificadores de sonido

hasta tecnología de telefonía, radio, televisión y computadoras. En resumen, las resistencias son fundamentales en el área de la electricidad y la electrónica, y su símbolo se presenta en la Figura 1.1, desempeñando un papel vital en innumerables aplicaciones.



Figura 1.1 Modelo de resistencia. La forma rectangular es la más común.

La figura 1.2 muestra cómo funciona este tipo de componente; aparecen los tipos más comunes utilizados en dispositivos electrónicos.

Estos componentes se fabrican con la intención de lograr valores de resistencia específicos. Por ejemplo, se pueden encontrar resistencias

con valores como: 1 Ω , 2.2 Ω , 47 Ω , 560 Ω , 8200 Ω , etc.

Estos componentes hacen posible la regulación de la corriente en circuitos eléctricos y electrónicos y el alcance de valores de tensión específicos.



Figura 1.2 Aspecto de resistencias. Hermosa, A.(2013). Electrónica Aplicada.

El ohmio (Ω) es la unidad fundamental, pero también se usa el factor k Ω , que significa 1000 Ω .

Ejemplo 1.1: Cuales son las expresiones de valores de las siguientes resistencias: 1k8, 2.2k, 5k6, 51k y 820k.

Solución:

$$\begin{aligned} 1k8 &= 1.800 \Omega \\ 2,2 k &= 2k 2 = 2.200 \Omega \\ 5k6 &= 5,6 k = 5.600 \Omega \\ 51 k &= 51.000 \Omega \\ 820 k &= 820.000 \Omega \end{aligned}$$

1.3.1. Código de colores resistencia

La mayoría de las resistencias electrónicas utilizan un sistema de codificación de colores para mostrar el valor de resistencia. Todas las resistencias, excepto las de alta potencia, como las resistencias bobinadas, utilizan este método. Este sistema pinta bandas de colores alrededor del cuerpo de la

resistencia, y cada color tiene un número. De esta manera, tanto el valor nominal de la resistencia como su tolerancia, que es el margen de variación aceptable, se pueden representar. Este sistema de codificación está detallado en la Figura 1.3.

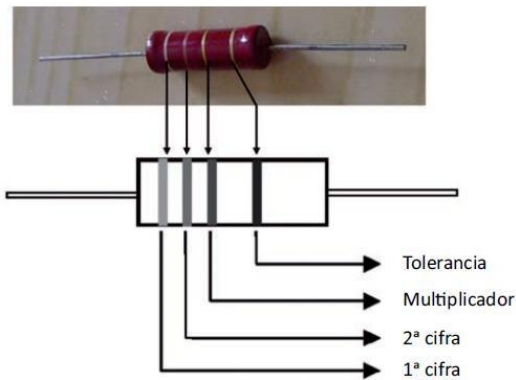


Figura 1.3 Estructuración del código de colores en las resistencias.
Hermosa, A. (2013). Electrónica Aplicada.

1.3.2. Resistencias en Serie

La Figura 1.4 muestra cómo la conexión de componentes en serie implica conectar los componentes uno detrás de otro, creando una cadena. Al unir resistencias en serie, aumentamos la resistencia total al extender la longitud de un conductor. Como resultado, en un montaje en serie, el valor de la resistencia total es igual a la suma de los valores de todas las resistencias conectadas, lo que se puede escribir de la siguiente manera:
 $RT = R1 + R2 + R3 + \dots + RN$



Figura 1.4 Las resistencias conectadas en serie forman la resistencia total.

Como resultado de la conexión en serie, podemos obtener una resistencia total mayor que el valor más alto de las resistencias individuales utilizadas. Esto significa

que, al combinar resistencias en serie, prácticamente podemos lograr cualquier valor de resistencia que deseemos.

La intensidad es la misma en todas las resistencias porque el valor de la corriente que circula es el mismo en cualquier punto del circuito, otra característica de los montajes serie en general.

Ejemplo 1.2: La Figura 1.5, El efecto resistivo resultante de unir una resistencia de 12Ω , una de 82Ω y otra de $4,7 \Omega$ es:

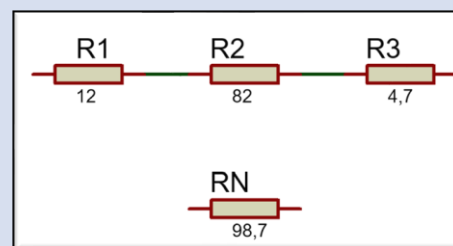


Figura 1.5 La resistencia de $98,7 \Omega$ tiene el mismo efecto resistivo que las tres resistencias en serie.

Solución: Se procede a sumar de la siguiente manera: $RT = 12 + 82 + 4,7 = 98,7 \Omega$.

Características del circuito serie:

La corriente que fluye a través de los componentes es la misma en todos ellos y la resistencia total es igual a la suma de los valores de resistencia de todos los componentes de la cadena.

$$IT = I1 + I2 + I3$$

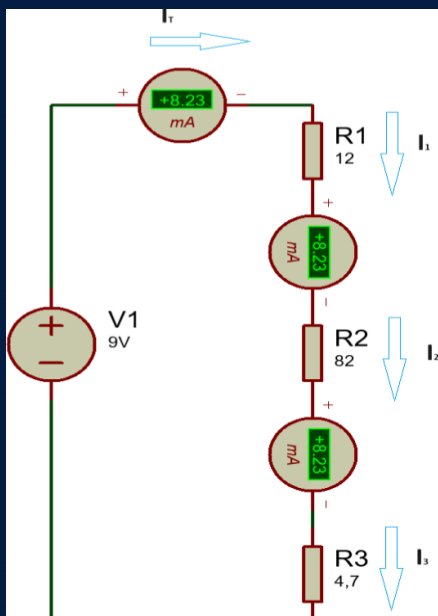


Figura 1.6 Todos los componentes de un circuito serie circulan con el mismo valor de intensidad.

1.3.3. Resistencias En Paralelo

Como se muestra en la Figura 1.7, en este tipo de configuración, los terminales de cada resistencia se conectan en forma paralela a los terminales de las otras resistencias utilizadas. El aumento de la sección transversal de un conductor es igual a conectar resistencias en paralelo, lo que reduce el valor de la resistencia total y mejora la circulación de la corriente eléctrica a través del circuito.

El valor total de la resistencia en un montaje paralelo siempre es menor que el valor de la resistencia más baja del montaje.

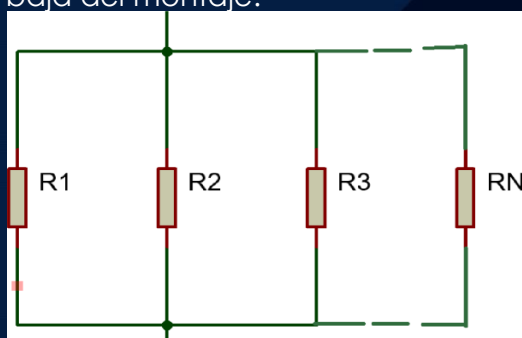


Figura 1.7 Conexión de resistencia en paralelo.

En una configuración en paralelo, cada una de las resistencias permitirá el flujo de corriente. Cada uno de ellos hará que la circulación de corriente sea más fácil, al igual que aumentar la sección transversal de un conductor. Como resultado, una corriente mayor puede fluir a través del circuito al conectar más resistencias en paralelo.

La fórmula siguiente se utiliza para calcular el valor de resistencia total de un circuito paralelo:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}}$$

Ejemplo 1.3: La Figura 1.8, El efecto resistivo resultante de unir una resistencia es:

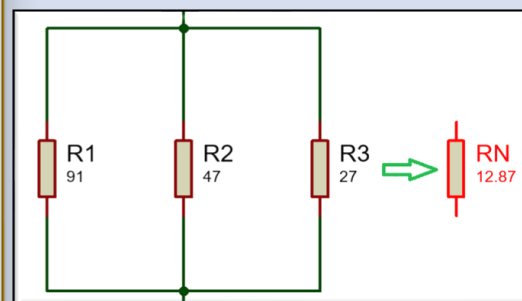


Figura 1.8 La resistencia de 12,87 Ω tiene el mismo efecto resistivo que las tres resistencias en paralelo.

Solución: Aplicando la formula el resultado es 12.87 ohms.

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{91} + \frac{1}{47} + \frac{1}{27}}$$

$$R_T = 12.87 \Omega$$

Observa cómo el valor equivalente total es más bajo que el valor de la resistencia más baja.

1.4. Condensadores



INTRODUCCIÓN

Los condensadores son partes cruciales en la electrónica que juegan un papel importante en el almacenamiento y liberación de energía eléctrica. Los condensadores electrónicos, también conocidos como capacitores, son dispositivos esenciales para una amplia gama de aplicaciones electrónicas porque están diseñados para acumular carga eléctrica y liberarla cuando sea necesario.

Esta guía te introducirá en el fascinante mundo de los condensadores electrónicos. Explorará cómo funcionan, sus varios tipos, aplicaciones y cómo se utilizan en circuitos eléctricos y electrónicos. Estarás preparado para aprovechar al máximo sus habilidades en proyectos y diseños electrónicos a medida que progresas en tu comprensión de los condensadores.

FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR

Los condensadores, al igual que las resistencias, son componentes importantes que se utilizan con frecuencia en las industrias de la electricidad y la electrónica. Muchos dispositivos eléctricos y electrónicos incluyen condensadores en su diseño. Las

resistencias y los condensadores son componentes esenciales que se encuentran en todos los dispositivos eléctricos y electrónicos y son esenciales para una amplia gama de aplicaciones.

Un condensador principalmente sirve para almacenar carga eléctrica, medida en culombios. Podemos imaginarlo como un "almacén de electricidad", en el que, si lo comparamos con el aspecto hidráulico, podría ser un tanque de agua o incluso un vaso. En este símil, el agua almacenada en el recipiente equivale a los culombios acumulados en el condensador. Es importante tener en cuenta que un culombio es una unidad de carga eléctrica y representa una gran cantidad de electrones.

Es importante tener en cuenta que a medida que cede corriente, la carga almacenada en un condensador disminuye y su descarga puede ser muy rápida. Los condensadores no producen electricidad por sí mismos; simplemente almacenan la electricidad y la liberan cuando se necesita. La Figura 1.9 muestra la simbología más común para representar un condensador.

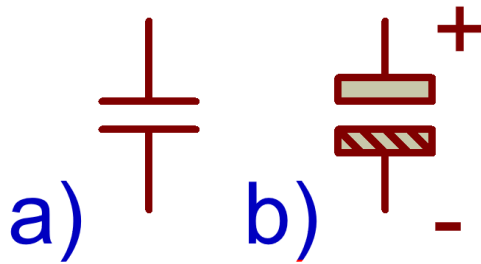


Figura 1.9 Simulaciones comunes para condensadores. a) El condensador en su conjunto. b) Condensador de tipo electrolítico.

La Figura 1.10 muestra cómo la apariencia física de los condensadores puede variar según sus características. La apariencia de los condensadores varía según muchos factores, pero en general, en función del voltaje que deben soportar, los condensadores suelen ser más grandes.



Figura 1.10 Aspecto práctico de condensadores comerciales
<https://solectroshop.com/>

CARGA DEL CONDENSADOR

Se puede comprobar el efecto del almacenaje de carga eléctrica del condensador mediante el montaje sencillo que se muestra en la figura 1.11.

Al cerrar el interruptor, la fuente de tensión continua la transferencia de electrones para que cada una de las placas del condensador adquiera la polaridad del polo de la fuente de tensión a la que está conectada. Mientras se carga el condensador, circula una cierta corriente. Debido a su capacidad

para retener cargas, cuando se abre el interruptor, el condensador presenta un voltaje prácticamente igual al de la fuente de tensión entre sus terminales.

Debido a que el condensador y la fuente tienen la misma magnitud de tensión, no hay circulación de corriente por el circuito cuando el condensador está totalmente cargado.

La única circulación de corriente en el circuito ocurre durante el tiempo de carga del condensador.

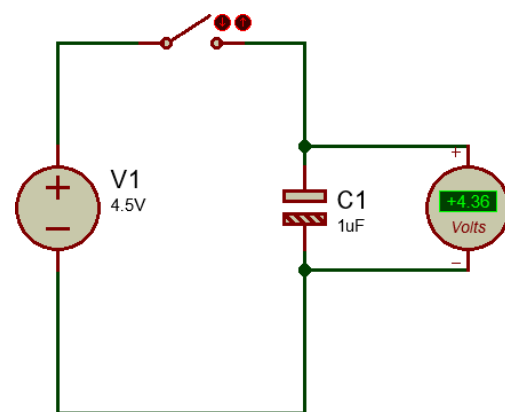


Figura 1.11 Al conectar un voltaje al condensador, este se carga, mientras que, al desconectarlo, hay una corriente entre sus terminales que es aproximadamente igual a la fuente de voltaje.

1.4.1. Tipos De Condensadores

De acuerdo con las características de construcción y el material dieléctrico empleado, existen diversos tipos de condensadores. Básicamente, podemos clasificarlos en:

Condensadores de Cerámica

Utilizan cerámica como dieléctrico. Son compactos y se emplean en aplicaciones de alta frecuencia. Tienen una amplia gama de valores y son adecuados para aplicaciones generales en electrónica.

Condensadores Electrolíticos

Estos condensadores utilizan un dieléctrico líquido o en gel. Se dividen en dos subtipos:

Condensadores Electrolíticos de Aluminio: Son ampliamente utilizados debido a su alta capacidad y son ideales para aplicaciones de filtrado y desacoplamiento.

Condensadores Electrolíticos de Tántalo: Tienen un rendimiento superior en aplicaciones de alta precisión y alta temperatura.

Condensadores de Poliéster

El poliéster actúa como dieléctrico y es adecuado para usos de baja frecuencia.

Condensadores de Polipropileno

Se utilizan polipropileno como dieléctrico para aplicaciones de alta calidad en frecuencias bajas y audio.

Condensadores de Poliestireno

Utilizan poliestireno como dieléctrico y son ideales para aplicaciones de alta precisión y frecuencias elevadas.

Condensadores de Tántalo Sólido

Estos condensadores de tantalio no electrolíticos son compactos y adecuados para aplicaciones de alta frecuencia y precisión.

Condensadores de Papel y Aceite

Emplean papel impregnado en aceite como dieléctrico y se utilizan en aplicaciones de alta potencia y alta tensión.

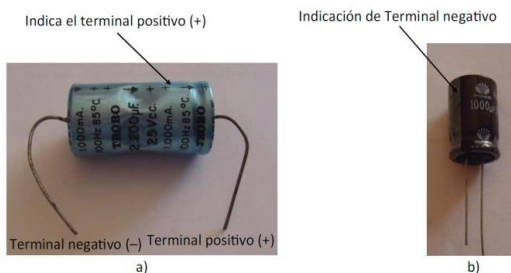


Figura 1.12 a) Un condensador electrolítico de 2200 nF tiene un terminal indicado positivo (+). b) Un condensador de 1000 µF tiene un terminal negativo (-) indicado. Hermosa, A.(2013). Electrónica Aplicada.

1.4.2. Condensadores En Paralelo

Cuando los condensadores se conectan en paralelo, se conectan los terminales positivos de todos los condensadores entre sí y los terminales negativos entre sí. En este tipo de configuración, la tensión en todos los condensadores es la misma, mientras que las capacidades se suman algebraicamente.

En otras palabras, al conectar condensadores en paralelo, la capacidad total Q_T se calcula sumando las capacidades individuales (C_1 , C_2 , C_3 , ...) de la siguiente manera:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_N$$

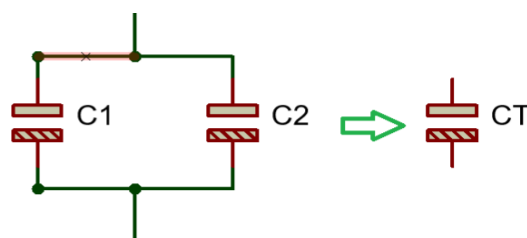


Figura 1.13 La suma de las capacidades de los dos condensadores, se puede obtener mediante la utilización de dos condensadores en paralelo.

Una de las ventajas de la conexión en paralelo es que aumenta la capacidad total del sistema. Esto es

útil en aplicaciones donde se necesita una mayor capacidad para almacenar energía eléctrica.

1.4.3. Condensadores En Serie

Un arreglo en serie de condensadores tiene más capacidad que el condensador con la menor capacidad del arreglo. Sin embargo, la tensión máxima del arreglo es mayor que la tensión nominal del condensador con la mayor capacidad en conjunto porque la suma de las tensiones individuales de cada uno de los condensadores es la tensión máxima que el arreglo puede soportar. Esto hace que esta configuración sea útil en ciertas ocasiones porque permite obtener capacidad y capacidad de soporte de tensión, algo que no sería posible utilizando un solo condensador.

Por ejemplo, si tenemos 3 condensadores en serie como la siguiente figura 1.14.

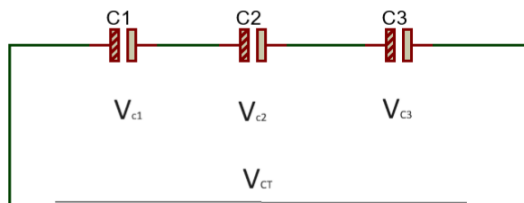


Figura 1.14 La suma de las tensiones de cada condensador es igual a la tensión total de capacidad que se produce al conectar varios condensadores en serie.

Podemos deducir lo siguiente:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

Se puede observar que la fórmula

empleada para encontrar el valor total en configuraciones de condensadores en serie es similar a la que se utiliza para encontrar el valor total en circuitos con resistencias conectadas en paralelo. La suma de las tensiones máximas de cada uno de los condensadores es la tensión máxima que el circuito puede soportar.

$$V_{CT} = V_{C1} + V_{C2} + V_{C3}$$

Ejemplo 1.4: ¿Cuál es la capacidad total en el circuito serie de tres condensadores que se muestra en la figura 1.15?

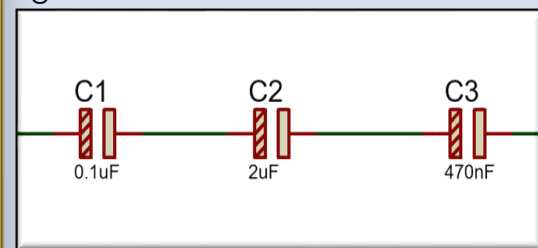


Figura 1.15 Condensador equivalente para los tres condensadores conectados en serie.

Solución:

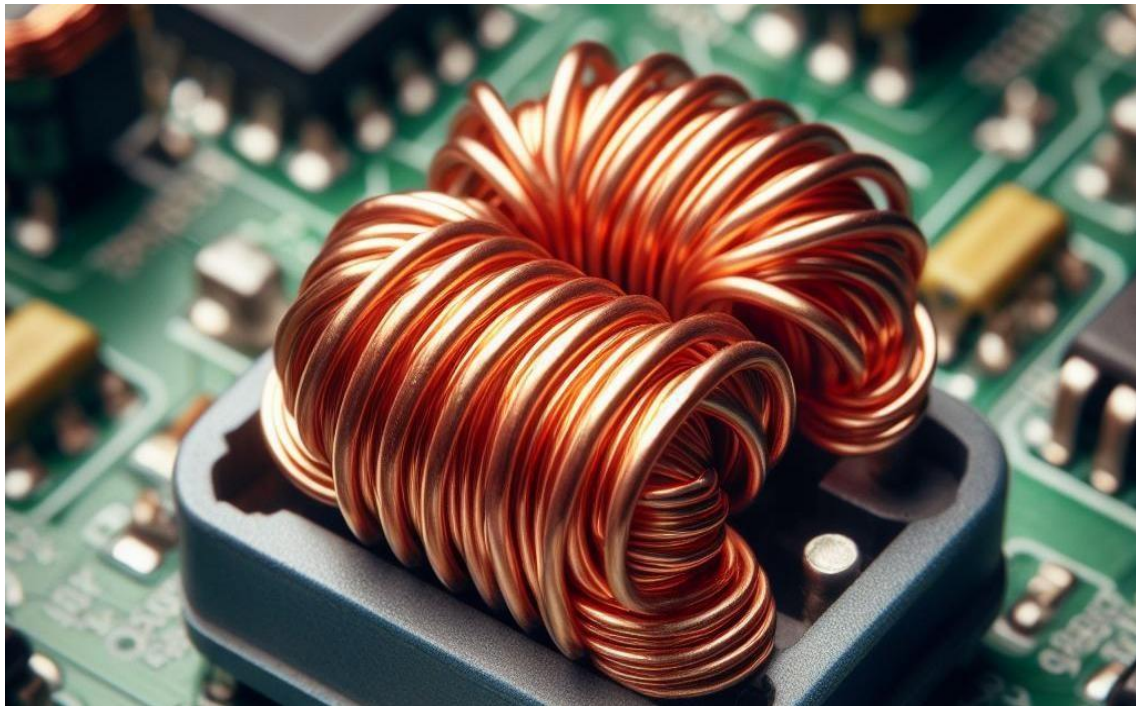
$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{0.1 \times 10^{-6}} + \frac{1}{2 \times 10^{-6}} + \frac{1}{470 \times 10^{-9}}}$$

$$C_T = 79.19 \text{ nF}$$

Como resultado final tenemos que la capacidad resultante es igual a 79.19 nF.

1.5. Inductancia



INTRODUCCIÓN

La propiedad fundamental de los componentes eléctricos es la inductancia, que se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética. Este concepto, que fue desarrollado por primera vez por Michael Faraday y desarrollado matemáticamente por Joseph Henry, es fundamental para la teoría y la práctica de los circuitos eléctricos.

El inductor y el capacitor son dos componentes pasivos que se utilizan con frecuencia en circuitos eléctricos y electrónicos. Estos, junto con la resistencia y las fuentes de alimentación, forman redes de gran utilidad con una amplia gama de aplicaciones, tanto en sistemas de comunicaciones como en computación y control. Este capítulo aborda los conceptos

fundamentales de estos componentes, sus características básicas, los modelos matemáticos que los describen y los circuitos básicos, así como los métodos para su análisis.

Inductancia

La letra L representa la inductancia, una medida de la capacidad de un componente para almacenar energía en un campo magnético cuando una corriente eléctrica lo atraviesa. Se puede representar en henrios (H).

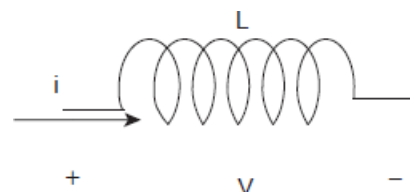


Figura 1.16 Simbología de un inductor o bobina.

El inductor, hecho de alambre enrollado sobre sí mismo, es un componente pasivo que tiene la capacidad de almacenar energía, especialmente energía magnética, cuando una corriente eléctrica lo atraviesa. Consiste en un alambre de un grosor conocido, de una longitud determinada y enrollado con un número determinado de vueltas. El campo magnético que se crea alrededor de este conductor portador de corriente es energético. Este componente también se conoce como inductor o bobina.

1.5.1. Inductores en Serie

Se refieren a la disposición de inductores conectados uno tras otro en un circuito eléctrico. Esta configuración es común en diversas aplicaciones, especialmente en circuitos de filtrado, donde se requiere una respuesta específica a diferentes frecuencias de señal.

$$L_T = L_1 + L_2 + \dots + L_N$$



Figura 1.17 Inductor en serie.

En serie los inductores, sus valores de inductancia se suman, lo que significa que la inductancia total del conjunto es mayor que la de cada inductor individual. Esto puede ser útil para alcanzar valores específicos de inductancia que no se pueden lograr con un solo inductor.

1.5.2. Inductores en Paralelo

Los inductores deben colocarse de manera que sus terminales correspondientes estén conectados entre sí cuando se conectan en

paralelo. Esta configuración es comúnmente utilizada en aplicaciones donde se requiere una mayor corriente o una menor inductancia total que la de un solo inductor.

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_N}$$

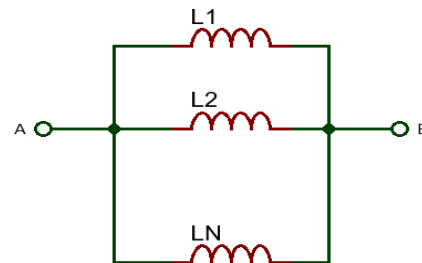


Figura 1.18 Inductor en paralelo.

La inductancia total de un arreglo de inductores en paralelo es menor que la de cada inductor individual. Esto se debe a que la inductancia total se reduce debido a la presencia de múltiples caminos para que la corriente fluya a través de los inductores. Matemáticamente, la inductancia total de inductores en paralelo se calcula sumando las inductancias recíprocas de cada inductor individual.

Ejemplo 1.5: ¿Calcula el valor de la inductancia total de la Figura 1.19.

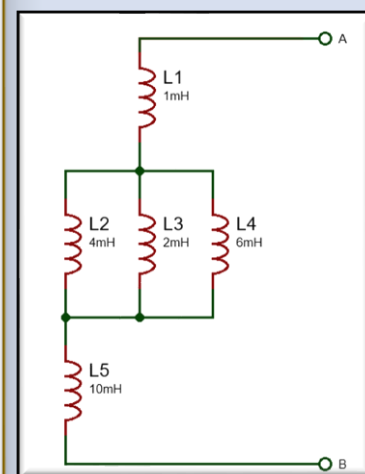


Figura 1.19 Arreglo de Inductores ejemplo 1.5.



Solución:

$$\begin{aligned}
 L_P &= 4mH + 2mH + 6mH \\
 L_P &= 12mH \\
 L_T &= \frac{1}{\frac{1}{L} + \frac{1}{L_P} + \frac{1}{L_5}} \\
 L_T &= \frac{1}{\frac{1}{1 \times 10^{-3}} + \frac{1}{12 \times 10^{-3}} + \frac{1}{10 \times 10^{-3}}} \\
 L_T &= 845.07 \text{ } \mu F
 \end{aligned}$$

PRÁCTICA 1.

Tema: de Circuitos RLC en Serie y Paralelo en el Software Proteus

Resultado de aprendizaje:

El estudiante será capaz de simular y analizar circuitos RLC en serie y paralelo,

Objetivo:

Simular dos circuitos RLC: uno en configuración serie y otro en configuración paralelo, utilizando el software Proteus. Se medirá la tensión en cada componente y las variaciones en la corriente del circuito cuando se modifique la frecuencia de la fuente de alimentación.

INSUMOS:

- Software Proteus
- Fuente de corriente alterna (AC)
- Resistencia (R)
- Inductor (L)
- Condensador (C)
- Osciloscopio virtual
- Multímetro virtual



Cuestionario Unidad I



CUESTIONARIO UNIDAD 1

¿En qué tipo de dispositivos se pueden encontrar resistencias?

- a) Dispositivos de sonido.
- b) Dispositivos de comunicación.
- c) Dispositivos de iluminación.
- d) Dispositivos electrónicos.

¿Qué sucede con la carga almacenada en un condensador a medida que cede corriente?

- a) Permanece constante.
- b) Se convierte en voltios.
- c) Disminuye.
- d) Aumenta.

¿Qué es la resistividad eléctrica?

- a) La oposición que los materiales ofrecen al flujo de corriente.
- b) La medida de la electricidad en culombios.
- c) La cantidad de resistencia en un material depende de sus dimensiones físicas.
- d) El efecto de los materiales en la interacción con la corriente eléctrica.

¿Cuáles son las configuraciones básicas de conexión de las resistencias?

- a) En ohmios y en culombios.
- b) En culombios y en voltios.
- c) En serie y en paralelo.
- d) En voltios y en amperios.

¿Qué función principal tiene un condensador?

- a) Almacenar carga eléctrica.
- b) Controlar la intensidad de la corriente.
- c) Generar electricidad.
- d) Ofrecer oposición al flujo de corriente.

¿Qué es un culombio?

- a) Una unidad de carga eléctrica.
- b) Una unidad de medida para la resistencia eléctrica.
- c) Una herramienta para medir la resistencia eléctrica.
- d) Una unidad de medida para la resistividad eléctrica.

¿Qué papel desempeña la resistencia en los dispositivos electrónicos?

- a) Controlar la intensidad de la corriente.
- b) Almacenar carga eléctrica.
- c) Ofrecer oposición al flujo de corriente.
- d) Generar electricidad.



¿Qué es la resistencia eléctrica en términos físicos?

- a) La cantidad de resistencia en un material depende de sus dimensiones físicas.
- b) El efecto de los materiales en la interacción con la corriente eléctrica.
- c) La oposición que los materiales ofrecen al flujo de corriente.
- d) La medida de la electricidad en culombios.

¿Cómo se interpreta el valor óhmico en las resistencias?

- a) A través del código de colores.
- b) A través de la medida en culombios.
- c) A través de la medida en ohmios.
- d) A través de la medida en voltios.

¿Qué es la resistencia eléctrica?

- a) La fuerza omnipresente que impulsa gran parte de nuestro mundo moderno.
- b) La oposición que los materiales ofrecen al flujo de corriente.
- c) La medida de la electricidad en culombios.
- d) La cantidad de resistencia en un material depende de sus dimensiones físicas.

¿Qué es un óhmetro?

- a) Un componente esencial en la mayoría de los dispositivos electrónicos.
- b) Una unidad de medida para la resistividad eléctrica.
- c) Una herramienta para medir la resistencia eléctrica.
- d) Un componente que almacena carga eléctrica.

¿Qué es un condensador?

- a) Un componente esencial en la mayoría de los dispositivos electrónicos.
- b) Una herramienta para medir la resistencia eléctrica.
- c) Un componente que mide la resistencia eléctrica.
- d) Un componente que almacena carga eléctrica.

02



SEMICONDUCTORES Y CIRCUITOS INTEGRADOS

UNIDAD DOS

SEMICONDUCTORES Y CIRCUITOS INTEGRADOS

INTRODUCCIÓN

Los semiconductores permiten el control preciso de corrientes eléctricas, lo que ha desencadenado una avalancha de innovaciones desde su descubrimiento. Desde los modestos diodos y transistores hasta los sofisticados microprocesadores que potencian computadoras y dispositivos móviles, los semiconductores son el tejido conectivo de la era digital.

En este capítulo, nos adentraremos en un conjunto de componentes electrónicos fundamentales que constituyen los cimientos de la tecnología moderna. Desde los diodos que regulan el flujo de corriente hasta los transistores que actúan como interruptores y amplificadores, cada uno de estos elementos desempeña un papel crucial en la creación y operación de dispositivos electrónicos.

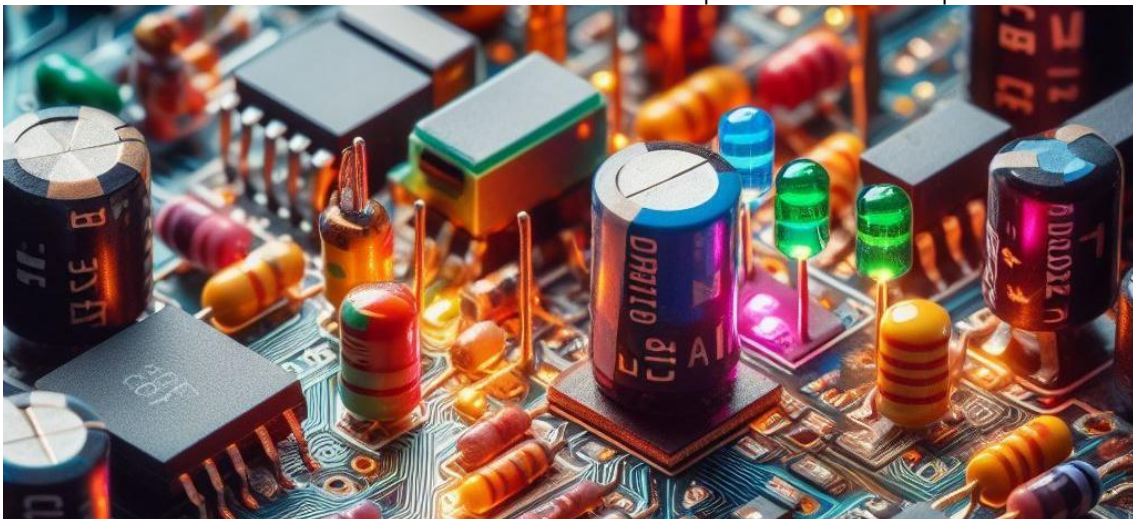
Comenzaremos por definir y explorar conceptos fundamentales en el ámbito electrónico,

proporcionando una base sólida para el entendimiento de los elementos a analizar. A partir de ahí, exploraremos el fascinante mundo de los diodos y descubriremos sus diversos tipos y aplicaciones prácticas.

Continuaremos hablando sobre sensores electrónicos cruciales, como los sensores de luz y temperatura. Estos sensores son cruciales para una variedad de aplicaciones, desde sistemas de iluminación inteligente hasta dispositivos de monitoreo térmico.

El enfoque se trasladará luego hacia los transistores, elementos cruciales en la construcción de circuitos lógicos, amplificadores y mucho más. Analizaremos tanto su estructura como los diferentes tipos que existen, desvelando su rol fundamental en la electrónica moderna.

Para finalizar, nos adentraremos en el mundo de los relés, componentes electromagnéticos con aplicaciones comunes en el control de dispositivos de alta potencia.



2.1. Semiconductores



Los semiconductores son materiales que tienen características únicas que les permiten alterar el flujo de corriente. Son materiales como el galio, el arsénico, el germanio, el silicio o una combinación de estos elementos poco conocidos. En el proceso conocido como dopaje, agregamos una variedad de impurezas a un semiconductor, lo convirtiendo ligeramente en positivo o negativo y alterando su comportamiento. Su característica principal no es la de actuar como una resistencia, sino la de tener la capacidad de proporcionar u obtener electrones. En el primer caso, hablamos de semiconductores de tipo N, mientras que, en el segundo, hablamos de semiconductores de tipo P. El diodo,

el transistor y los circuitos integrados son algunos de los dispositivos electrónicos nuevos que se han desarrollado gracias a la combinación de varias capas de semiconductores, de diferente tipo y grosor. Estas propiedades especiales son el resultado de la combinación de estas capas de semiconductores.

2.1.1. Semiconductores N Y P

El silicio debe pasar por procesos físico-químicos para que sea adecuado para la fabricación de componentes electrónicos, como diodos. Esto implica la introducción controlada de materiales con diferente estructura atómica en la matriz del semiconductor intrínseco, un proceso conocido como dopaje.

Esta técnica permite obtener materiales semiconductores con distintos niveles de conductividad. Como resultado, se producen semiconductores llamados tipo N y tipo P. Estos semiconductores se utilizan más tarde en la creación de componentes electrónicos como transistores, diodos, tiristores, circuitos integrados y otros.

Estructura Semiconductores

Para comprender completamente por qué Si (silicio), Ge (germanio) y Ga (arseniuro de galio) son los semiconductores más utilizados en la industria electrónica, es esencial

tener una comprensión detallada de las estructuras atómicas de cada uno de ellos y de cómo se entrelazan los átomos para formar una estructura cristalina.

Los electrones, protones y neutrones son las tres partículas básicas que componen cada átomo. En la estructura entrelazada, los protones y neutrones se combinan en el núcleo central, mientras que los electrones orbitan alrededor del núcleo en trayectorias fijas. La figura 2.1 muestra el modelo que Niels Bohr propuso para representar estos tres materiales.

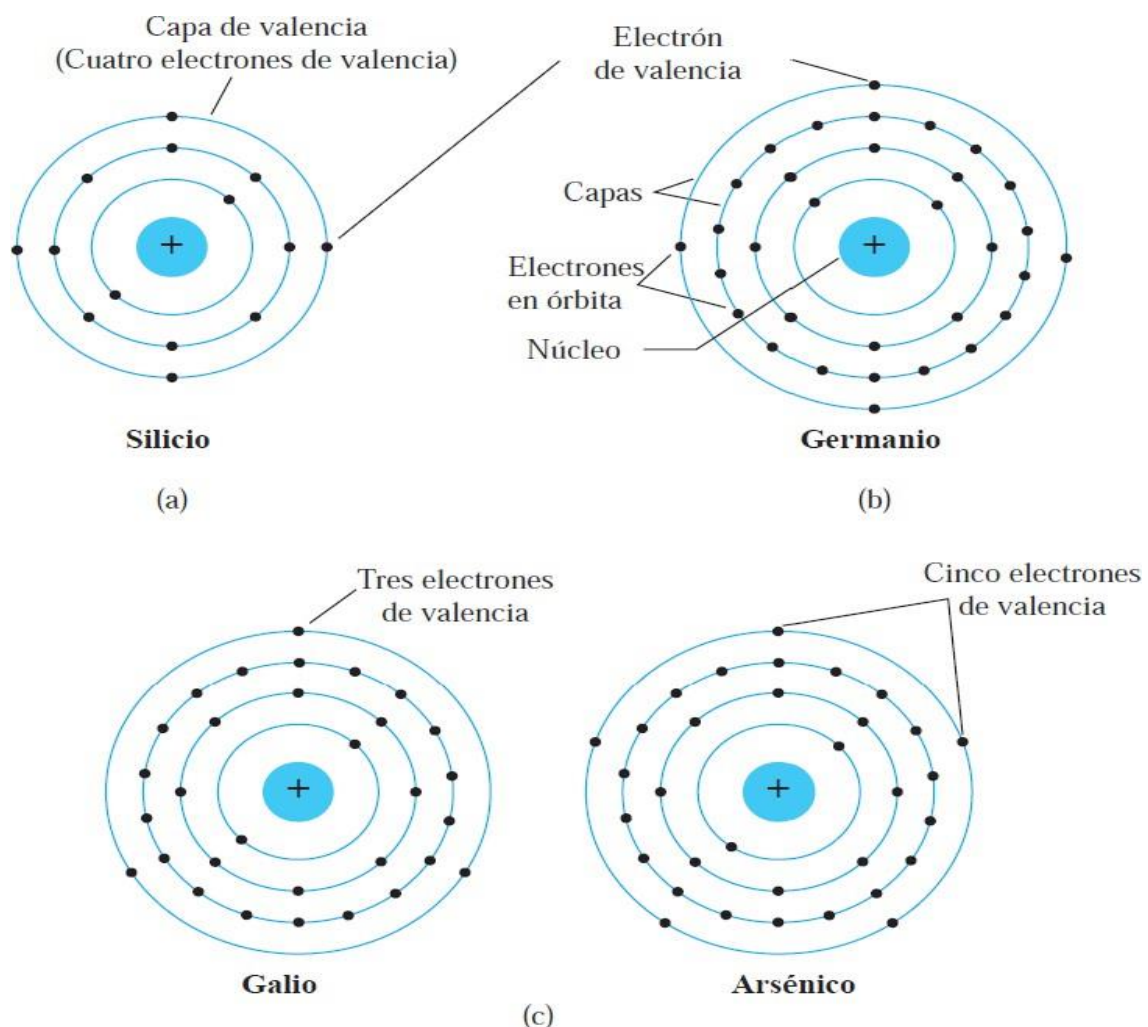
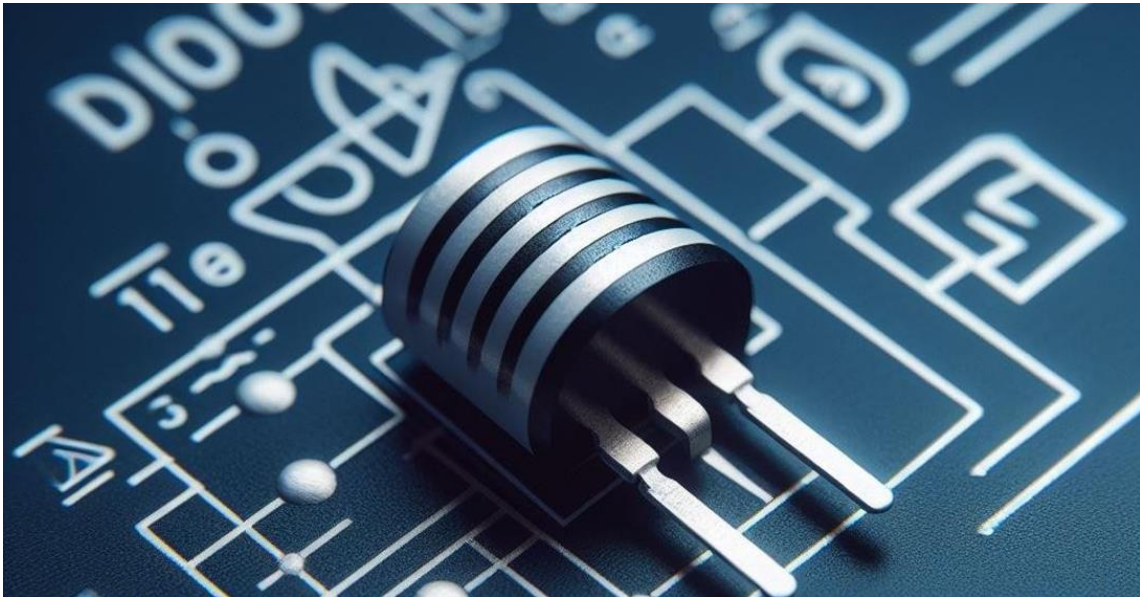


Figura 2.1 Estructura atómica del (a) silicio; (b) germanio, y (c) galio y arsénico. Boylestad, R. Nashelsky, L.(2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*

2.2. Diodos



INTRODUCCIÓN

Los diodos, pequeños pero poderosos dispositivos electrónicos, desempeñan un papel fundamental en la tecnología moderna.

En el mundo de la electrónica, funcionan como puertas de un solo sentido: permiten que la corriente fluya en una dirección específica mientras bloquean su paso en la dirección opuesta.

Esta habilidad de control direccional ha sido utilizada para una variedad de propósitos, incluida la rectificación de la corriente en fuentes de alimentación y la creación de señales de radiofrecuencia.

EL DIODO

La figura 2.2 muestra un efecto que produce el diodo, uno de los componentes más importantes de la electrónica, cuando se une un material semiconductor de tipo P con otro de tipo N para formar una unión PN. La electrónica de

semiconductores se basa en este fenómeno. Todos los componentes electrónicos, como: se fabrican a partir de una combinación precisa de materiales N y P.

- Diodos (rectificadores, zener, LED...)
- Transistores (bipolares y FET-MOS)
- Tiristores (SCR, triac...)
- Componentes opto electrónicos
- Circuitos integrados

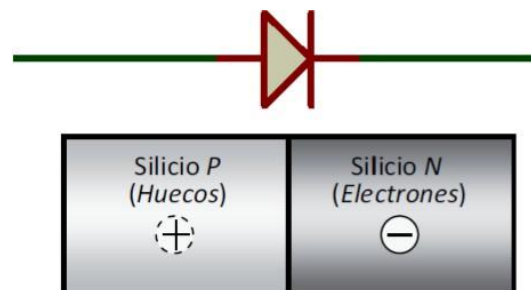


Figura 2.2 El componente diodo se produce cuando un material P se une a un material N. En electrónica, el diodo es uno de los componentes más importantes. Se distingue por tener dos terminales: el ánodo y el cátodo. Su representación gráfica y la apariencia práctica de un modelo

comercial ampliamente utilizado se muestran en la Figura 2.3.

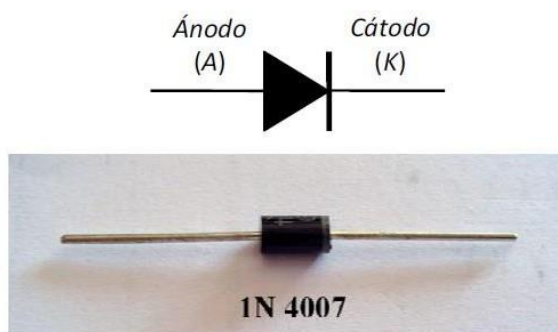


Figura 2.3 El diodo Aspecto y símbolo de un modelo comercial.
Hermosa, A.(2013). Electrónica Aplicada.

2.2.1. El Diodo En Polarización Inversa

El Cuándo el terminal cátodo tiene una polaridad positiva en relación al ánodo, el diodo está en polarización inversa. En esta situación, el diodo actúa como un aislante y actúa como un interruptor abierto, impidiendo el flujo de corriente.

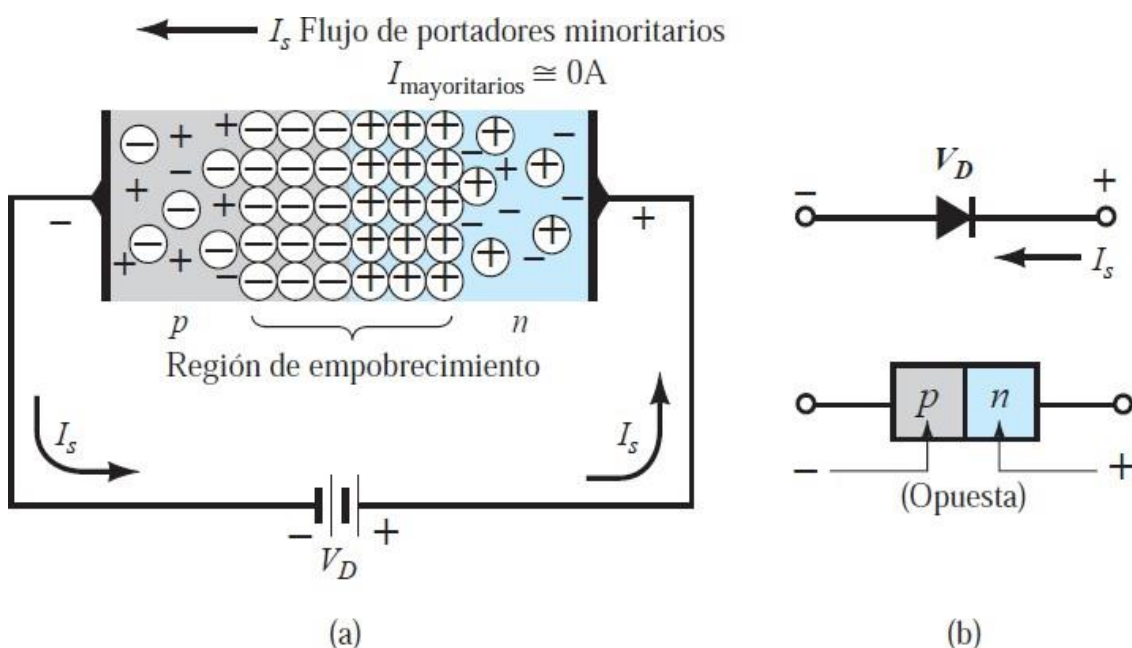


Figura 2.4 La unión p-n polarizada en inversa incluye (a) la distribución interna de la carga en condiciones de polarización en inversa; (b) la polaridad y la dirección de la corriente de saturación en inversa.

Boylestad, R. Nashelsky, L.(2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos

2.2.2. El Diodo En Polarización Directa

Solamente cuando el diodo está polarizado directamente, es decir, cuando el terminal ánodo tiene una polaridad positiva en comparación con el terminal cátodo, puede fluir corriente. En este modo, el diodo

actúa como un conductor y permite que la corriente fluya a través del circuito. Como se muestra en la Figura 2.5, se aplica el potencial positivo al material tipo p y el potencial negativo al material tipo n para establecer la condición de polarización directa o "encendida".

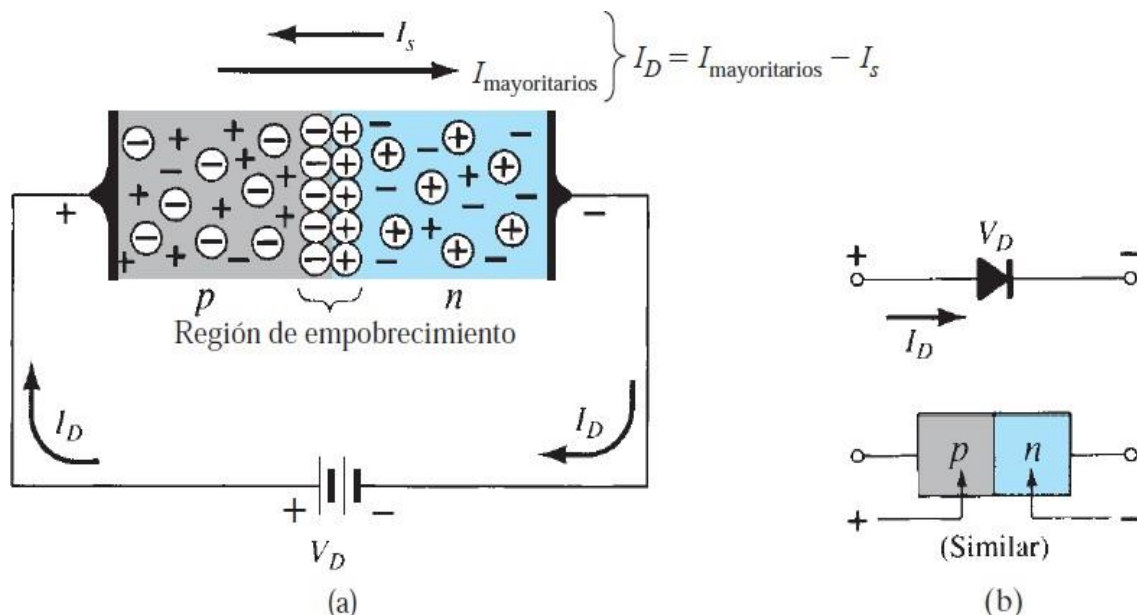


Figura 2.5 La unión p-n polarizada en directa incluye (a) la distribución interna de la carga en condiciones de polarización en directa; (b) la polarización directa y la dirección de la corriente resultante.

Boylestad, R. Nashelsky, L. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónico

Ejemplo 2.1: ¿Cuál es el valor de la corriente en el diodo en una polarización directa de acuerdo con el circuito de la figura 2.6 ?

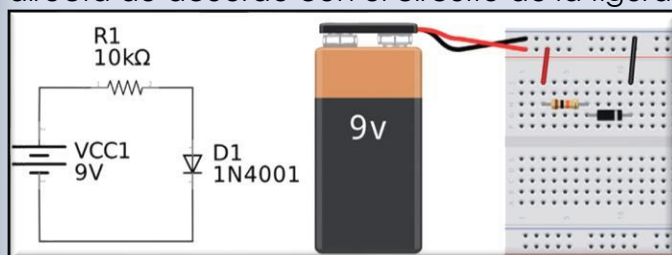


Figura 2.6 El esquema eléctrico del circuito y su instalación en la protoboard.

Solución:

Veremos cómo funciona un simple circuito con un diodo común. Estos son los recursos que requerimos:

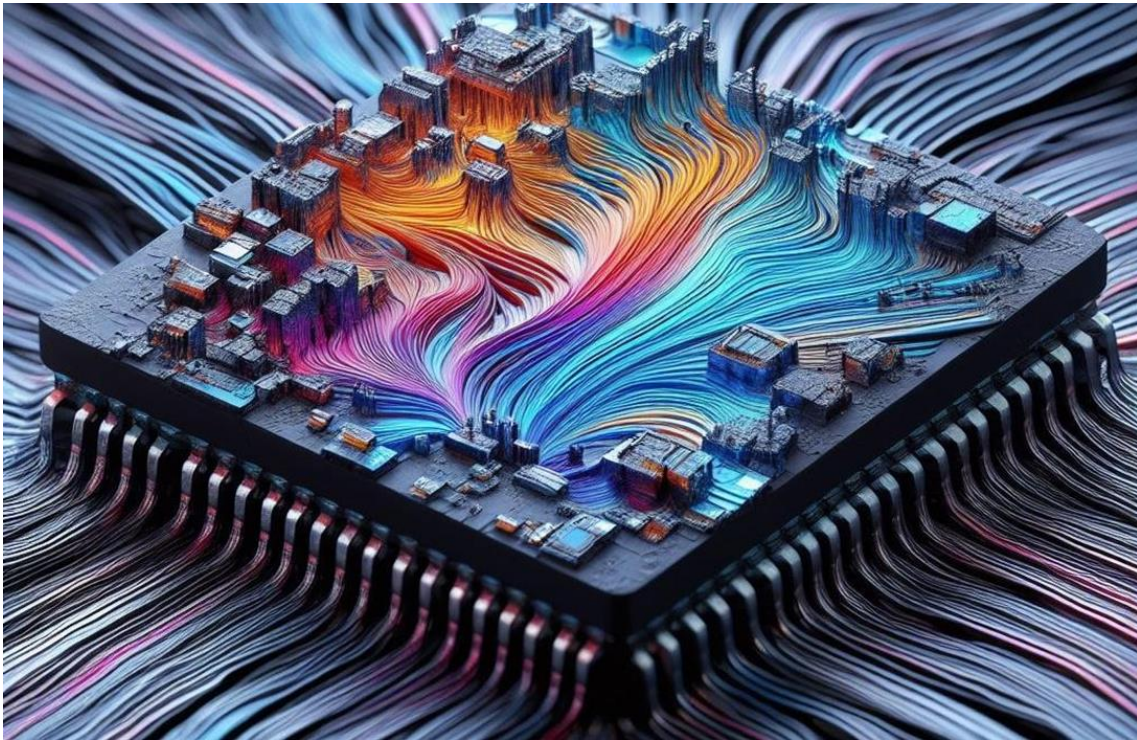
- Un diodo 1N4005 o el 1N4007.
- Un resistor de 10 kΩ.
- Un protoboard.
- Jumpers para las conexiones.
- Una batería de 9 V con clip.
- Un multímetro.

Como se muestra en la figura 2.6, dado que el diodo está en

polarización directa, el componente debe permitir que circule como si fuera un interruptor cerrado, con una caída de tensión igual a 0 voltios en sus extremos. Si aplicamos la ley de Ohm, deberíamos esperar una corriente equivalente a:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9V}{10KA} = 0.9mA$$

2.3. Transistores BJT



INTRODUCCIÓN

Un transistor BJT, o Bipolar Junction Transistor, es un componente semiconductor que se utiliza en circuitos electrónicos para amplificar y conmutar señales eléctricas. Se compone de tres capas semiconductoras dopadas, generalmente de silicio, que forman dos uniones PN.

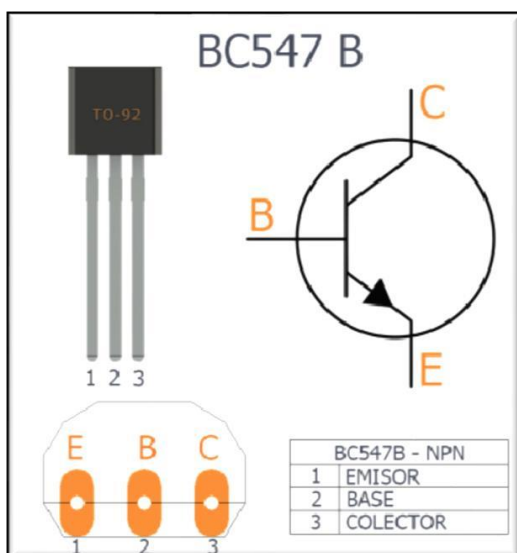


Figura 2.7 Modelo comercial y simbología de un transistor (NPN); un componente fundamental de la electrónica

Las siglas "BJT" significan "transistor bipolar de unión", lo que nos informa sobre su constitución física.

2.3.1. Tipos De Transistores BJT

Los transistores bipolares tienen tres patillas, que se denominan emisor (E), base (B) y colector (C).

NPN (Negativo-Positivo-Negativo)

La capa central de un transistor NPN es de tipo P, mientras que las capas exteriores son de tipo N. Cuando se aplica un voltaje adecuado a la base (B), la corriente fluye del emisor (E) al colector (C).

PNP (Positivo-Negativo-Positivo)

La capa central de un transistor PNP es de tipo N y las capas exteriores son de tipo P. Cuando se aplica un voltaje adecuado a la base, la corriente fluye del emisor al colector.

2.3.2. Características Y Conceptos Clave Relacionados Con Los Transistores Bjt

Corriente de Base (I_B)

Es la corriente que va desde la base al emisor. La corriente que fluye del colector al emisor se puede controlar controlando esta corriente.

Corriente de Colector (I_C)

Es la corriente que va del colector al emisor. La corriente de base regula esta corriente.

Ganancia de Corriente (β)

Es la relación entre la corriente de base y la corriente de colector. Representa el aumento de la amplificación del transistor. ($\beta = I_C/I_B$).

Voltaje Umbral de Base-Emitter (V_{BE})

Es el voltaje necesario para polarizar directamente la unión base-emisor y permitir que la corriente fluya del emisor a la base.

Región Activa

Se refiere al estado en el que el transistor opera normalmente, donde la corriente fluye del emisor al colector.

Región de Saturación

Ocurre cuando el transistor está completamente encendido y la corriente del colector está en su punto máximo.

Región de Corte

Ocurre cuando el transistor está completamente apagado y hay poca corriente en el colector.

2.3.3. ENCAPSULADO DE LOS TRANSISTORES

Para que la forma y las dimensiones sean precisas, se han estandarizado varios paquetes. Los transistores de metal parecen pequeñas cajas de atún, algunos son de plástico negro con un lado redondeado, algunos tienen una aleta para enfriar (formato TO220), algunos son de metal y de grandes dimensiones, algunos parecen calentarse mucho (formato TO35), etc.

Los formatos SMD de montaje superficial son más pequeños. Aunque las disposiciones de las patillas varían según el modelo, los paquetes están estandarizados. Las hojas de especificaciones son la única manera de saber cómo están dispuestas.

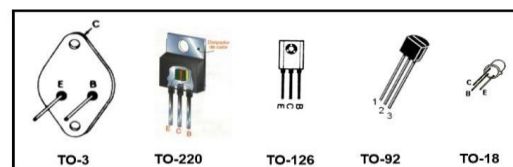


Figura 2.8 Los transistores tienen una variedad de formas y patillas dispuestas en una variedad de combinaciones. <https://www.tecnologiaypedagogia.net/>

Ejemplo 2.2: Si $V_{BB} = 12\text{ V}$ y $R_B = 22\text{ kW}$, la intensidad de base será:

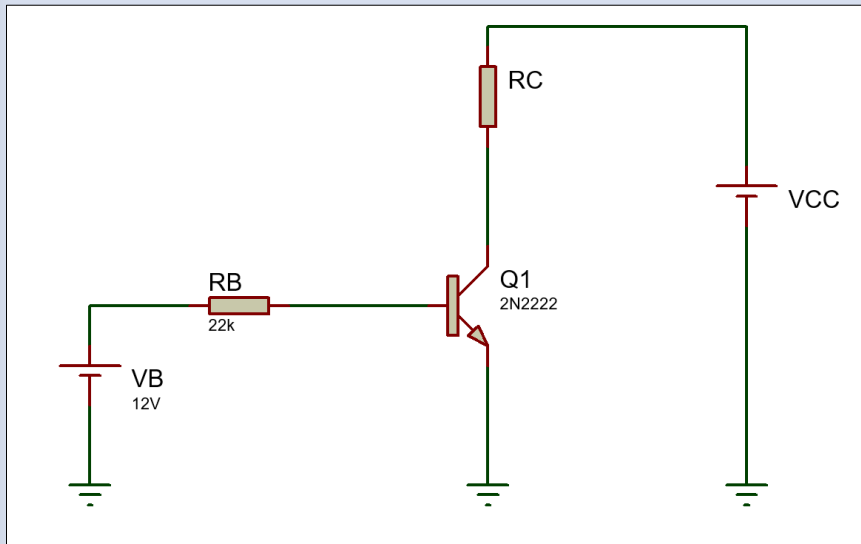


Figura 2.9 Ejercicio de transistor.

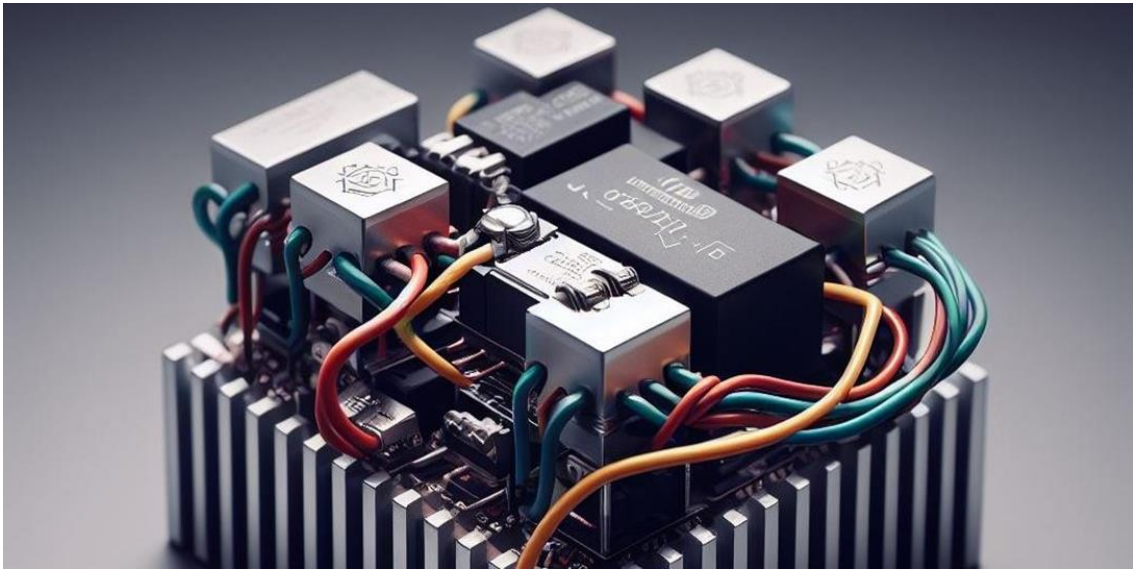
Solución:

Es importante considerar que la unión base-emisor actúa como un diodo de muy baja potencia; es decir, al polarizarse de manera directa, aparece una tensión típica de aproximadamente 0,7 V

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{22000} = 0.0005\text{ A} = 0.5\text{ mA}$$

La corriente que circula suele ser muy baja, generalmente en el rango de microamperios (μA) a pocos miliamperios (mA).

2.4. Relé



INTRODUCCIÓN

Un relé de estado sólido (SSR) es un dispositivo semiconductor que hace las mismas cosas que un relé electromagnético normal, pero sin componentes móviles. Un SSR utiliza componentes semiconductores como un optoacoplador y un triac o tiristor para realizar la misma función en lugar de un electroimán.

2.4.1. Características Y Ventajas De Los Relés De Estado Sólido

Sin Partes Móviles: Los SSR tienen una vida útil más larga y son menos susceptibles a desgastes y fallas mecánicas porque no tienen partes mecánicas móviles.

Rapidez de Conmutación: Los SSR pueden cambiar de estado mucho más rápido que los relés electromagnéticos, lo que es esencial en aplicaciones de alta frecuencia o alta velocidad.

Aislamiento Eléctrico: La entrada y salida de un SSR están completamente aisladas eléctricamente. Esto significa que la

señal de control puede estar a un potencial completamente diferente que la carga que está siendo conmutada.

Reducción de Ruido Eléctrico: Al no haber partes mecánicas que se muevan, no se genera el ruido electromagnético asociado con los relés electromagnéticos.

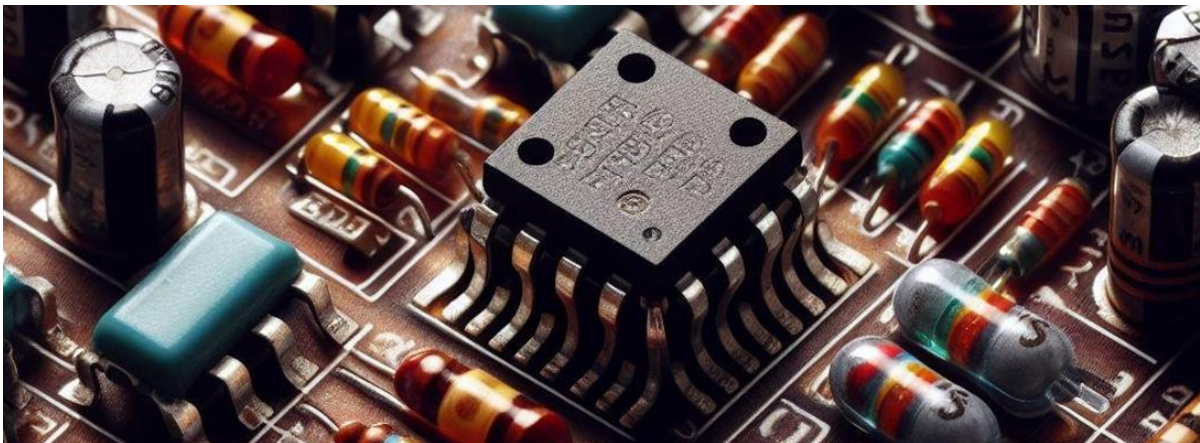
Bajo Consumo de Energía: Los SSR requieren menos energía para su operación que los relés electromagnéticos, lo que puede resultar en una mayor eficiencia energética.

Alta Fiabilidad: Debido a la ausencia de partes móviles, los SSR tienen una probabilidad mucho menor de falla en comparación con los relés electromagnéticos.

Tamaño Compacto: Los SSR son más pequeños y ligeros que los relés electromagnéticos, lo que los hace convenientes para diseños electrónicos más pequeños.

Amplia Gama de Aplicaciones: Se utilizan como control de motores, sistemas de calefacción, sistemas de control de iluminación, dispositivos médicos, sistemas de energía solar y muchas otras.

2.5. Temporizador 555



INTRODUCCIÓN A LOS CIRCUITOS INTEGRADOS

Los circuitos integrados, también conocidos como chips o microchips, son dispositivos electrónicos con muchos componentes electrónicos conectados en una placa de silicio pequeña. Estos componentes incluyen resistencias, condensadores, transistores y otros elementos que pueden realizar funciones complejas en un espacio físico muy reducido. Los amplificadores de sonido, las fuentes de tensión reguladas, los circuitos de radio y televisión específicos, las memorias RAM, los microprocesadores y otros pueden ser circuitos integrados.

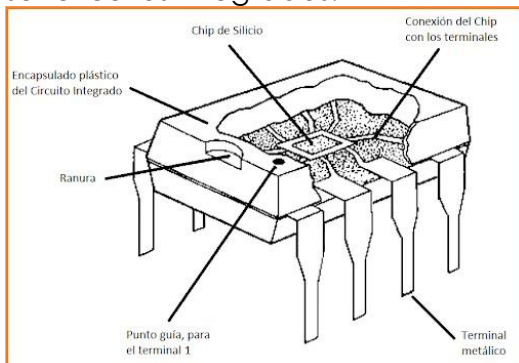


Figura 2.10 Visualización real del circuito integrado NE555

<https://www.tecnologiaypedagogia.net/>

El chip se fabrica sobre un sustrato de material semiconductor, que sirve como base. En este sustrato, se crean simultáneamente todos los componentes necesarios para un circuito completo durante el mismo proceso de fabricación.

La Figura 2.10 muestra el aspecto real de un circuito integrado NE555, que es el modelo más popular, junto con una vista de su estructura interna.

ENCAPSULADOS DE CI

Los encapsulados de los circuitos integrados (CI) son dispositivos electrónicos que integran múltiples componentes electrónicos en un solo encapsulado, como resistencias, condensadores, transistores, etc. Estos encapsulados pueden tener diferentes formas y tamaños, lo que determina su funcionalidad y aplicaciones.

Los amplificadores de sonido, las fuentes de tensión reguladas, los circuitos de radio y televisión específicos, las memorias RAM, los microprocesadores y otros pueden ser circuitos integrados.



2.5.1. El Circuito Integrado 555

El CI 555 es ampliamente reconocido por su versatilidad y uso extendido, ya que puede ser ajustado para operar en dos modos diferentes: como multivibrador astable o monoestable. El temporizador 555 no necesita un circuito de disparo externo para oscilar continuamente entre dos estados inestables en el modo astable.

Estructura interna funcional

La Figura 2.11 muestra la estructura interna y el diagrama de pines del circuito integrado, que muestra su configuración típica (DIL de 8 pines). Esta configuración se basa en dos comparadores de voltaje, un transistor, una etapa de salida y un biestable. Un divisor resistivo formado por tres resistencias R (de $5\text{ K}\Omega$) genera dos voltajes de referencia: V_1 y V_2 . Los comparadores utilizan estos voltajes como puntos de referencia. Los dos comparadores tienen la tarea de supervisar el estado del biestable SR y, en consecuencia, el estado de salida (pin 3).

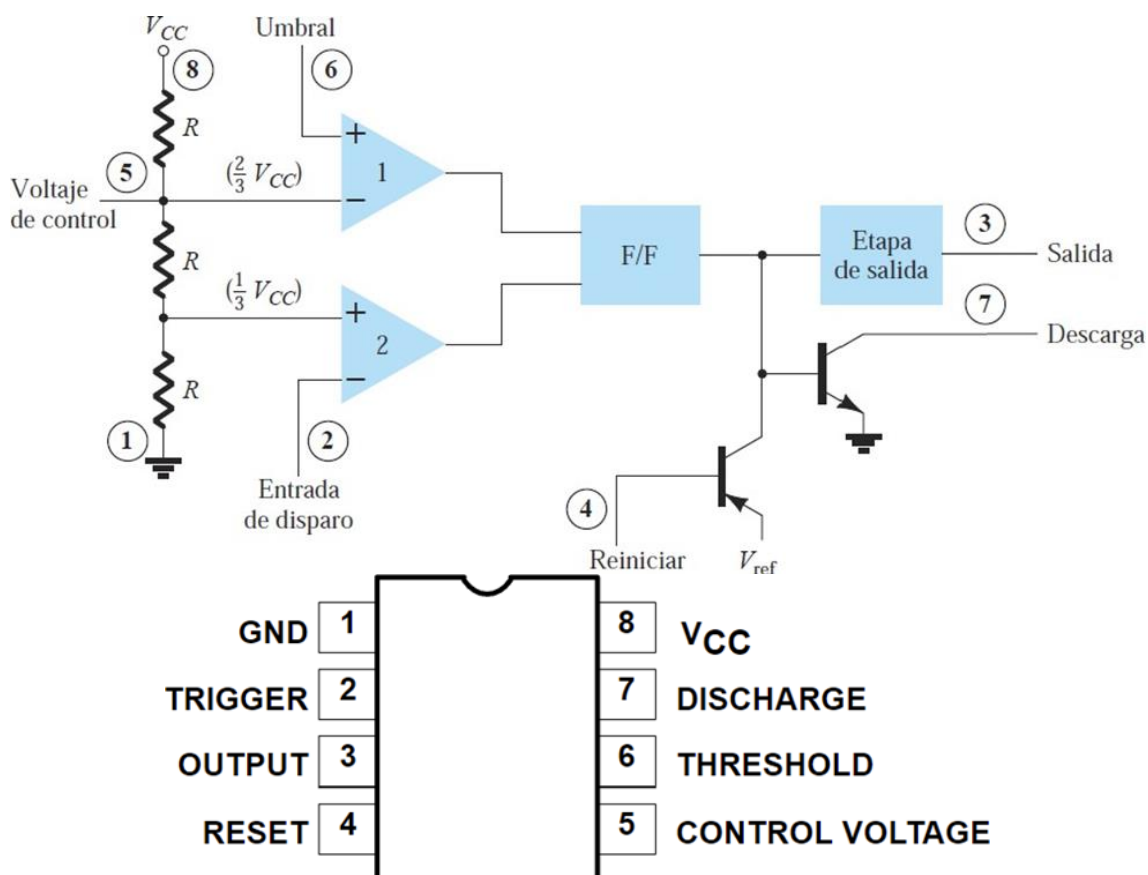


Figura 2.11 Detalles del temporizador 555

Boylestad, R. Nashelsky, L. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos

Funciones básicas de sus patillas

Para diseñar o comprender aplicaciones con el 555, se deben conocer las siguientes funciones fundamentales:

Tensión umbral: Las patillas 3 (salida) y 7 (descarga) se ponen a 0 V (tierra) cuando la tensión umbral (patilla 6) supera $2/3$ de la tensión de alimentación (V_{CC}).

$$Tensión\ Umbral > \frac{2}{3}V_{cc} \Rightarrow Patilla\ 3 = 0v \\ Patilla\ 7 = 0v$$

Tensión de disparo: La salida (patilla 3) se pone a nivel alto ($\cong V_{CC}$) cuando la tensión en la patilla 2 está por debajo de $1/3$ de V_{CC} y el transistor de descarga se bloquea es decir la patilla 7 se pone en estado de alta impedancia, colector abierto.

$$Tensión\ Umbral < \frac{1}{3}V_{cc} \\ Patilla\ 3 \cong V_{cc} \\ \Rightarrow Patilla\ 7 = Colector\ Abierto$$

Reset: La salida (patilla 3) pasa a nivel bajo (0 V) cuando se activa el reset la patilla 4 se pone a 0 V, y el transistor de descarga se satura es decir la patilla 7 queda a tierra.

$$Reset \Rightarrow Patilla\ 4 = 0v \Rightarrow Patilla\ 3 \cong 0v \\ Patilla\ 7 \cong 0v$$

Tensión de control: Aplicar una tensión externa a través de esta entrada permite cambiar los niveles de tensión de referencia. Es útil para realizar modulaciones y controles de frecuencia por voltaje. Esta entrada se desacopla a masa cuando no se utiliza mediante un condensador típicamente de 100 nF.

2.5.2. Multivibrador Astable

Un circuito de reloj o multivibrador estable es otra aplicación del circuito integrado temporizador 555. El siguiente análisis detalla las partes de la unidad 555 y cómo se utilizan sus diferentes entradas y salidas. Un circuito estable que utiliza un resistor y un capacitor externos para ajustar el intervalo de temporización de la señal de salida se muestra en la Figura 2.12.

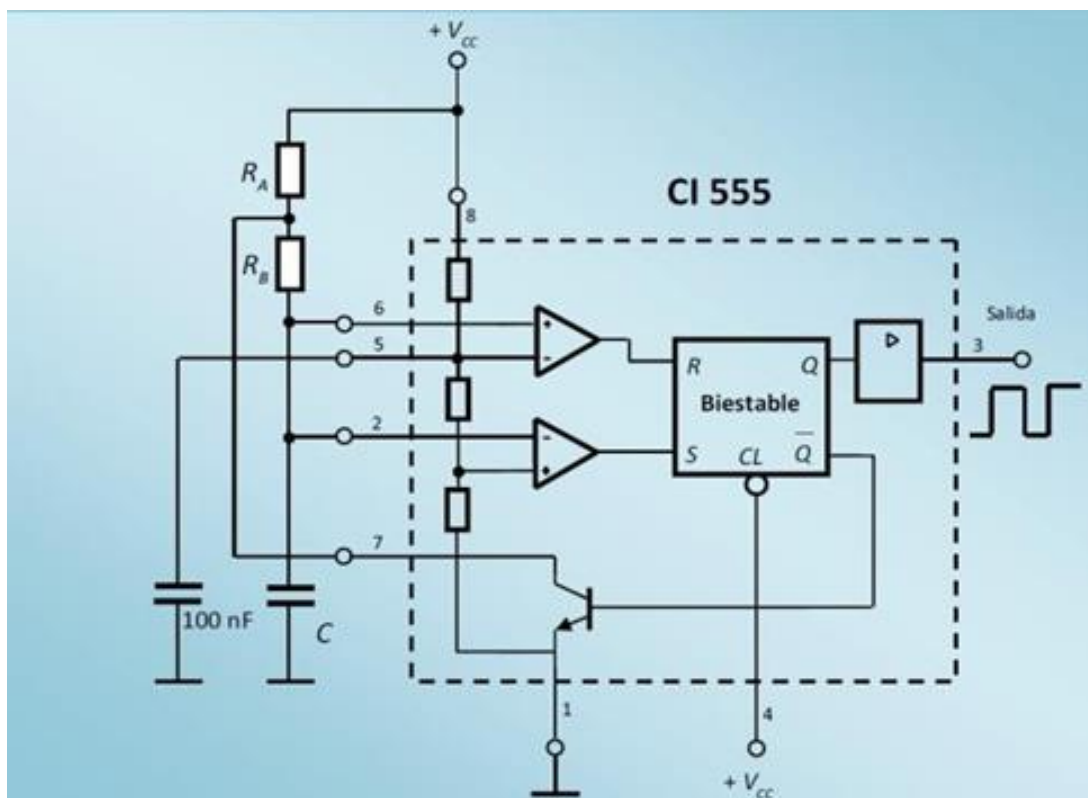


Figura 2.12 555 para generar señales de reloj.
Hermosa, A.(2013). Electrónica Aplicada.



Diagrama de ondas

El diagrama de ondas que muestra el funcionamiento del modo estable se encuentra en la figura 2.13. La descarga del condensador (C) solo ocurre a través de la resistencia R_B (que se conecta a tierra a través del transistor interno), mientras que la carga se realiza a través de las

resistencias $R_A + R_B$. Las constantes de tiempo de carga y descarga son inherentemente diferentes debido a esta configuración, lo que resulta en una forma de onda asimétrica. En este caso, el nivel alto dura más que el nivel bajo. Como resultado de este proceso de carga y descarga, el voltaje del condensador se muestra en forma de onda en el diente de sierra.

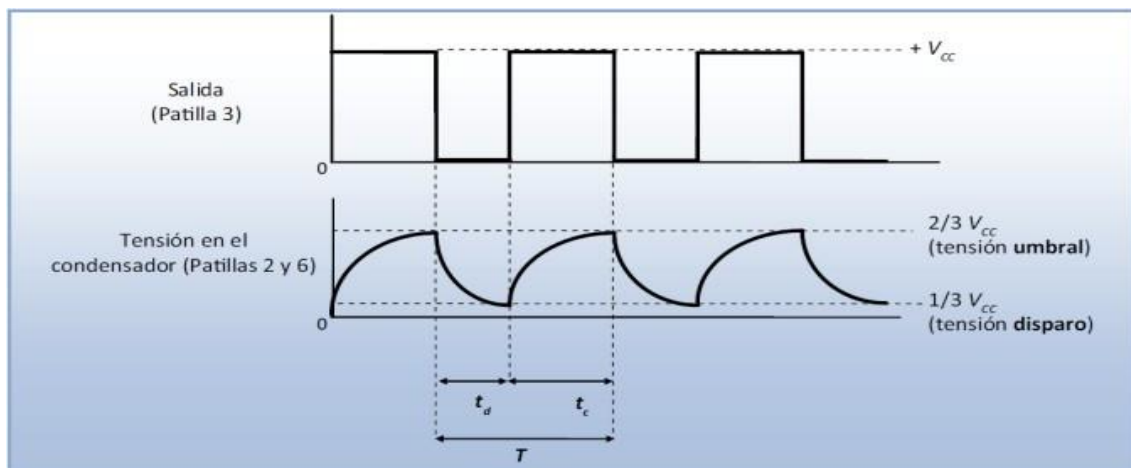


Figura 2.13 Diagrama de ondas
Hermosa, A. (2013). Electrónica Aplicada

Funcionamiento del circuito

El diagrama de formas de onda ayuda a comprender cómo funciona un circuito. La señal umbral en la patilla 6 se activa cuando el voltaje del condensador (C) alcanza aproximadamente el $2/3$ de V_{CC} . Esto hace que la salida de la patilla 3 cambie a un nivel bajo (0 V). En este punto, el transistor se satura y el condensador comienza a descargar R_B . La señal de disparo en la patilla 2 se activa cuando la tensión en el condensador durante su descarga alcanza aproximadamente el $1/3$ de V_{CC} . En este punto, la salida se eleva a un nivel alto (V_{CC}), el transistor entra en estado de corte y el condensador comienza a cargarse nuevamente. Este ciclo se repite periódicamente, y los valores de las resistencias R_A , R_B y el

capacitor C determinan los tiempos de carga y descarga.

Al aumentar significativamente R_B en comparación con R_A , por ejemplo, si R_B es $100R_A$, se puede lograr una forma de onda de salida casi simétrica. Los tiempos de carga y descarga en esta configuración prácticamente no dependen de R_A . Se puede encontrar el tiempo en el que la señal de salida está en un nivel alto (t_1), que coincide con el proceso de carga del condensador desde el $1/3$ hasta el $2/3$ de V_{CC} , utilizando la siguiente fórmula:

$$t_1 \cong 0,69(R_A + R_B)C$$

El tiempo del nivel bajo de la señal de salida (t_0) es:

$$t_0 \cong 0,69 R_B C$$

Por lo tanto, la fórmula de frecuencia es:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_0 + t_1} \cong \frac{1}{0,69(R_A + 2R_B)C}$$

Ejemplo 2.3:

Según la Figura 2.14, determine la frecuencia y trace la forma de onda de la salida del circuito.

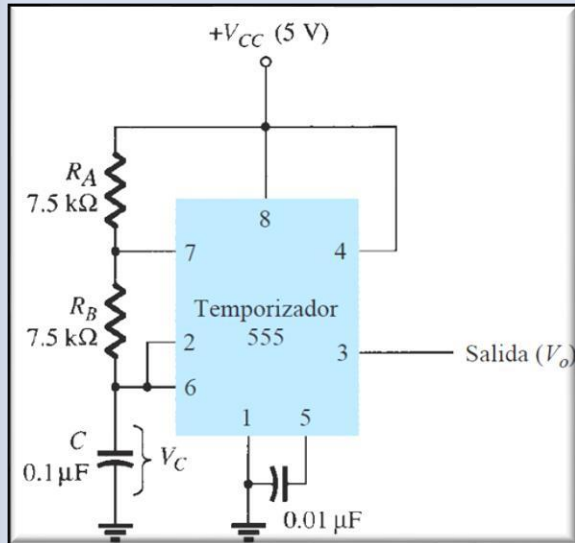


Figura 2.14 Multivibrador astable para el ejemplo

Solución:

$$T_{alta} = 0.7(R_A + R_B)C$$

$$T_{alta} = 1.05 \text{ ms}$$

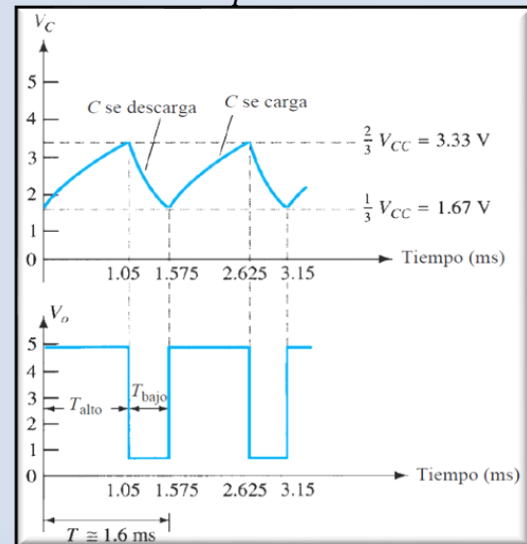
$$T_{baja} = 0.7(R_B)C$$

$$T_{baja} = 0.525 \text{ ms}$$

$$T = (T_{alto} + T_{bajo})$$

$$T = 1.575 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} \cong 635 \text{ Hz}$$



2.5.3. Multivibrador Monoestable

Un multivibrador monoestable es un circuito que tiene un estado estable y otro transitorio. En este estado, la salida permanece en un nivel estable hasta que recibe un impulso de activación externo. Una vez activado, el circuito cambia temporalmente a su estado transitorio durante un período de tiempo predefinido, después del cual vuelve automáticamente a su estado estable inicial.

Este tipo de multivibrador se utiliza comúnmente en aplicaciones de temporización y generación de pulsos, donde se requiere un pulso de salida de duración controlada en respuesta a un estímulo externo.

Operación monoestable

Como muestra la Figura 2.14, el temporizador 555 también puede usarse como un circuito de disparo o multivibrador monoestable. El circuito monoestable se activa cuando se introduce una señal de entrada de disparo negativa, lo que hace que la salida del terminal de conexión 3 aumente durante un período de tiempo determinado por:

$$T_{alta} = 1.1(R_A)C$$

Según la Figura 2.10, el flanco negativo de la entrada de disparo activa el comparador 2, lo que provoca el circuito biestable y eleva la salida del terminal de conexión 3. Durante este proceso, el resistor RA carga al capacitor C hacia el nivel

de VCC, manteniendo la salida en un estado alto. El comparador 1 activa el circuito biestable cuando el voltaje a través del capacitor alcanza el umbral de 2/3 de VCC. Esto hace que la salida cambie a un nivel bajo. Al mismo tiempo, el transistor de descarga se activa, permitiendo que el capacitor se descargue casi por completo hasta que se active nuevamente el ciclo de disparo.

La señal de entrada de disparo y la forma de onda de salida producidas por el temporizador 555 cuando se configura como un circuito monoestable se muestran en la Figura 2.15. Este circuito tiene intervalos de tiempo que van desde microsegundos hasta segundos, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones que requieren intervalos de tiempo precisos y ajustables.

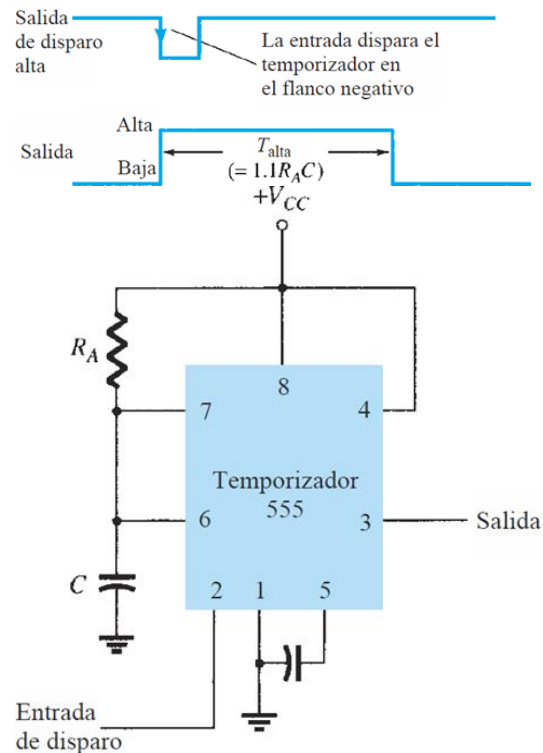


Figura 2.15 Temporizador 555 como monoestable
Boylestad, R. Nashelsky, L. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos

Ejemplo 2.4:

Según la Figura 2.16, determine el valor de la resistencia (R_A) y el valor del capacitor para obtener un temporizador de 10 segundos.

Solución:

Aplicando la ecuación y dando un valor inicial por ejemplo al capacitor de 100 uF se obtiene el valor de la resistencia como:

$$T_{alta} = 1.1(R_A)C$$

$$R_A = \frac{T_{alta}}{1.1 C} = \frac{10}{1.1 \times 100 \times 10^{-6}} = 909,1 \text{ k Ohms} \cong 100 \text{ k}$$

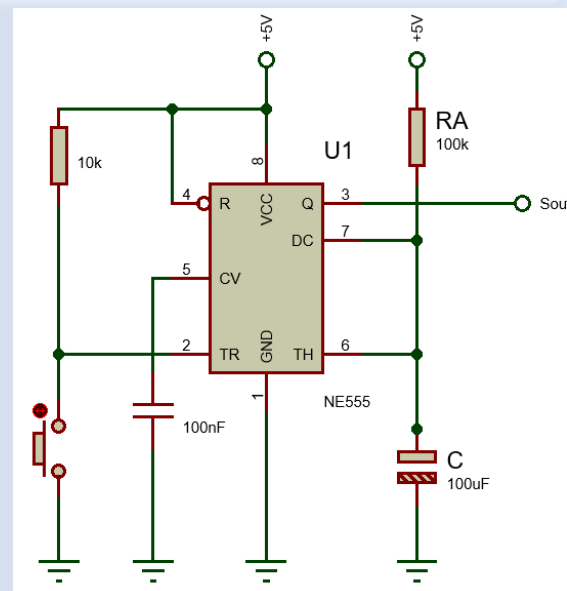


Figura 2.16 Multivibrador monoestable para el ejemplo

2.6. Reguladores Lineales Y Conmutados

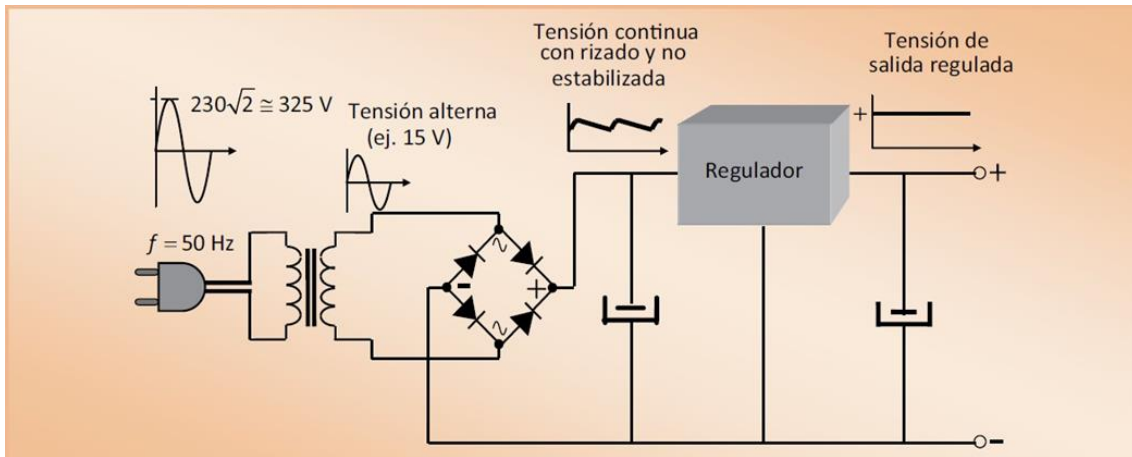


Figura 2.17 El circuito de regulación de voltaje se conecta a la salida del circuito de rectificación. Hermosa, A. (2013). Electrónica Aplicada.

FUENTES DE ALIMENTACIÓN REGULADAS

Dado que prácticamente todos los dispositivos y equipos electrónicos requieren una fuente de alimentación estabilizada y protegida, los circuitos reguladores de tensión son esenciales en el campo de la electrónica. Debido a su facilidad de uso, bajo costo y eficacia en la regulación del voltaje de salida, los circuitos integrados (CI) reguladores de voltaje se presentan como una solución muy atractiva en este contexto.

Estos reguladores de voltaje de circuitos integrados (CI) son una forma conveniente y confiable de mantener una salida de voltaje constante, independientemente de las variaciones en el voltaje de entrada o de carga. Además, su diseño compacto y su fácil integración en circuitos impresos (PCB) los hacen altamente versátiles y adecuados para una amplia gama de aplicaciones electrónicas.

2.6.1. Reguladores Lineales

Los reguladores lineales son dispositivos que controlan la corriente a través de un elemento de regulación (generalmente un transistor) para mantener una salida de voltaje constante. En aplicaciones de alta corriente o en casos donde hay una gran diferencia de voltaje entre la entrada y la salida, funcionan disipando la energía excedente en forma de calor. Esto puede limitar su eficiencia.

Características de los Reguladores Lineales

Simplicidad: Los reguladores lineales son generalmente más simples en diseño y construcción en comparación con los reguladores conmutados.

Baja interferencia electromagnética (EMI): Son conocidos por generar menos ruido eléctrico, lo que puede

ser beneficioso en aplicaciones sensibles al ruido.

Costo: Por lo general, los reguladores lineales son más económicos en términos de costos iniciales en comparación con los reguladores conmutados.

Menor eficiencia: Los reguladores lineales suelen tener una eficiencia más baja porque disipan la energía sobrante como calor, especialmente en aplicaciones de alta corriente o donde se requiere una gran diferencia de voltaje entre la entrada y la salida.

Como se muestra en la figura 2.18, el circuito de aplicación básico es extremadamente simple. Se requieren solo dos condensadores de desacoplo: uno en la entrada (330 nF) y otro en la salida (100 nF) para que funcione correctamente. Estos condensadores se utilizan para evitar picos de tensión y transitorios potenciales que pueden surgir como resultado de la conexión y desconexión de la carga, picos de la red, oscilaciones del circuito, etc.

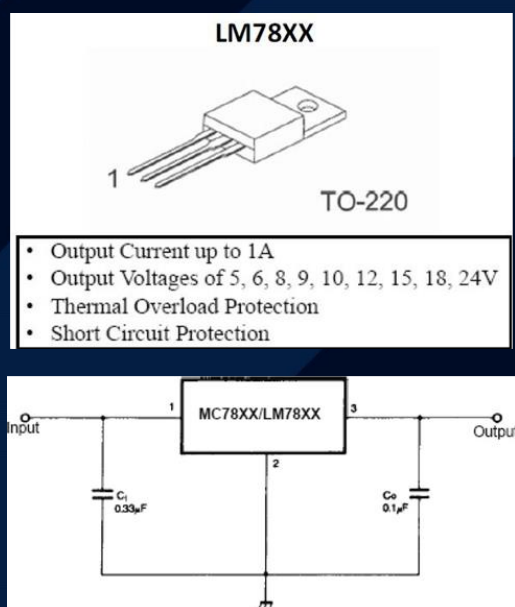


Figura 2.18 Aplicación básica sugerida por el fabricante.

Es necesario que la tensión de entrada sea al menos 2 V más alta que la tensión de salida para que regule, y tenga en cuenta que la potencia disipada del regulador no debe ser inferior a 15 W.

2.6.2. Reguladores Conmutados

Los reguladores conmutados, también conocidos como fuentes de alimentación conmutadas o conmutadores de modulación de ancho de pulso (PWM), controlan la salida de voltaje mediante el control del ciclo de trabajo de un interruptor de potencia. Un interruptor de potencia como un transistor MOSFET es un ejemplo de un interruptor conmutado. Al reducir las pérdidas de energía y el calentamiento, esta técnica de conmutación permite una mayor eficiencia energética.

Características de los Reguladores Conmutados

Alta eficiencia: Debido a su capacidad para minimizar la disipación de energía, los reguladores conmutados suelen ser mucho más eficientes que los reguladores lineales.

Menor tamaño y peso: La eficiencia mejorada permite el diseño de sistemas más compactos y livianos en comparación con los reguladores lineales.

Mayor complejidad: Los reguladores conmutados suelen ser más complejos en diseño y construcción que los reguladores lineales, lo que puede resultar en costos de fabricación más altos y una mayor complejidad de diseño.

Interferencia electromagnética (EMI) potencial: Debido a la conmutación rápida de voltaje, los reguladores conmutados pueden

generar niveles más altos de ruido eléctrico, lo que puede requerir medidas adicionales para mitigar la interferencia electromagnética.

Ejemplo 2.5:

Diseña el circuito regulador para el ejemplo 2.4 para alimentar al circuito integrado 555.

Solución:

Para proporcionar un voltaje fijo de 5V para alimentar la parte del preamplificador se debe utilizar un CI 7805 como se muestra en la siguiente figura 2.19:

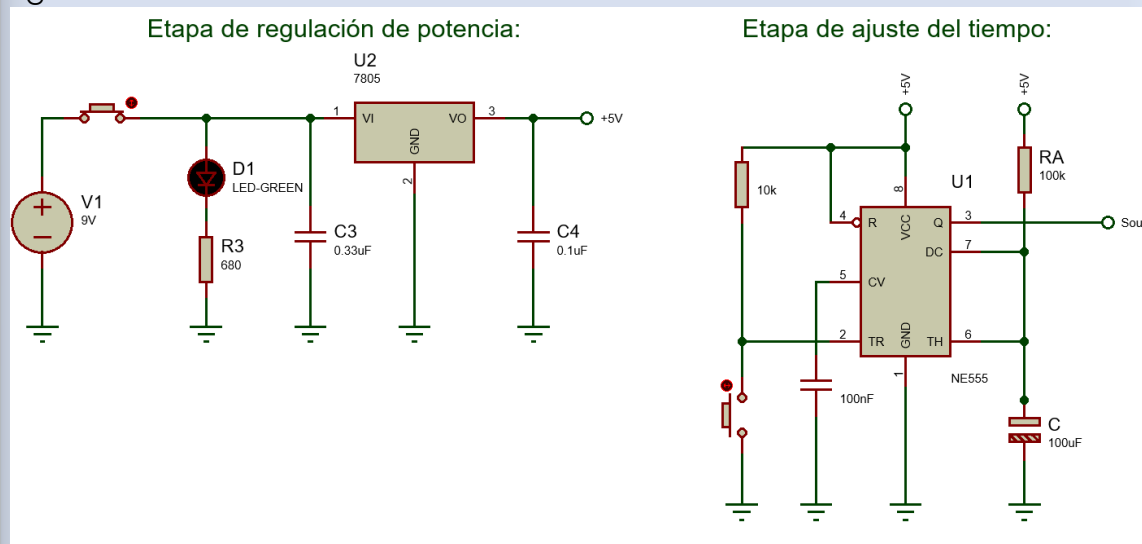


Figura 2.19 Circuito regulador

Componentes:

1. Regulador de voltaje 7805
2. Capacitores (0.33uF, 0.1uF)

Montaje:

3. Conecte la entrada del 7805 a una fuente de 9V DC.
4. Conecte un capacitor de 10uF entre la entrada del 7805 y tierra.
5. Conecte un capacitor de 0.1uF entre la salida del 7805 y tierra.
6. La salida del 7805 proporcionará 5V regulados.

2.7. Amplificador Operacional



INTRODUCCIÓN

Un amplificador operacional, también conocido como amplificador operacional, es un dispositivo amplificador diferencial que ofrece una ganancia muy alta además de una alta impedancia de entrada y una baja impedancia de salida. Los amplificadores operacionales se utilizan para una variedad de propósitos, incluida la alteración de la polaridad y la amplitud de una señal de voltaje, la creación de osciladores, los circuitos de filtrado y una variedad de circuitos de instrumentación.

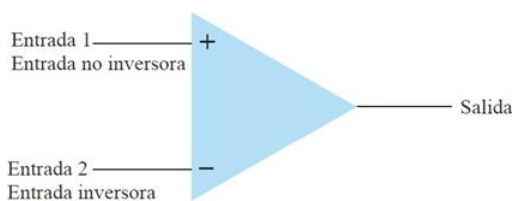


Figura 2.20 Amplificador operacional básico.

FACTOR DE GANANCIA

La ganancia se obtiene por la

siguiente fórmula:

$$A_V = -\frac{V_O}{V_{IN}}$$

El signo negativo indica que la señal en la salida será la opuesta a la entrada (se confirma que una señal positiva aplicada a la entrada produce una tensión negativa a la salida y viceversa).

2.7.1. Amplificador No Inversor

La característica de un amplificador no inversor (V_+) se basa en que la señal recibida en esta entrada se refleja con la misma polaridad en la salida en comparación con la otra entrada, sin sufrir ningún efecto de inversión.

La ganancia para este tipo de amplificador es:

$$A_V = \frac{R_f + R_1}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

Y el diagrama de conexión para este tipo de amplificador se observa

en la siguiente figura 2.21.

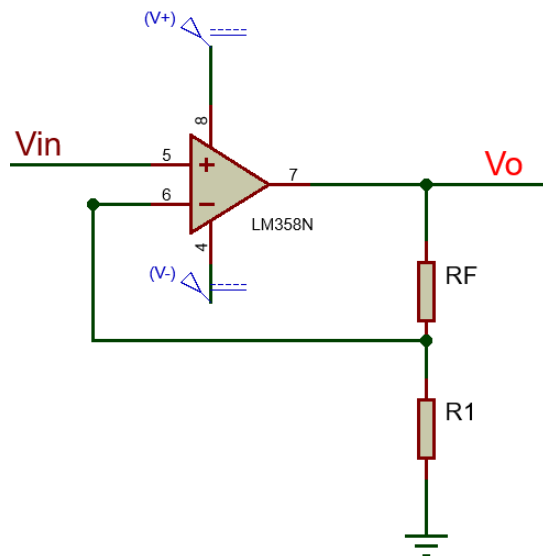


Figura 2.21 Amplificador No Inversor.

Ejemplo 2.6:

La figura 2.22 muestra cómo se aplica una señal de entrada de 0,01 V a la entrada no inversora. Como resultado de una ganancia de 1000, la salida será de 10 V.

Solución:

$$A_V = \frac{V_O}{V_{IN}}$$

$$V_O = V_{IN} A_V = 0.001 \times 1000 = 10V$$

La salida siempre es positiva cuando la señal de entrada es positiva, mientras que la salida siempre es negativa cuando la señal de entrada es negativa. No hay inversión de fase; la señal de salida siempre refleja la misma polaridad que la señal de entrada.

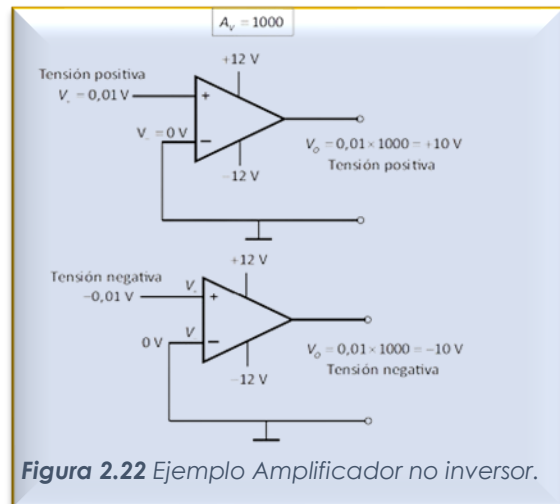


Figura 2.22 Ejemplo Amplificador no inversor.

2.7.2. Amplificador Inversor

Por el contrario, el efecto de inversión de fase ocurre cuando la polaridad de la señal aplicada en la entrada inversora (en comparación con la otra entrada) se refleja en la salida con una polaridad opuesta. Por esta razón, se le llama "entrada inversora". La Figura 2.23 muestra esta característica. La señal de entrada se amplifica, pero con una polaridad diferente. Es importante señalar que la masa (0 V) se utiliza como referencia y que la otra entrada está conectada a la tierra.

$$A_V = -\frac{R_f}{R_1}$$

Y el diagrama de conexión para este tipo de amplificador se observa en la siguiente figura.

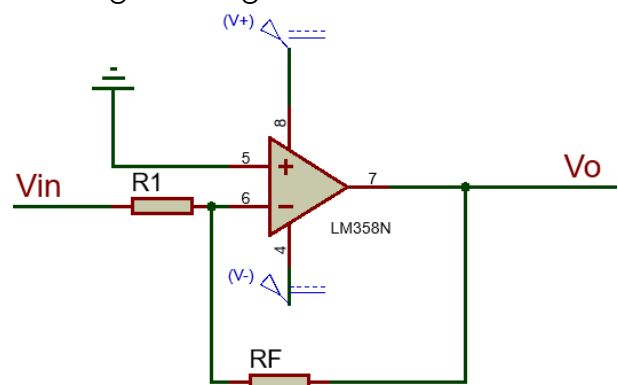


Figura 2.23 Amplificador Inversor.



PRÁCTICA 2.

Tema: Simulación e implementación de un sistema de control para encender una bombilla de 110V AC cuando no hay luz ambiente, utilizando un sensor de luz (LDR) y un sistema de control basado en amplificadores operacionales, transistores, relés, y un circuito de regulación de voltaje.

Resultado de aprendizaje:

El estudiante será capaz de diseñar, simular y analizar un circuito de encendido automático de una bombilla en ausencia de luz, implementando un LDR como sensor de luz, y utilizando diferentes etapas como regulación de voltaje, acoplamiento de impedancias, y preamplificación con un relé.

Objetivo:

El objetivo es implementar un circuito en Proteus que encienda una bombilla de 110V cuando los niveles de luz ambiente sean bajos. La simulación estará dividida en las siguientes etapas: El objetivo es implementar un circuito en Proteus que encienda una bombilla de 110V cuando los niveles de luz ambiente sean bajos. La simulación estará dividida en las siguientes etapas:

- Etapa de Regulación: Proporcionar un voltaje fijo de 5V para alimentar los componentes de control y sensado.
- Etapa de Sensado: Detectar la cantidad de luz ambiente mediante un divisor resistivo con un LDR para generar una señal variable que será procesada por el sistema.
- Etapa de Acoplamiento de Impedancias (Seguidor de Tensión y Comparador): Acondicionar la señal de salida del divisor resistivo para poder utilizarla como señal de control en el comparador.
- Etapa de Driver o Preamplificador: Activar la bobina de un relé de 5V para controlar la potencia que enciende la bombilla.
- Etapa de Potencia: Encender una bombilla de 110V AC utilizando el relé controlado por el transistor.



Cuestionario

Unidad II



CUESTIONARIO UNIDAD II

¿En qué tipo de aplicaciones se utilizan comúnmente los transistores de efecto de campo (FET)?

- a) Amplificadores de señal
- b) Osciladores
- c) Interruptores electrónicos
- d) Amplificadores de potencia

¿En qué tipo de aplicaciones se utilizan comúnmente los amplificadores operacionales?

- a) Generadores de pulsos
- b) Circuitos de rectificación
- c) Protección contra sobretensiones
- d) Amplificación de audio

¿Qué tipo de transistores actúan como interruptores o amplificadores de corriente?

- a) IGBT
- b) MOSFET
- c) FET
- d) BJT

¿Cuál es una característica importante de los amplificadores operacionales en términos de amplificación de señales débiles?

- a) Generar señales de radiofrecuencia
- b) Bloquear la corriente en ambas direcciones
- c) Alta impedancia de entrada
- d) Baja impedancia de salida

¿En qué modo de operación el integrado 555 produce una señal de onda cuadrada ajustable?

- a) Astable
- b) Inestable
- c) Biestable
- d) Monoestable

¿Cuál es una aplicación común de los diodos en circuitos electrónicos?

- a) Filtros activos
- b) Amplificación de audio
- c) Protección contra sobretensiones



d) Generadores de pulsos

¿Cuál es una característica clave de los amplificadores operacionales?

- a) Alta impedancia de salida
- b) Baja impedancia de entrada
- c) Bloquear la corriente en ambas direcciones
- d) Generar señales de radiofrecuencia

¿Qué tipo de señal genera el integrado 555 en modo estable?

- a) Onda senoidal
- b) Onda triangular
- c) Onda cuadrada
- d) Onda sinusoidal

¿Cuál es la función principal de los diodos en un circuito electrónico?

- a) Bloquear la corriente en ambas direcciones
- b) Proteger contra sobretensiones
- c) Amplificar señales débiles
- d) Generar pulsos y temporizadores

¿Qué función cumple el integrado 555 en un circuito electrónico?

- a) Amplificar señales débiles
- b) Rectificar corriente
- c) Proteger contra sobretensión

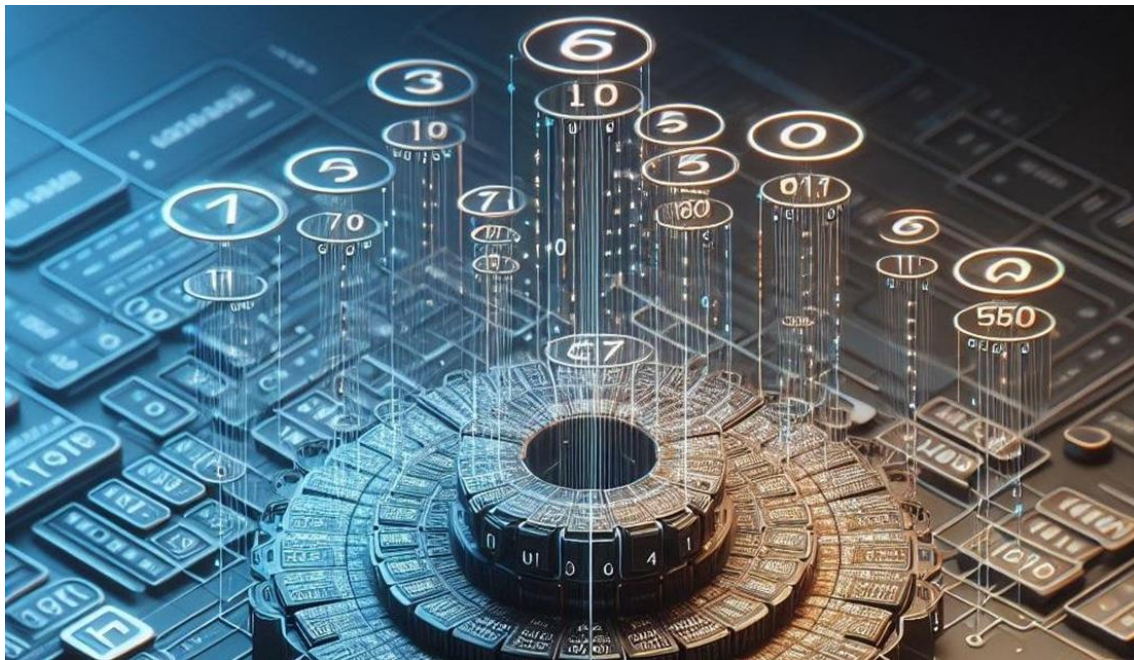
03



SISTEMAS DE NUMERACIÓN

UNIDAD TRES

SISTEMAS DE NUMERACIÓN



Los códigos digitales y el sistema binario de numeración son esenciales en la informática y, de manera más amplia, en la electrónica digital. El sistema binario de numeración y su relación con otros sistemas de numeración, como el decimal, hexadecimal y octal, son el objetivo principal de este capítulo.

comprensión del sistema de numeración binario, que es crucial en el campo de las computadoras y la electrónica digital.

En el sistema decimal, los pesos asociados a los dígitos, son:

$10^4 \dots 10^1$	10^3	10^2	10^1	10^0	← Valor posicional de los dígitos
$a^4 \dots a^1$	a^3	a^2	a^1	a^0	← Dígito decimal
$\dots 10000$	1000	100	10	1	← Valor posicional
$\dots a^4$	a^3	a^2	a^1	a^0	← Dígitos

3.1. Sistema Decimal

Debido a que todos usamos el sistema decimal todos los días, todos estamos familiarizados con él. Sin embargo, incluso si estamos familiarizados con los números decimales, podemos no comprender completamente su estructura de pesos. La estructura de los números decimales se discutirá en esta sección para facilitar la

El valor de cada posición aumenta en potencias de 10 de derecha a izquierda; el valor de cada posición es siempre diez veces mayor que el de la posición a su derecha. Por ejemplo, la expresión 132 indica que se toma un grupo de 100 (1×100), tres grupos de diez cosas (3×10) y dos unidades (2×1), lo cual se puede representar matemáticamente como:

100	10	10^0	
1	3	2	$= (1 \times 100) + (3 \times 10) + (2 \times 1) = 132$

$$132 = 1 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0$$

Ejemplo 3.1: Exprese la suma de los valores de cada dígito para el número decimal 47.

Solución Como indican sus respectivas posiciones, el dígito 4 tiene un peso de 10, que es 10^1 . El dígito 7 tiene un peso de 1, que es 10^0

$$47 = (4 \times 10^1) + (7 \times 10^0)$$

$$47 = (4 \times 10) + (7 \times 1) = \mathbf{40 + 7}$$

Ejemplo 3.2: Exprese la suma de los valores de cada dígito para el número decimal 568,23

Solución El dígito 5 de la parte entera tiene un peso de 10^2 , el dígito 6 tiene un peso de 10^1 , el dígito 8 tiene un peso de 10^0 ; el dígito 2 de la parte fraccionaria tiene un peso de 10^{-1} , y el dígito 3 de la parte fraccionaria tiene un peso de 10^{-2} , la expresión sería:

$$568,23 = (5 \times 10^2) + (6 \times 10^1) + (8 \times 10^0) + (2 \times 10^{-1}) + (3 \times 10^{-2})$$

$$568,23 = (5 \times 100) + (6 \times 10) + (8 \times 1) + (2 \times 0,1) + (3 \times 0,01)$$

$$568,23 = \mathbf{500 + 60 + 8 + 0,2 + 0,03}$$

3.2. SISTEMA BINARIO



INTRODUCCIÓN

Simplemente otra forma de representar magnitudes es el sistema de numeración binario. Debido a que solo tiene dos dígitos, es menos complejo que el sistema decimal. El sistema binario tiene dos dígitos, mientras que el sistema decimal

tiene diez. Los bits, o dígitos binarios, son 1 y 0. La posición de un 1 o un 0 en un número binario muestra su peso o valor dentro del número, de manera similar a cómo la posición de un dígito decimal muestra el valor de ese dígito. Los pesos de un número binario están determinados por las potencias de dos.



Potencias positivas de dos (números enteros)									Potencias negativas de dos (números fraccionarios)					
2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}	2^{-6}
256	128	64	32	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64
									0,5	0,25	0,125	0,0625	0,03125	0,015625

Figura 3.1 Pesos binarios.

La Figura 3.1 muestra las potencias de dos y sus pesos decimales equivalentes para números enteros binarios de 8 bits y números binarios fraccionarios de 6 bits. Observa que, para cada potencia positiva de dos, el peso se duplica y para cada potencia negativa de dos, el peso se reduce a la mitad.

3.2.1. Conversión Binaria A Decimal

Sumando los pesos de todos los bits a 1 y descartando los pesos de todos los bits a 0 se puede encontrar el valor decimal de cualquier número binario.

Ejemplo 3.3: Convertir el número entero binario 1101101 a decimal.

Solución: Para obtener el número decimal, primero se calcula el peso de cada bit, que está a 1.

$$\begin{aligned} \text{Peso:} & \quad 2^6 \quad 2^5 \quad 2^4 \quad 2^3 \quad 2^2 \quad 2^1 \quad 2^0 \\ \text{Número binario:} & \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \\ 1101101 = & \quad 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 \\ = & \quad 64 + 32 + 8 + 4 + 1 = 109 \end{aligned}$$

3.2.2. Conversión Decimal A Binario

Ahora examinaremos dos métodos para convertir un número decimal en un número binario.

Método de la suma de peso:

Determinar el conjunto de pesos binarios cuya suma es igual al número decimal es una manera de encontrar el número binario equivalente a ese número decimal.

Ejemplo 3.4: Aplicando la suma de pesos convertir a binario los números:

(a) 12 (b) 25 (c) 58 (d) 82 **Solución:**

$$a) 12 = 8 + 4 = 2^3 + 2^2 \rightarrow 1100$$

$$b) 25 = 16 + 8 + 1 = 2^4 + 2^3 + 2^0 \rightarrow 11001$$

$$c) 58 = 32 + 16 + 8 + 2 = 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^1 \rightarrow 111010$$

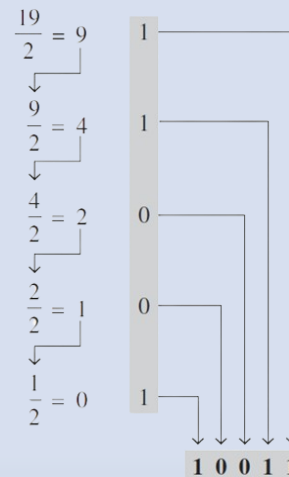
$$d) 82 = 64 + 16 + 2 = 2^6 + 2^4 + 2^1 \rightarrow 1010010$$

Método de la división sucesiva por 2:

La división sucesiva por dos es un método sistemático para convertir números enteros decimales a binarios.

Ejemplo 3.5: Convertir a binario el siguiente número decimal: 19

Solución:



3.3. Sistema Hexadecimal



INTRODUCCIÓN

El sistema de numeración hexadecimal consta de dieciséis caracteres y se utiliza principalmente para representar o escribir números binarios de manera simplificada. Esto se debe al hecho de que la conversión entre binario y hexadecimal es muy simple. Como probablemente haya notado, los números binarios largos pueden ser difíciles de leer y escribir porque un bit puede ser omitido o transpuesto fácilmente. Debido a que las computadoras y los microprocesadores solo comprenden los 1s y los 0s, al programar en "lenguaje máquina" es necesario usar estos dígitos.

El sistema hexadecimal está formado por dieciséis caracteres numéricos y alfabéticos, lo que significa que es un sistema en base dieciséis. Como se muestra en la Figura 3.1, la mayoría de los sistemas digitales procesan grupos de datos binarios que son múltiplos de cuatro bits, lo que hace al número hexadecimal muy apropiado.

El sistema de numeración hexadecimal consta de diez dígitos numéricos y seis caracteres

alfabéticos. Al principio, puede parecer extraño que las letras A, B, C, D, E y F se usen para representar números. Sin embargo, tenga en cuenta que cualquier sistema de numeración es solo un conjunto de símbolos secuenciales.

Decimal	Binario	Hexadecimal
		1
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Tabla 3.1 Sistema Hexadecimal

3.3.1. Conversión Binario-Hexadecimal

La conversión de un número binario a un número hexadecimal es bastante simple. Consiste en dividir un número binario en grupos de



cuatro bits, comenzando por el bit más a la derecha, y luego reemplazar su equivalente hexadecimal para cada grupo de cuatro bits.

Ejemplo 3.6: Convertir a hexadecimal los números binarios:

(a) 1100101001010111

(b) 111111000101101001

Solución:

(a) $\begin{array}{cccc} 1100 & 1010 & 0101 & 0111 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ C & A & 5 & 7 \end{array} = CA57_{16}$

(b) $\begin{array}{ccccc} 0011 & 1111 & 0001 & 0110 & 1001 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 3 & F & 1 & 6 & 9 \end{array} = 3F169_{16}$

Para completar el grupo de cuatro bits de la izquierda, en el ejercicio (b) se agregaron dos ceros.

3.3.2. Conversión Hexadecimal-Binario

El proceso inverso se utiliza para convertir un número hexadecimal en un número binario, reemplazando cada símbolo hexadecimal por el grupo de cuatro bits correspondiente.

Ejemplo 3.7: Determinar los números binarios correspondientes a los siguientes números hexadecimales:

(a) $10A4_{16}$

(b) $CF8E_{16}$

Solución:

(a) $\begin{array}{cccc} 1 & 0 & A & 4 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 1 & 0000 & 1010 & 0100 \end{array}$

(b) $\begin{array}{cccc} C & F & 8 & E \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 1100 & 1111 & 1000 & 1110 \end{array}$

En el apartado (a), el MSB se entiende que tiene tres ceros delante del 1 para formar un grupo de 4 bits.

3.3.3. Conversión Hexadecimal-Decimal

Una forma de encontrar el equivalente decimal de un número hexadecimal es convertirlo primero a binario y luego a decimal.

Ejemplo 3.8: Convertir los siguientes números hexadecimales a decimal:

(a) $1C_{16}$

(b) $A85_{16}$

Solución: Recuerde que primero se hace la conversión del número hexadecimal a binario y luego a decimal.

(a) $\begin{array}{cc} 1 & C \\ \downarrow & \downarrow \\ 0001 & 1100 \end{array} = 2^4 + 2^3 + 2^2 = 16 + 8 + 4 = 28_{10}$

(b) $\begin{array}{ccc} A & 8 & 5 \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 1010 & 1000 & 0101 \end{array} = 2^{11} + 2^9 + 2^7 + 2^6 + 2^5 = 2048 + 512 + 128 + 4 + 1 = 2693_{10}$

3.3.4. Conversión Decimal-Hexadecimal

Se obtiene dividiendo un número decimal por 16 para obtener los restos de las divisiones. El dígito menos significativo (LSD) es el primer resto producido. Cada división de 16 dará un resto que será un dígito del número hexadecimal correspondiente.

Ejemplo 3.9: Convertir el número decimal 650 en hexadecimal mediante el método de la división sucesiva por 16.

Solución:

Resto hexadecimal

$\frac{650}{16} = 40,625 \rightarrow 0,625 \times 16 = 10 = A$	
$\frac{40}{16} = 2,5 \rightarrow 0,5 \times 16 = 8 =$	
$\frac{2}{16} = 0,125 \rightarrow 0,125 \times 16 = 2 =$	
Parar cuando la parte entera del cociente sea cero.	



3.4. Sistema Octal



INTRODUCCIÓN

El sistema octal, al igual que el hexadecimal, ofrece una forma conveniente de expresar códigos y números binarios. Sin embargo, se utiliza con menos frecuencia que el sistema hexadecimal para representar magnitudes binarias en entradas y salidas de computadoras y microprocesadores.

Los dígitos 8 y 9 no se usan para contar en octal, pero otros son iguales. El subíndice 8 representará un número octal para diferenciarlos de los números decimales y hexadecimales.

3.4.1. Conversión Octal-Decimal

Cada dígito en el sistema octal representa una potencia de ocho, comenzando con el dígito más a la derecha, que equivale a 8^0 . Para convertir un número octal a su equivalente decimal, multiplicar cada dígito por su valor de posición correspondiente y luego sumar los resultados.

EJEMPLO 3.10: Determinar el número decimal correspondiente al siguiente número octal:

(a) 2374_8

Solución:

$$\begin{aligned} \text{Peso:} & \quad 8^3 \ 8^2 \ 8^1 \ 8^0 \\ \text{Número octal:} & \quad 2 \ 3 \ 7 \ 4 \\ 2374_8 &= (2 \times 8^3) + (3 \times 8^2) + (7 \times 8^1) + (4 \times 8^0) \\ 2374_8 &= (2 \times 512) + (3 \times 64) + (7 \times 8) + (4 \times 1) \\ 2374_8 &= 1024 + 192 + 56 + 4 = 2374_8 \end{aligned}$$

3.4.2. Conversión Decimal-Octal

El método de división sucesiva por 8 para convertir un número decimal a uno octal es similar al proceso para convertir números decimales a binarios o hexadecimales.

Ejemplo 3.11: Determinar el número octal correspondiente al siguiente número decimal:

(a) 395

Solución:

$$\begin{array}{rcl} 395 & & \text{Resto} \\ \div 8 & = 49,375 \rightarrow 0,375 \times 8 = 3 & \\ \downarrow & & \\ 49 & & \\ \div 8 & = 6,125 \rightarrow 0,125 \times 8 = 1 & \\ \downarrow & & \\ 6 & & \\ \div 8 & = 0,75 \rightarrow 0,75 \times 8 = 6 & \\ \downarrow & & \\ 0 & & \end{array}$$

Parar cuando el cociente de la parte entera sea cero

MSD $\rightarrow$ 6 1 3 $\leftarrow$ LSD

Número octal



CUESTIONARIO UNIDAD III



CUESTIONARIO UNIDAD III

¿Qué potencia representa el dígito 5 en el número octal 753?

- A. Sesenta y cuatro
- B. Ocho
- C. Unidades
- D. Doscientos cincuenta y seis

¿Cuántos dígitos se utilizan en el sistema de numeración octal?

- A. 12
- B. 10
- C. 8
- D. 6

¿Cuál es la característica principal del sistema hexadecimal en informática?

- A. Representación de bytes
- B. Representación de bits
- C. Representación de kilobytes
- D. Representación de megabytes

En el sistema decimal, ¿qué representa el dígito 7 en el número 753?

- A. Millares
- B. Centenas
- C. Decenas
- D. Unidades

¿Cuál es la relación entre la posición de un dígito y su valor en el sistema binario?

- A. Potencia de dos
- B. Potencia de cinco
- C. Potencia de diez
- D. Potencia de quince

¿Cuántos dígitos componen el sistema de numeración decimal?

- A. 16



- B. 10
- C. 8
- D. 5

¿Qué sistema de numeración requiere menos dígitos para representar un número en comparación con los demás?

- A. Hexadecimal
- B. Octal
- C. Binario
- D. Decimal

¿Cuántos dígitos tiene el sistema de numeración binario?

- A. 8
- B. 16
- C. 4
- D. 2

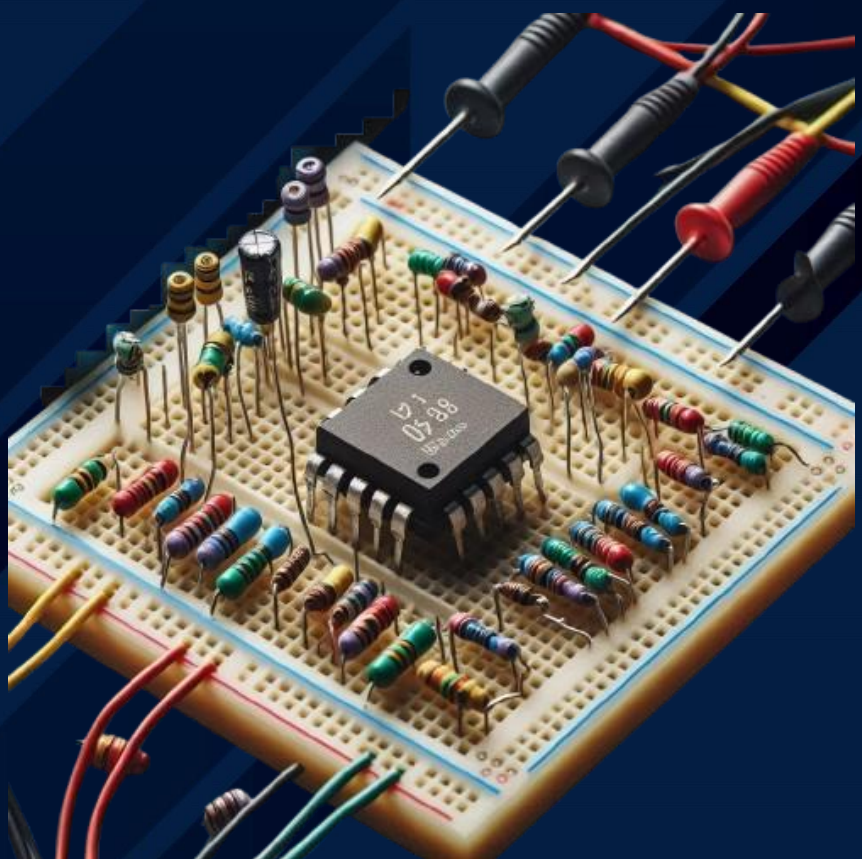
¿Cuántos dígitos conforman el sistema de numeración hexadecimal?

- A. 8
- B. 10
- C. 16
- D. 20

¿Qué valor representa el dígito F en el número hexadecimal 2F3A?

- A. Dieciséis
- B. Cuatro mil ciento ochenta y seis
- C. Unidades
- D. Doscientos cincuenta y seis

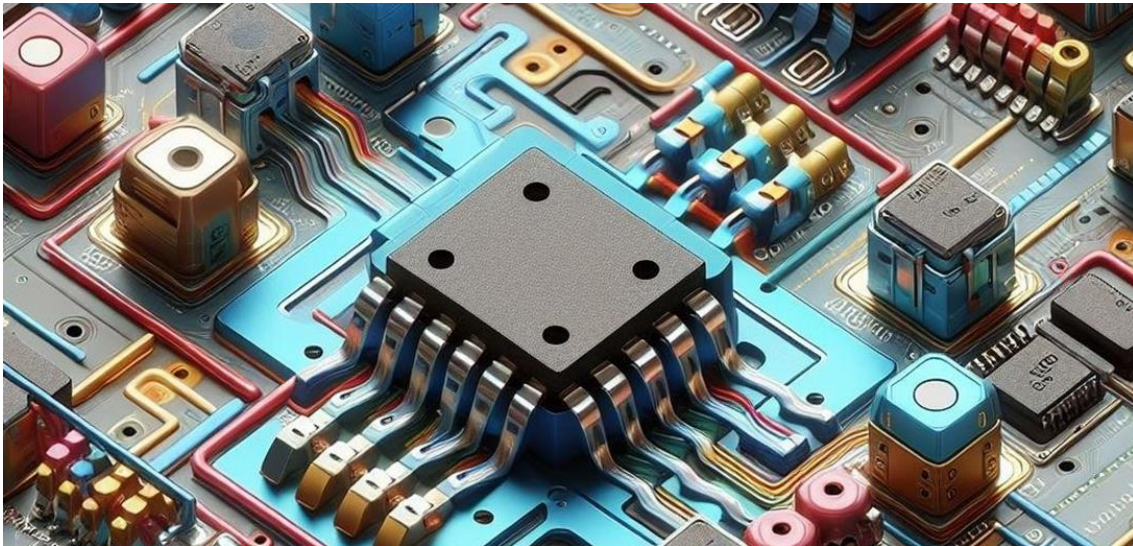
04



COMPUERTAS LÓGICAS

UNIDAD CUATRO

COMPUERTAS LÓGICAS



4.1. Introducción

Las compuertas lógicas, que son dispositivos electrónicos fundamentales en la electrónica digital, realizan operaciones lógicas básicas mediante señales binarias (0 y 1). Se utilizan para manipular y procesar información digital en computadoras y sistemas electrónicos.

COMPUERTAS FUNDAMENTALES

Estas operaciones lógicas son cruciales para el diseño y funcionamiento de circuitos digitales, ya que permiten la manipulación de datos y la toma de decisiones basadas en condiciones lógicas. Por ejemplo, solo cuando todas sus entradas están en estado alto (1), una compuerta AND produce una salida alta (1), mientras que una compuerta OR produce una salida alta (1) cuando al menos

una de sus entradas está en estado alto (1). Por otro lado, una compuerta NOT (inversora) produce una salida opuesta a su entrada.

Los circuitos digitales que utilizan compuertas lógicas incluyen procesadores, memorias, dispositivos de entrada/salida y una variedad de aplicaciones electrónicas, incluidos sistemas embebidos, redes de comunicación y control automático. En resumen, las compuertas lógicas son partes importantes de la electrónica digital que permiten realizar operaciones lógicas básicas para el procesamiento de información binaria.

4.1.1. Función Lógica

Una variable binaria es una función lógica cuyo estado está determinado por otras variables binarias relacionadas a través de operaciones lógicas.

$$f = A B C$$



4.1.2. Expresión Lógica

El uso del álgebra de Boole para representar matemáticamente una función lógica implica la aparición de variables binarias que están relacionadas mediante operaciones lógicas. Como ejemplo:

$$f = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC$$

Estas expresiones en el álgebra de Boole representan circuitos físicos, a diferencia de las expresiones matemáticas clásicas.

Un circuito de ejemplo que ilustra estas ideas se encuentra en la Figura 4.1. La función lógica es el estado de la lámpara, representado por L. La expresión lógica de esta función en álgebra es:

$$L = A(B + C)$$

4.1.3. Tabla De Verdad

El estado lógico que asume una función para cada una de las combinaciones de variables como resultado de todas las operaciones lógicas se representa gráficamente en una tabla de verdad.

La tabla de verdad también proporciona el estado que asume la función (lámpara encendida o apagada) para todas las combinaciones posibles entre los tres interruptores.

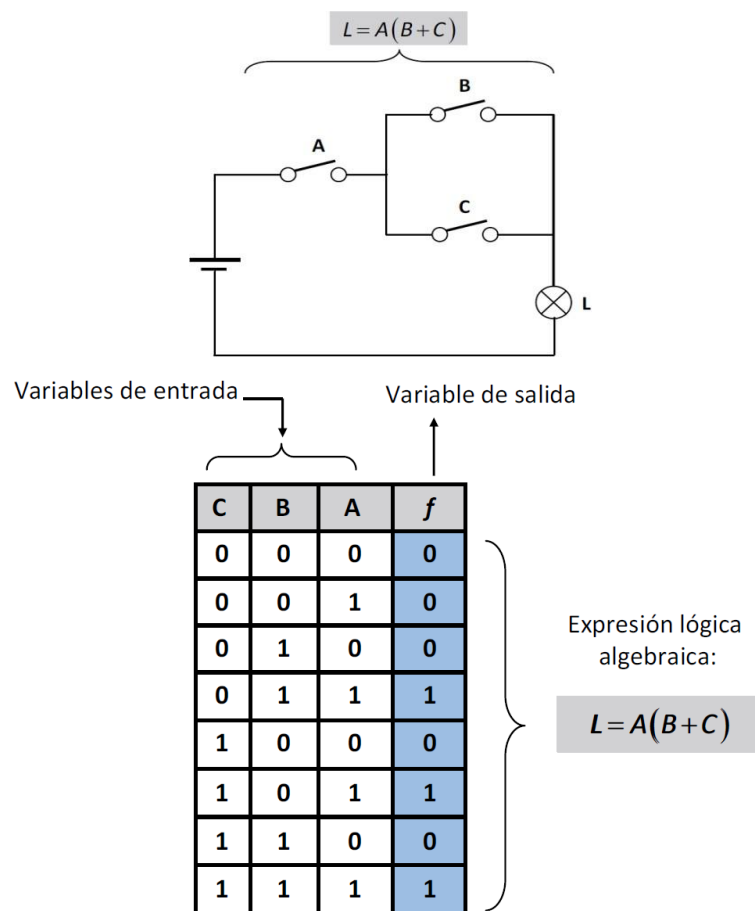


Figura 4.1 Un circuito lógico con contactos, como interruptores, ejecuta la función lógica representada en la tabla de verdad.

4.2. Compuerta AND



INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes más importantes utilizados en la construcción de todas las funciones lógicas es la puerta lógica AND. Una puerta AND puede recibir dos o más entradas y realizar la operación de multiplicación lógica.

Un circuito que realiza una operación lógica básica se denomina "puerta". Por ejemplo, una puerta AND tiene dos o más entradas y una sola salida, como lo muestran los símbolos lógicos estándar de la Figura 4.2.

Las entradas en cada uno de estos símbolos están ubicadas a la izquierda y las salidas a la derecha. Es importante destacar que, aunque en la figura se muestran puertas con dos entradas, una puerta AND puede tener cualquier número de entradas mayor a dos.

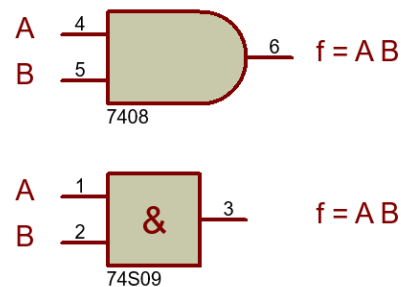


Figura 4.2 Símbolos puerta AND con dos entradas

La operación producto lógico es realizada por la función AND. Su expresión lógica es:

$$f = A B$$

4.2.1. Funcionamiento De La Puerta AND

Solo cuando todas las entradas están en nivel ALTO, la puerta AND genera una salida en nivel ALTO. Si alguna de las entradas está en nivel BAJO, la salida también lo está. Como resultado, el objetivo principal de una puerta AND es identificar simultáneamente cuándo ciertas condiciones de entrada son verdaderas, es decir, cuando todas sus entradas están en nivel ALTO, y luego generar una salida en nivel

ALTO para indicar que esas condiciones son verdaderas. La Figura 4.3 muestra una puerta AND de 2 entradas con las cuatro combinaciones de entrada posibles y sus respectivos resultados.

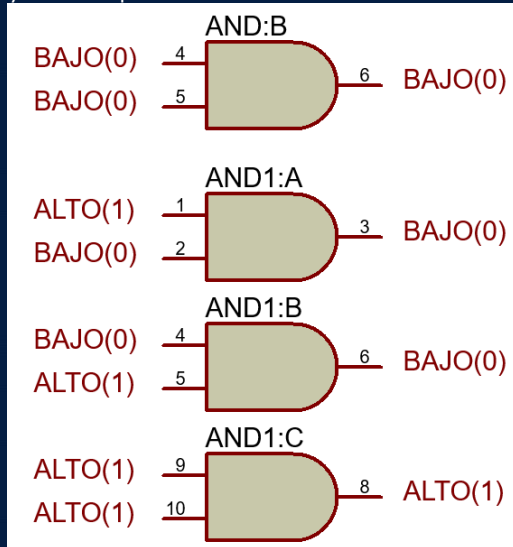


Figura 4.3 Niveles lógicos para una puerta AND

4.2.2. Tabla De Verdad De La Puerta And

Como se muestra en la Tabla 4.1 para una puerta AND de dos entradas, una tabla de verdad puede ser utilizada para mostrar la función lógica de una puerta, donde se detallan todas las combinaciones de entrada junto con sus respectivas salidas.

Esta tabla se puede ampliar para incluir cualquier cantidad de entradas que desee. Aunque los términos "nivel ALTO" y "nivel BAJO" brindan un contexto físico a los estados de entrada y salida, los símbolos 1 y 0 se utilizan para presentar la tabla de verdad, ya que un nivel ALTO corresponde a 1, mientras que un nivel BAJO se asocia con 0 en la lógica positiva. La única condición para que la salida de cualquier puerta AND, sin importar la

cantidad de entradas, sea de nivel ALTO es que todas las entradas sean de nivel ALTO.

ENTRADAS		SALIDAS
A	B	f
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1
1= ALTO, 0=BAJO		

Tabla 4.1 Tabla de verdad puerta AND.

La siguiente fórmula sirve para calcular el número total de combinaciones posibles de entradas binarias para una puerta:

$$N = 2^n$$

donde N es el número de posibles combinaciones de entrada y n es el número de variables de entrada:

Ejemplo 4.1:

Desarrollar la tabla de verdad de una puerta AND de 3 entradas.

Solución:

Aplicando la formula existen ocho posibles combinaciones de entrada ($2^3 = 8$). La Tabla 4.2 muestra las ocho combinaciones de tres bits de entrada. Si los tres bits de entrada son 1, la salida siempre será uno.

ENTRADAS			SALIDAS
A	B	C	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Tabla 4.2 Tabla de verdad del ejercicio 4.1

Ejemplo 4.2:

Simular un circuito lógico que utilice una compuerta AND de dos entradas, demostrando el comportamiento de la compuerta al recibir distintas combinaciones de señales de entrada, y visualizar el resultado mediante un LED que se encenderá solo cuando ambas entradas estén en estado alto (1).

Solución:

Observa en la figura 4.3 que el LED solo se enciende cuando ambas entradas (A y B) están en estado alto (1). Esto confirma que la compuerta AND requiere que ambas entradas sean verdaderas para producir una salida verdadera.

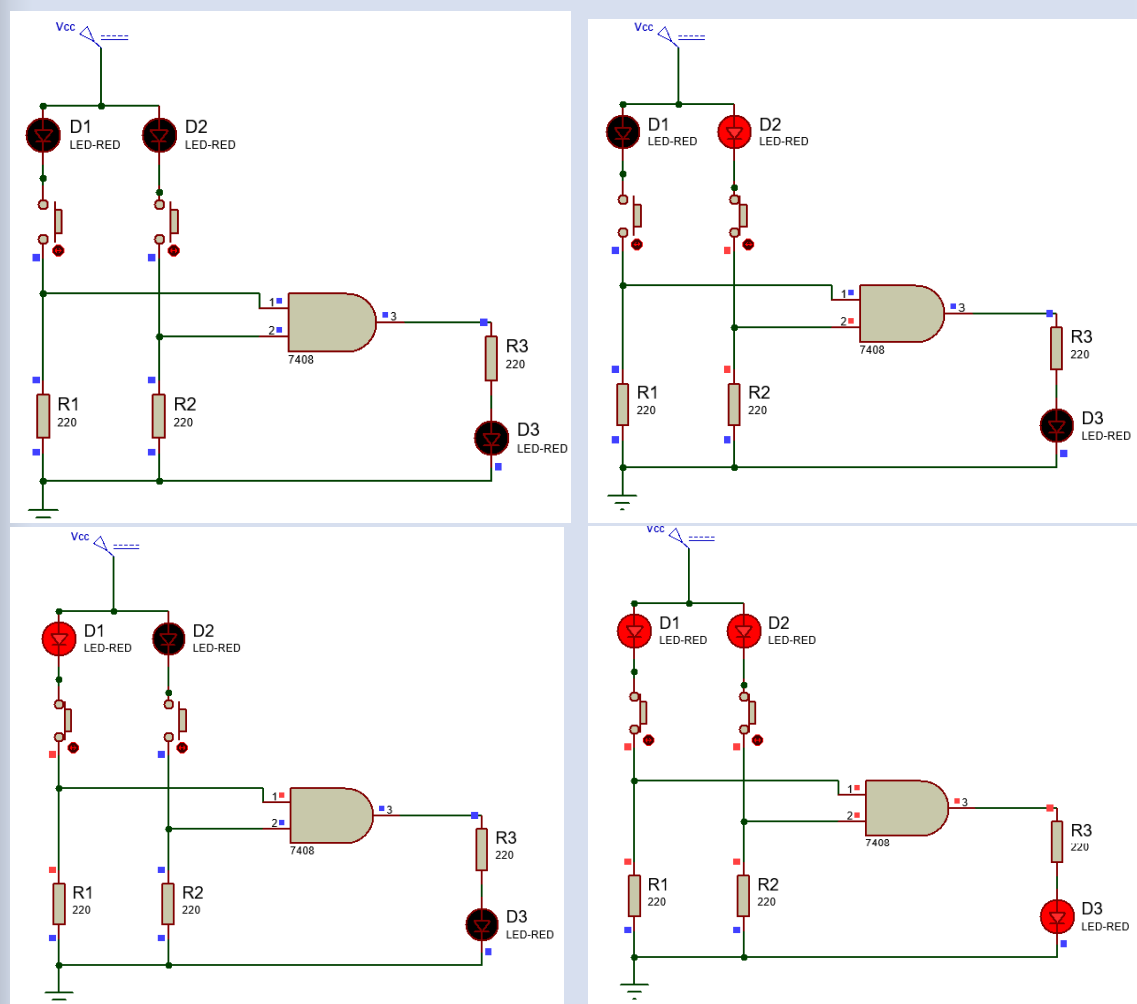
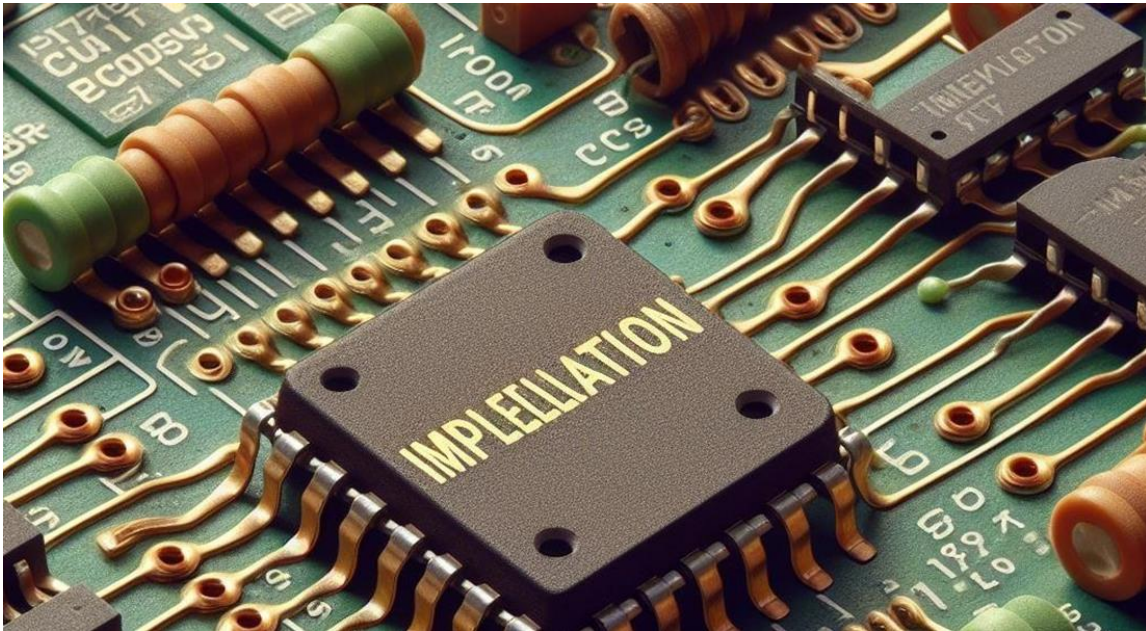


Figura 4.3 Simulación de la compuerta AND.

4.3. Compuerta OR



INTRODUCCIÓN

La Otra de los componentes fundamentales utilizados para construir todas las funciones lógicas es la puerta OR. Una puerta OR puede tener dos o más entradas y realizar la operación de suma lógica.

Las puertas OR tienen dos o más entradas y una salida, como se muestra con los símbolos lógicos estándar, como se muestra en la Figura 4.4, donde se muestran puertas OR con dos entradas. Es importante tener en cuenta que una puerta OR puede tener cualquier número de entradas igual o mayor que dos.

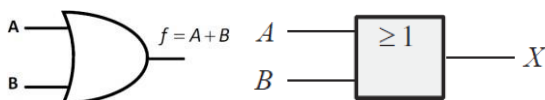


Figura 4.4 Símbolos lógicos estándar de la puerta OR con dos entradas

La función OR realiza la operación suma lógica. Su expresión lógica es:

$$f = A + B$$

4.3.1. Funcionamiento De La Puerta OR

Una puerta OR funciona para producir una salida de nivel ALTO cuando al menos una de sus entradas es de nivel ALTO. Solo cuando todas las entradas están en nivel BAJO se establece la salida en nivel BAJO. Como resultado, la función de una puerta OR es determinar si una o más de sus entradas están en nivel ALTO y generar una salida en nivel ALTO para indicar esta condición.

El nivel de salida activo o verdadero de la puerta OR se representa con el nivel ALTO. La Figura 4.5 muestra las cuatro combinaciones de entrada posibles para una puerta OR de dos entradas.

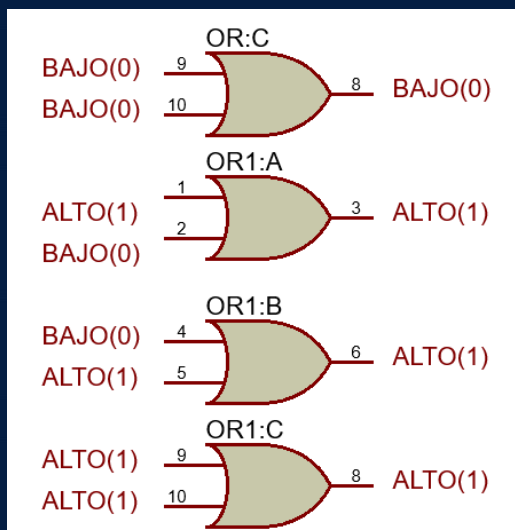


Figura 4.5 Niveles lógicos para una puerta OR.

4.3.2. Tabla De Verdad De Una Puerta OR

La Tabla 4.3 contiene información detallada sobre el funcionamiento lógico de una puerta OR de dos entradas. Esta tabla de verdad se puede ampliar para incluir cualquier cantidad de entradas; sin importar la cantidad de entradas, siempre que al menos una de las entradas sea un nivel ALTO, la salida será un nivel ALTO.

ENTRADAS		SALIDAS
A	B	f
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1
1= ALTO, 0=BAJO		

Tabla 4.3 Tabla de verdad de una puerta OR

Circuito Integrado

Un circuito integrado que incorpora puertas OR lógicas es el 7432.

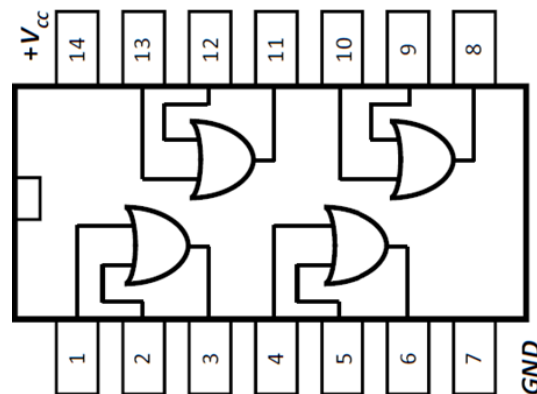


Figura 4.6 Circuito integrado con puertas lógicas OR.

Ejemplo 4.3:

Desarrollar la tabla de verdad de una puerta OR de 3 entradas.

Solución:

Aplicando la formula se obtiene ocho posibles combinaciones de entrada ($2^3 = 8$). La salida es siempre 1, excepto cuando los tres bits de entrada son 0.

ENTRADAS			SALIDAS
A	B	C	f
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Tabla 4.4 Tabla de verdad del ejercicio 4.4

Ejemplo 4.4:

Simular un circuito lógico que utilice una compuerta OR de dos entradas, demostrando el comportamiento de la compuerta al recibir distintas combinaciones de señales de entrada, y visualizar el resultado mediante un LED que se apagará solo cuando ambas entradas estén en estado bajo (0).

Solución:

Observa en la figura 4.7 que el LED solo se enciende cuando ambas entradas (A y B) están en estado bajo (0). Esto confirma que la compuerta OR requiere que ambas entradas sean falsas para producir una salida falsa.

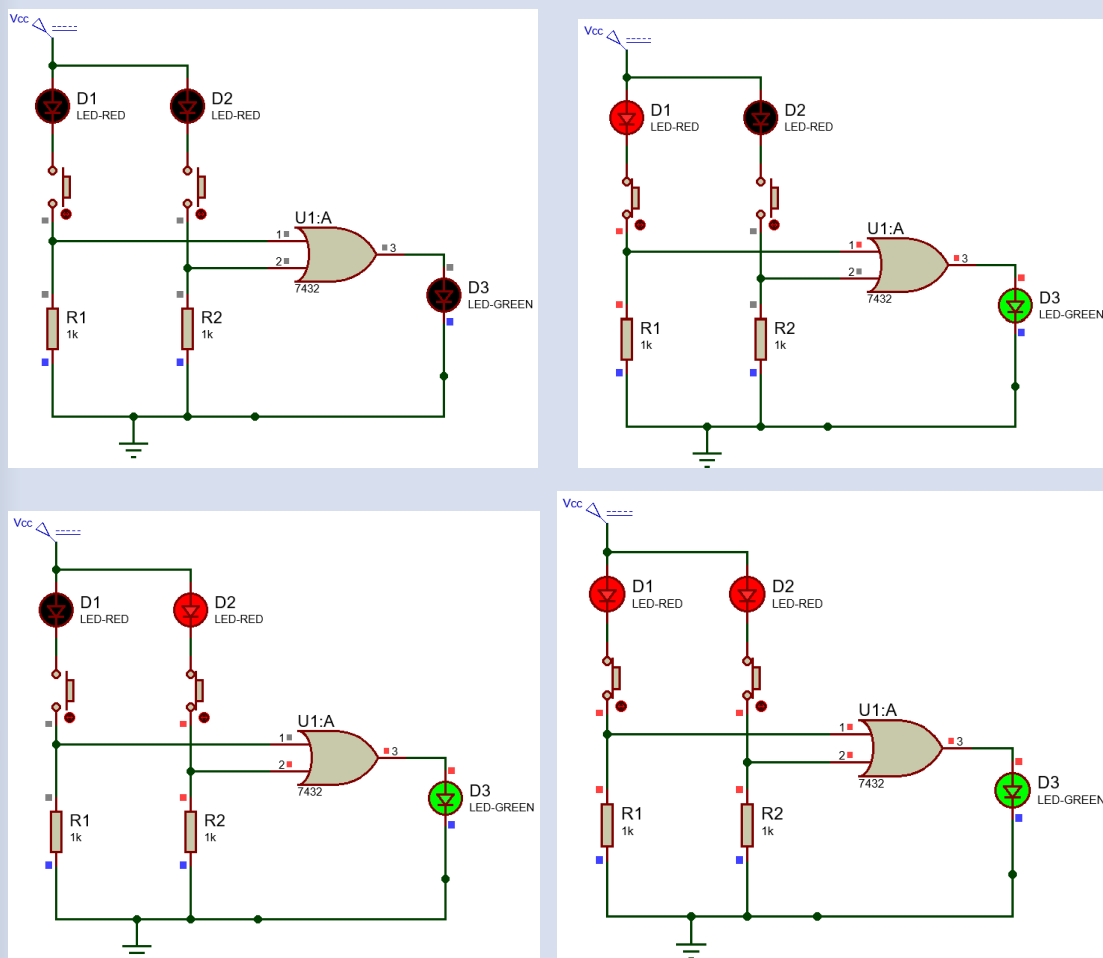


Figura 4.7 Simulación de la compuerta OR.

4.4. Compuerta NOT



INTRODUCCIÓN

La operación de inversión o complementación se lleva a cabo por el inversor, también conocido como circuito NOT. Esto implica pasar de un nivel lógico al nivel contrario. Un 1 se convierte en 0, mientras que un 0 se convierte en 1. Los símbolos lógicos comunes del inversor se muestran en la Figura 4.8. Los símbolos rectangulares y los símbolos distintivos están disponibles. Los símbolos rectangulares son comunes en las documentaciones de empresas.

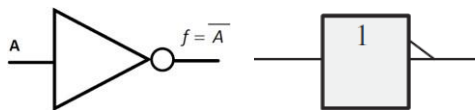


Figura 4.8 Símbolos de la puerta inversora

Cuando aparece en la entrada o en la salida de un elemento lógico, el indicador de negación es un "círculo" que indica inversión o complementación. Cuando aparece a la entrada o salida de un elemento lógico, el "triángulo" es un indicador de polaridad o de nivel.

Esta operación se aplica a una sola variable, y su expresión lógica es igual a la variable en cuestión, con una rayita encima.

$$f = \bar{A}$$

4.4.1. Tabla De Verdad Del Inversor

Un inversor recibe un nivel ALTO y su salida recibe un nivel BAJO. Sin embargo, cuando se proporciona un nivel BAJO a la entrada, su salida indica un nivel ALTO. La Tabla 4.5 muestra los resultados de cada posible entrada en términos de niveles y bits.

ENTRADA	SALIDA
A	f
0	1
1	0
1= ALTO,	0=BAJO

Tabla 4.5 Tabla de verdad del inversor.

Circuito Integrado

Un circuito integrado con inversores (7404)

Ejemplo 4.5:

Simular un circuito lógico que utilice una compuerta NOT, demostrando el comportamiento de la compuerta al recibir señales de entrada, se debería visualizar el resultado mediante un LED que se encenderá solo cuando la entrada esté en estado bajo (0) y viceversa.

Solución:

Observa en la figura 4.9 que el LED solo se enciende cuando la entrada (A) están en estado bajo (0). Esto confirma que la compuerta NOT pasa de un nivel lógico al nivel contrario.

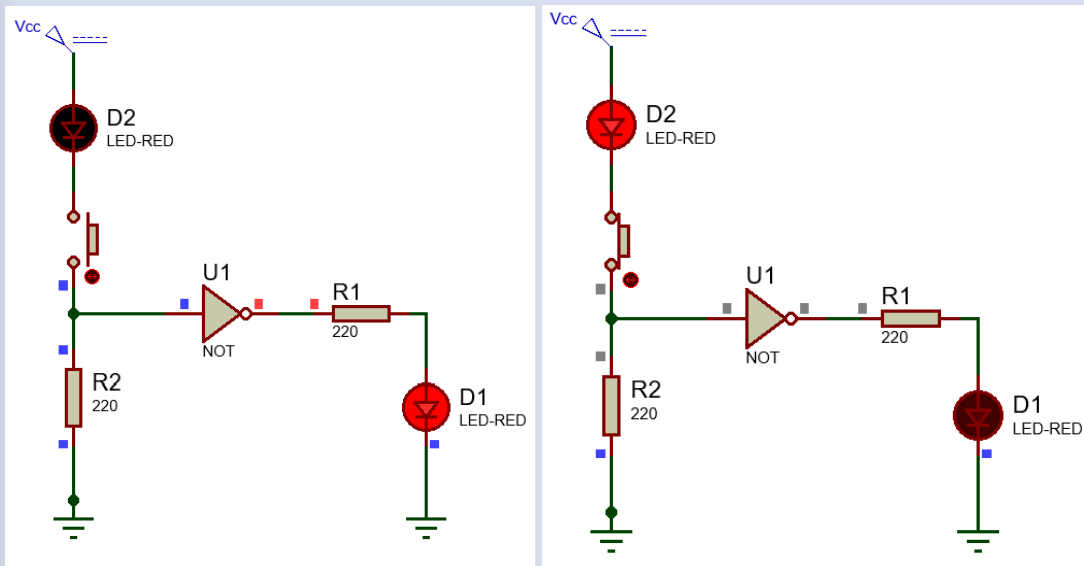


Figura 4.9 Simulación de la compuerta NOT

4.5. Compuerta NAND

INTRODUCCIÓN

Debido a su capacidad para funcionar como una puerta universal, la puerta NAND es un componente lógico ampliamente utilizado. Esto significa que las puertas NAND se pueden combinar para realizar las funciones de las puertas AND, OR e inversora.

La función lógica que implica una operación AND con una salida complementada o negada se representa con "NAND", que es una

abreviatura de "NOT-AND". La Figura 4.10 muestra el símbolo estándar para una puerta NAND de dos entradas, así como su equivalente, utilizando los símbolos de una puerta AND seguida de un inversor.

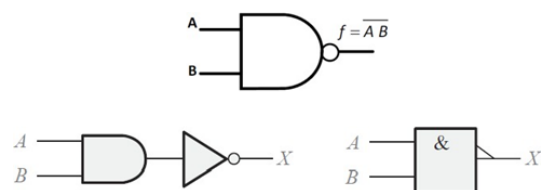


Figura 4.10 Símbolos de la puerta NAND



La función lógica NAND su expresión es:

$$f = \overline{AB}$$

CIRCUITO INTEGRADO

La Figura 4.11 muestra un circuito integrado con puertas lógicas NAND 7400.

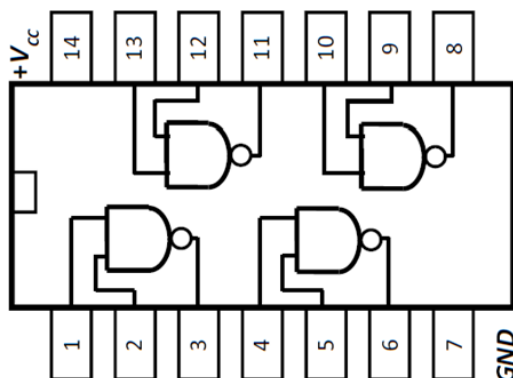


Figura 4.11 Circuito integrado con puertas lógicas NAND.

potenciales se muestra en la Figura 4.12.

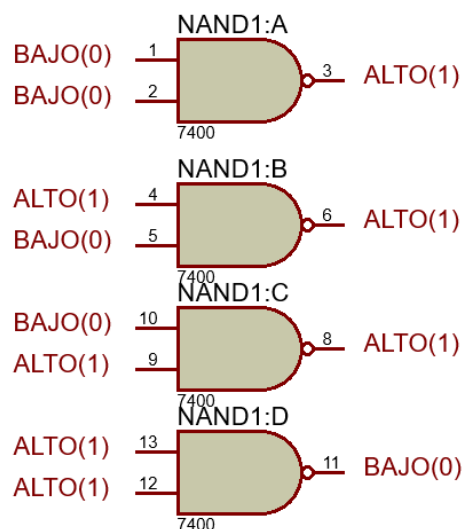


Figura 4.12 Funcionamiento de la puerta NAND de 2 entradas.

Tabla De Verdad Del NAND

ENTRADAS		SALIDAS
A	B	f
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0
1= ALTO,		0=BAJO

Tabla 4.6 Tabla de verdad de una puerta NAND de dos entradas.

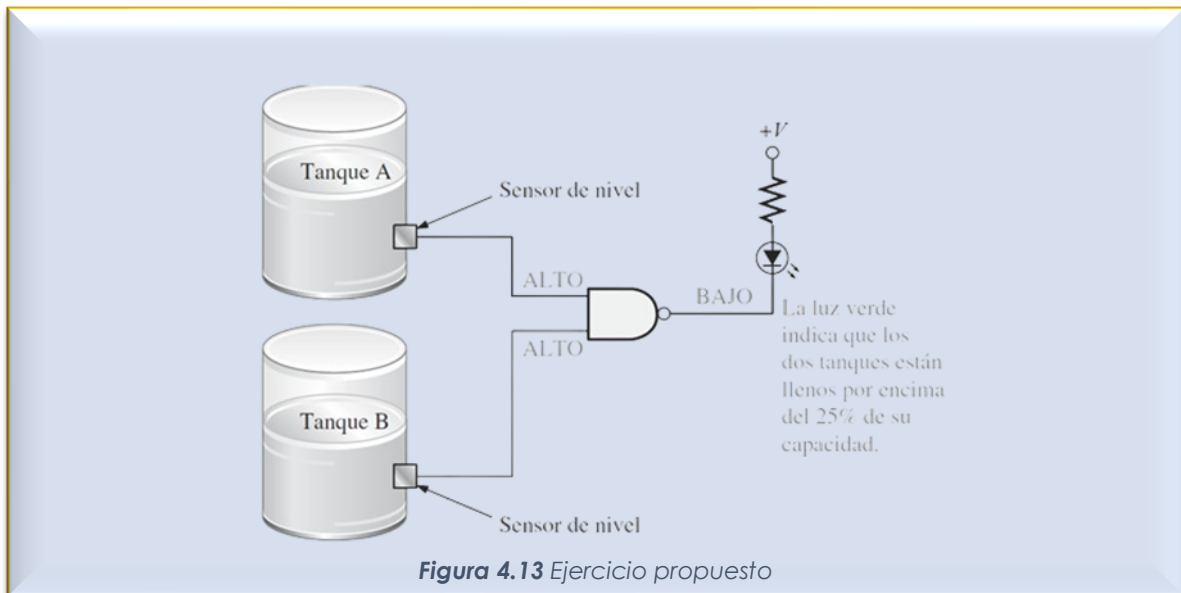
4.5.1. Funcionamiento De La Puerta NAND

La puerta NAND solo produce una salida a nivel BAJO cuando todas las entradas están a nivel ALTO. Cuando cualquiera de las entradas está a nivel BAJO, la salida estará a nivel ALTO. La operación lógica de una puerta NAND de dos entradas para las cuatro combinaciones

Ejemplo 4.6:

Una planta de fabricación tiene dos tanques para almacenar un líquido químico específico que se necesita para un proceso de fabricación. Cada tanque tiene un sensor que mide cuándo el nivel de líquido disminuye al 25% del total. Cuando los tanques están llenos por encima del 25%, los sensores generan una tensión de 5 V. El sensor produce un nivel de 0 V cuando el volumen de líquido del tanque cae por debajo del 25%. Un diodo emisor de luz verde (LED, diodo emisor de luz) es necesario en el panel indicador para indicar que el nivel de ambos tanques está por encima del 25%. Como se muestra, una puerta NAND puede implementar esta función.

Solución: La Figura 4.13 muestra una puerta NAND con dos entradas y una salida conectada a los sensores de nivel del tanque. Si el nivel del tanque A y el nivel del tanque B superan un cuarto del total, el LED se enciende.



Ejemplo 4.7:

Simular un circuito lógico que utilice una compuerta NAND de dos entradas, demostrando el comportamiento de la compuerta al recibir distintas combinaciones de señales de entrada, y visualizar el resultado mediante un LED.

Solución:

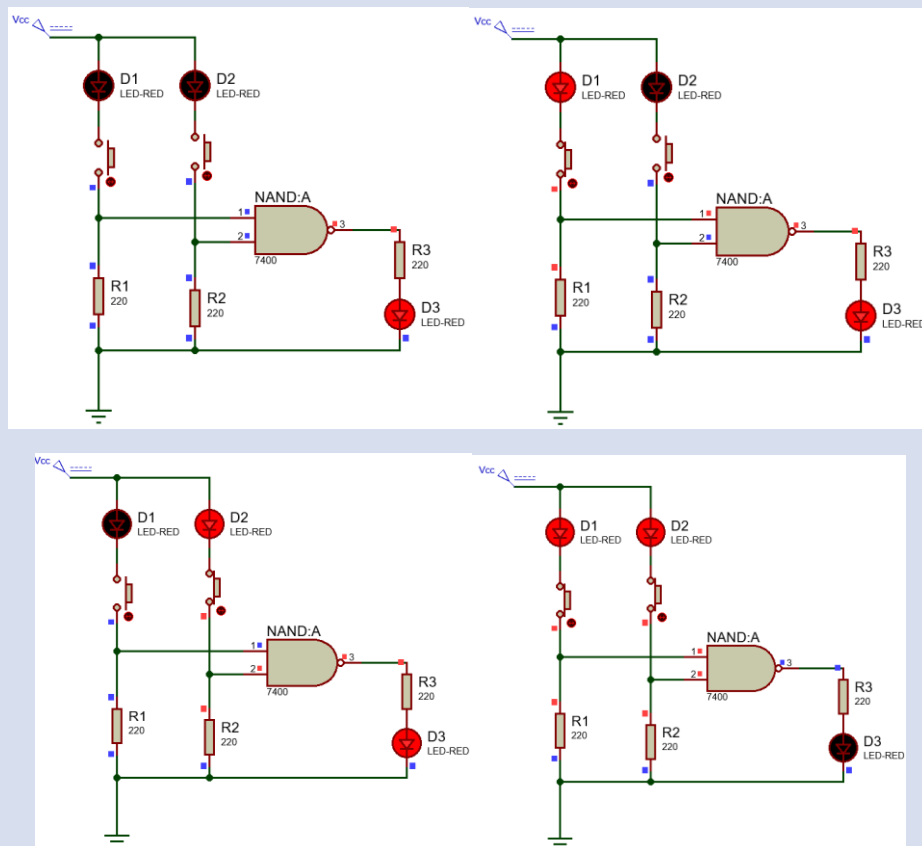
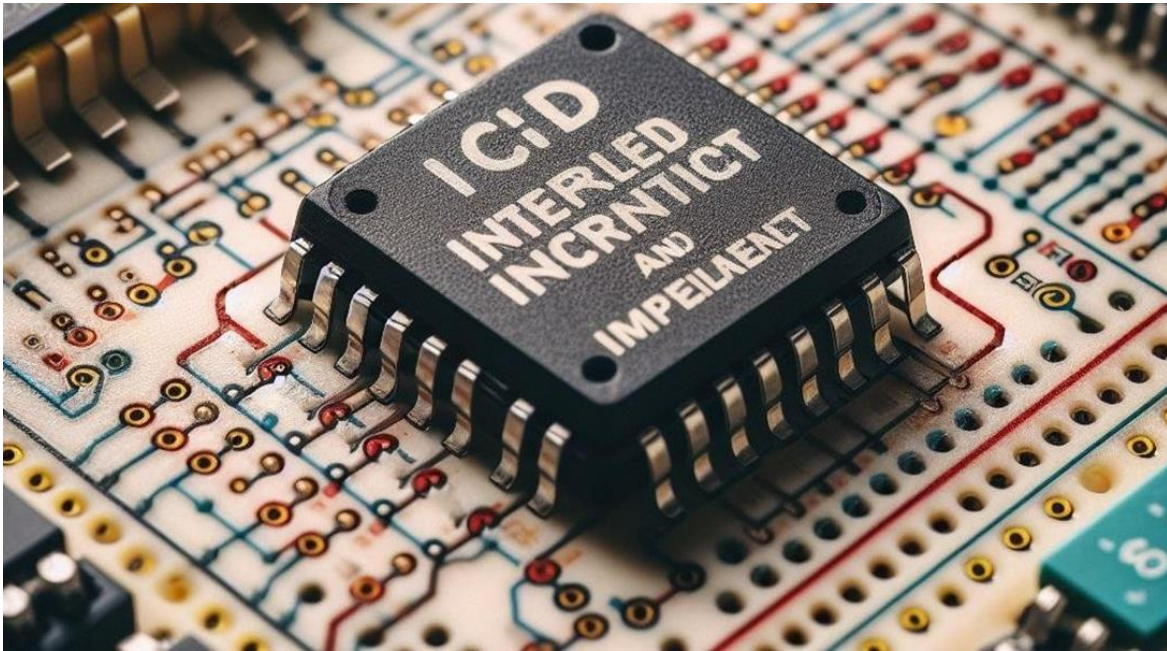


Figura 4.14 Simulación de la compuerta NAND.

4.6. Compuerta NOR



INTRODUCCIÓN

Al igual que la puerta NAND, la puerta NOR puede funcionar como una puerta universal, lo que la convierte en un componente lógico muy útil. Esto significa que las puertas NOR se pueden combinar para realizar las operaciones de las puertas AND, OR e inversor.

El término NOR es una contracción de NOT-OR y se refiere a una función OR que tiene la salida invertida. La Figura 4.15 muestra el símbolo lógico estándar para una puerta NOR de 2 entradas y su equivalente con símbolos de puerta OR después de un inversor y un símbolo rectangular.

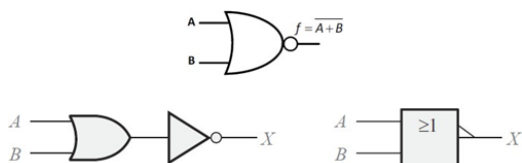


Figura 4.15 Símbolos lógicos estándar de la puerta NOR

La función NOR, que tiene negación, se obtiene a través de la puerta OR

con un inversor en la salida, por lo que su expresión es:

$$f = \overline{A + B}$$

Circuito Integrado

Un circuito integrado con Puertas lógicas NOR (7402) se muestra en la figura 4.16.

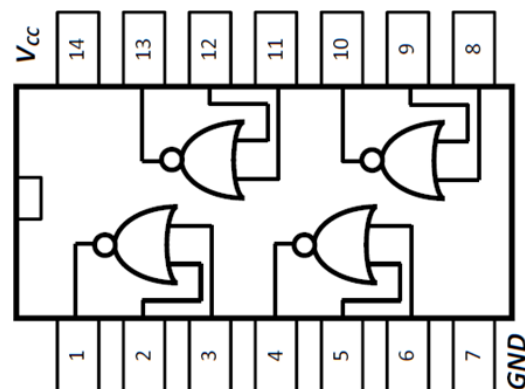


Figura 4.16 Circuito integrado con puertas lógicas NOR.

4.6.1. Funcionamiento De La Puerta NOR

Cuando cualquiera de sus entradas está a nivel ALTO, la puerta NOR

produce una salida a nivel BAJO. La salida solo se pondrá a nivel ALTO cuando todas sus entradas estén a nivel BAJO.

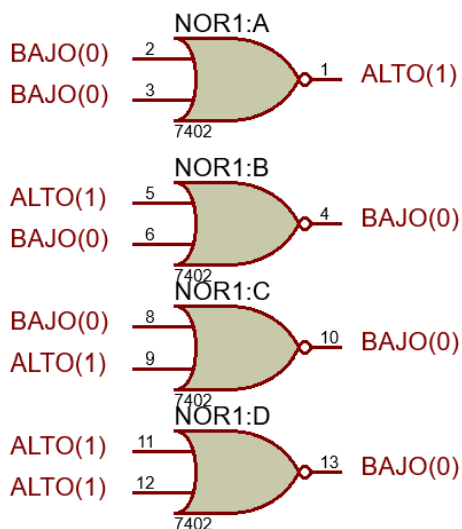


Figura 4.17 Funcionamiento de la puerta NOR de 2 entradas.

Esta acción genera un nivel de salida que es diferente al que produce la puerta OR. El nivel BAJO es el nivel activo o verdadero de salida en una puerta NOR, como lo muestra el círculo en la salida. La tabla 4.7 muestra el funcionamiento de una puerta NOR de dos entradas.

Tabla De Verdad Del NOR

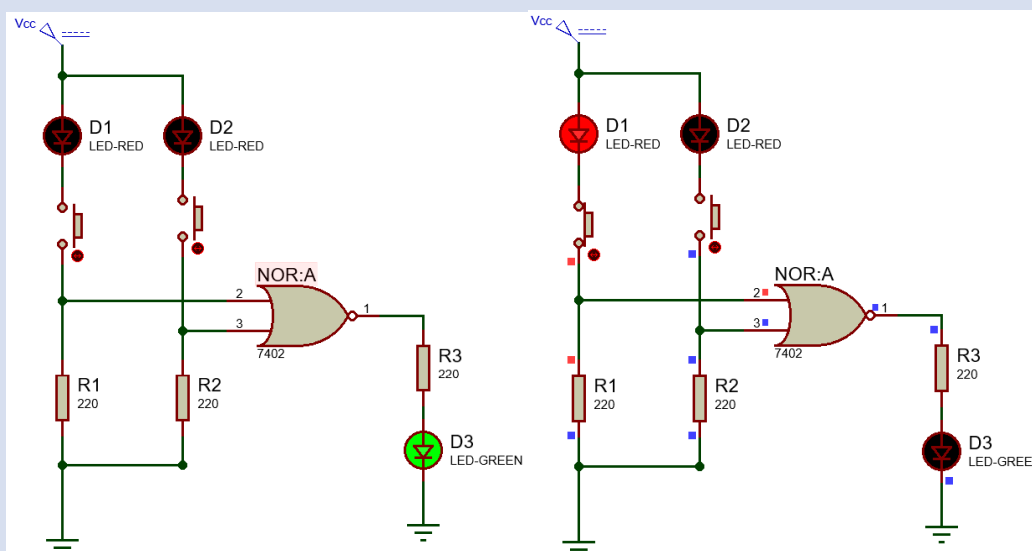
ENTRADAS		SALIDAS
A	B	f
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0
1= ALTO,		0=BAJO

Tabla 4.7 Tabla de verdad de una puerta NOR de dos entradas.

Ejemplo 4.8:

Simular un circuito lógico que utilice una compuerta NOR de dos entradas, demostrando el comportamiento de la compuerta al recibir distintas combinaciones de señales de entrada, y visualizar el resultado mediante un LED.

Solución:



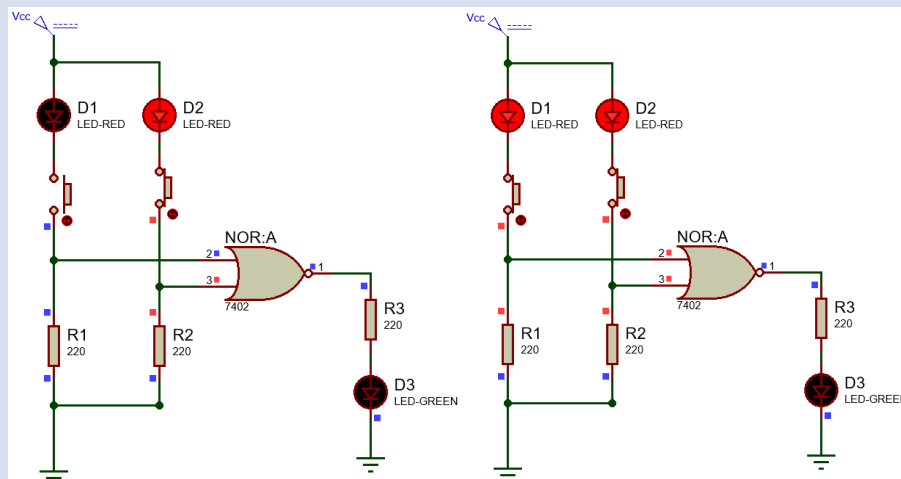


Figura 4.18 Simulación de la compuerta NOR.

Ejemplo 4.9:

Un circuito es necesario como parte del sistema de monitorización funcional de un avión para indicar el estado del tren de aterrizaje antes de tomar tierra. Cuando se activa el interruptor para "bajar el tren de aterrizaje", un LED verde se enciende si los tres mecanismos de aterrizaje están correctamente extendidos. Si cualquiera de los mecanismos falla al extenderse antes de aterrizar, un LED rojo se enciende. El sensor correspondiente produce una tensión a nivel BAJO cuando uno de los mecanismos se extiende. Su sensor produce una tensión a nivel ALTO cuando uno de los mecanismos del tren de aterrizaje se retrae. Implementar un circuito que satisfaga estas condiciones.

Solución: La alimentación del circuito se activa únicamente cuando se acciona el interruptor para bajar el tren de aterrizaje. Se emplean dos puertas NOR para cumplir con los requisitos, según se ilustra en la Figura 4.15. Cada puerta NOR actúa como una puerta negativa-AND, detectando un nivel bajo de los sensores de los mecanismos de aterrizaje. Cuando las tres entradas están en nivel bajo, indicando que las ruedas están extendidas correctamente, la salida es un nivel alto que enciende un LED verde. La otra puerta NOR verifica si alguna rueda no se ha desplegado; si esto ocurre, la salida en nivel bajo enciende un LED rojo de advertencia.

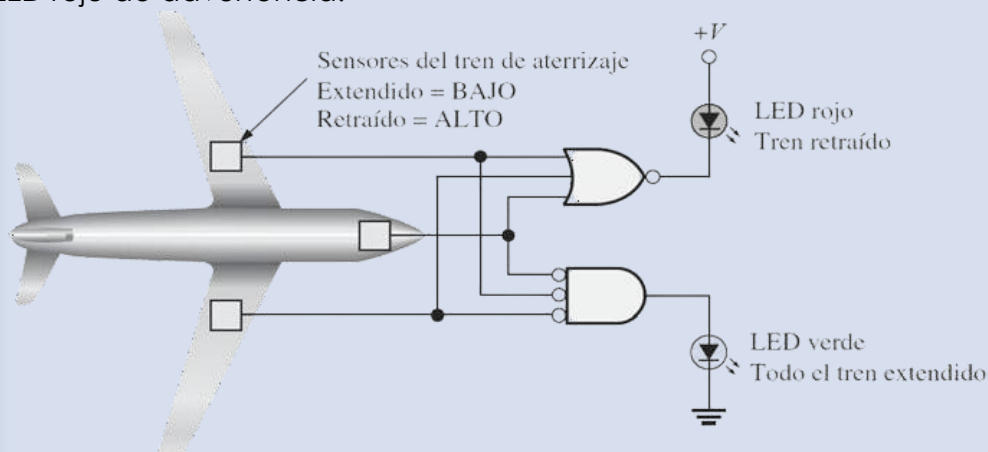
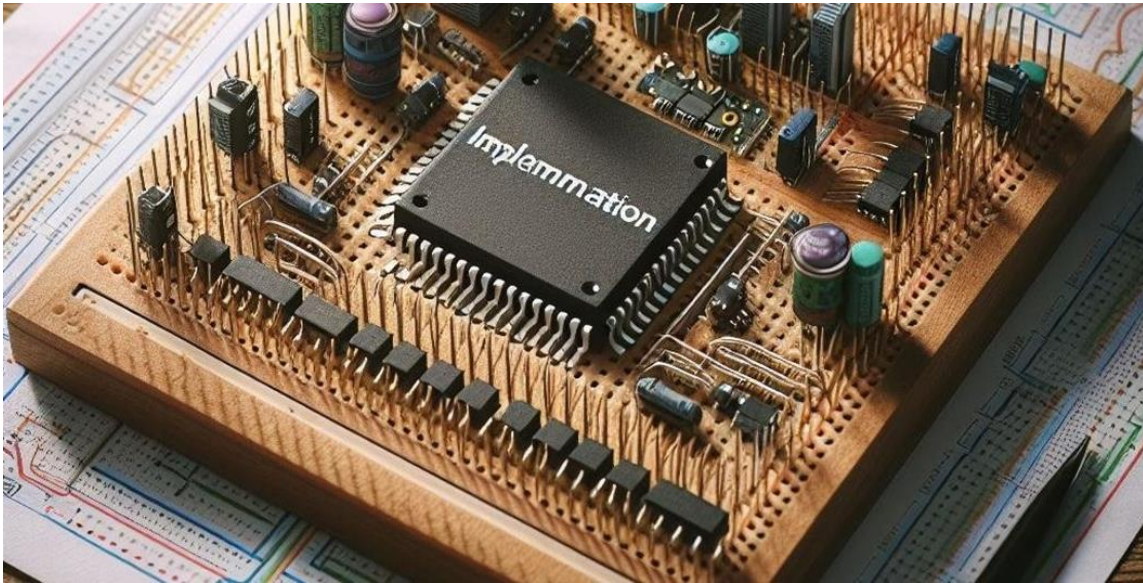


Figura 4.19 Diagrama del ejercicio

4.7. Compuerta XOR



Las puertas XOR, también conocidas como OR-exclusiva, se construyen combinando otras puertas lógicas previamente discutidas. No obstante, debido a su relevancia en diversas aplicaciones, se consideran elementos lógicos fundamentales con un símbolo propio y exclusivo.

En la Figura 4.20 se muestran los símbolos estándar para la puerta OR-exclusiva (XOR). La puerta XOR tiene sólo dos entradas.

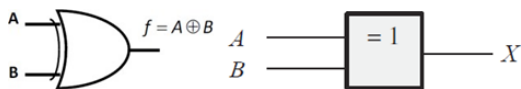


Figura 4.20 Símbolos de la puerta OR-exclusiva.

Circuito Integrado

Un circuito integrado con puertas lógicas EXOR (7486) se muestra en la figura 4.21.

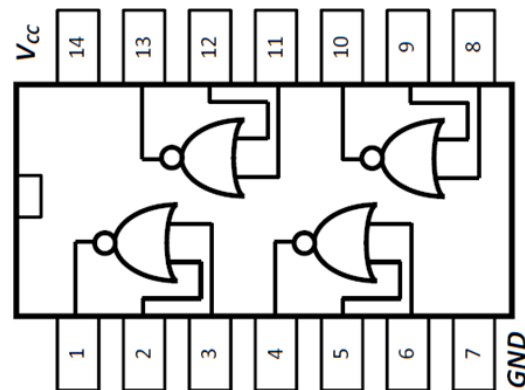


Figura 4.21 Circuito integrado con puertas lógicas EXOR.

4.7.1. Funcionamiento De La Puerta XOR

La puerta XOR genera una salida en nivel alto únicamente cuando sus dos entradas tienen niveles lógicos opuestos. Esto se puede describir con dos entradas, A y B, y una salida, F. La Figura 4.22 muestra las cuatro combinaciones posibles de entradas y sus correspondientes salidas en una puerta XOR. En esta operación, el nivel alto indica una salida activa o verdadera, que solo ocurre cuando las entradas son diferentes.

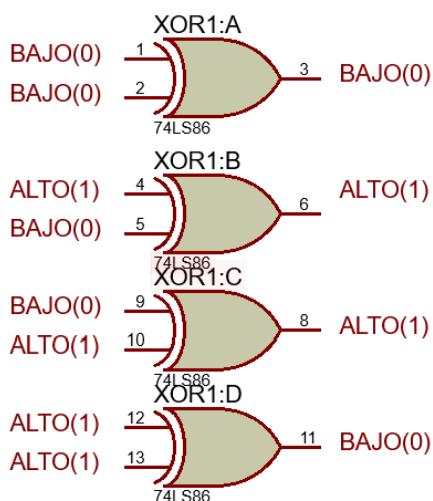


Figura 4.22 Niveles lógicos posibles para una puerta OR-exclusiva.

Tabla De Verdad Del XOR

ENTRADAS		SALIDAS
A	B	f
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0
1= ALTO,		0=BAJO

Tabla 4.8 Tabla de verdad de puerta XOR.

Ejemplo 4.10:

Un sistema consta de dos circuitos idénticos que operan en paralelo. Cuando ambos circuitos funcionan correctamente, sus salidas son iguales. Sin embargo, si uno de los circuitos falla, las salidas se vuelven opuestas en ese momento. Se requiere establecer un método para detectar cuándo ocurre un fallo en uno de los circuitos.

Solución: Las salidas de los dos circuitos se conectan a las entradas de una puerta XOR, como se ilustra en la Figura 4.23. Si ocurre un fallo en alguno de los circuitos, las entradas de la puerta XOR tendrán niveles opuestos, lo que genera un nivel alto en la salida de la puerta. Este nivel alto indica que uno de los circuitos ha fallado.

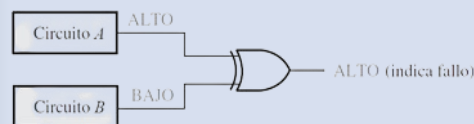
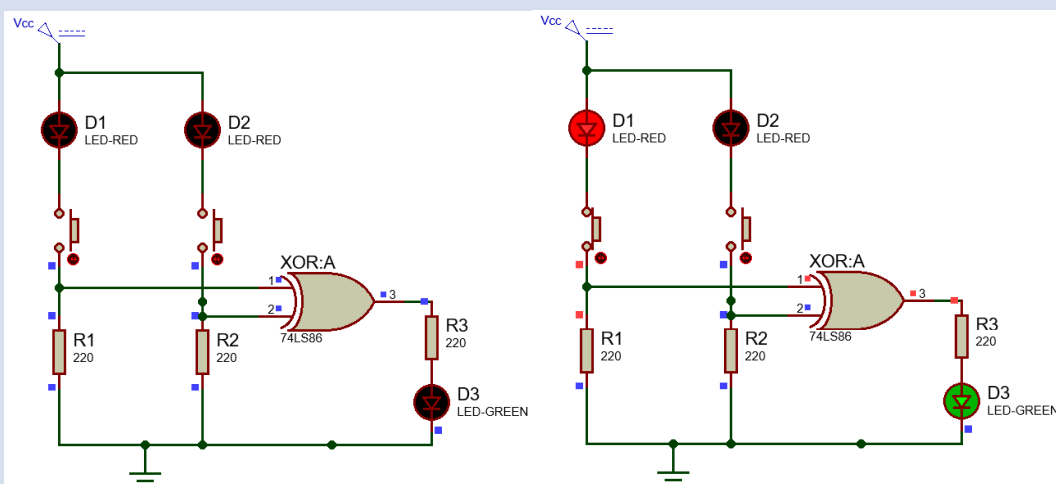


Figura 4.23

Ejemplo 4.11:

Simular un circuito lógico que utilice una compuerta XOR de dos entradas, demostrando el comportamiento de la compuerta al recibir distintas combinaciones de señales de entrada, y visualizar el resultado mediante un LED.

Solución:



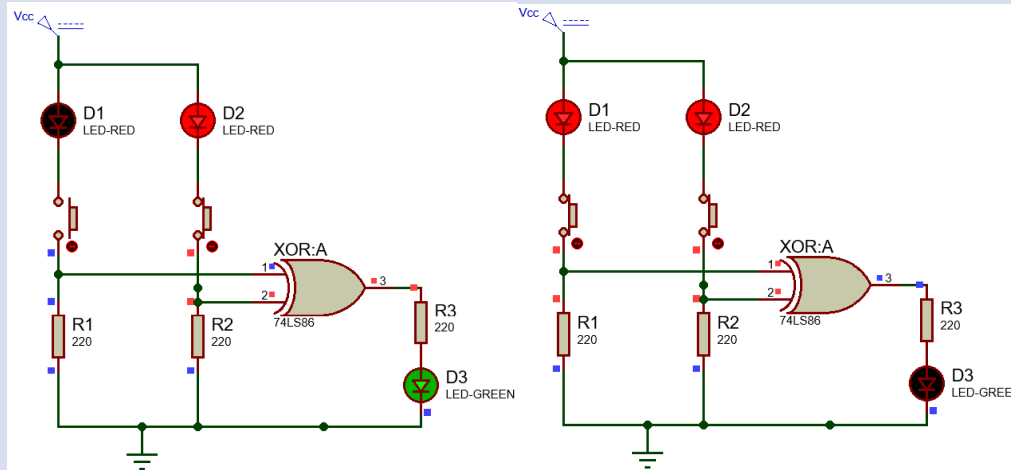


Figura 4.24 Simulación de la compuerta NOR.

4.8. Compuerta XNOR



INTRODUCCIÓN

Los símbolos estándar de la puerta XNOR (NOR-exclusiva) se muestran en la Figura 4.25. La puerta XNOR tiene dos entradas, al igual que la puerta XOR. El símbolo de puerta XNOR tiene un círculo en su salida, lo que indica que su salida es opuesta a la de la puerta XOR. La salida de la puerta XNOR es un nivel BAJO cuando los dos niveles lógicos de entrada son opuestos.

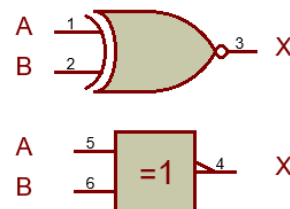


Figura 4.25 Símbolos de la puerta NOR-exclusiva.

4.8.1. Funcionamiento De La Puerta XNOR

La Figura 4.26 muestra las cuatro combinaciones de entrada y salida potenciales para la puerta XNOR.

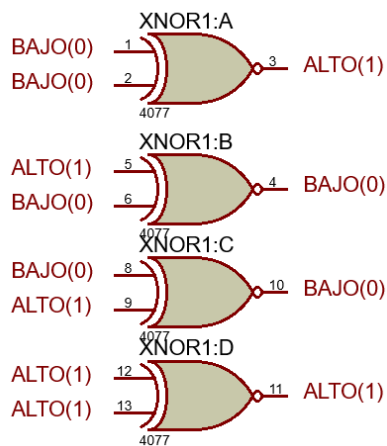


Tabla De Verdad Del EXOR

ENTRADAS		SALIDAS
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1
1= ALTO, 0=BAJO		

Tabla 4.9 Tabla de verdad de la puerta NOR-exclusiva.

Figura 4.26 Niveles lógicos de XNOR.

Ejemplo 4.12:

Simular un circuito lógico que utilice una compuerta XNOR de dos entradas, demostrando el comportamiento de la compuerta al recibir distintas combinaciones de señales de entrada, y visualizar el resultado mediante un LED.

Solución:

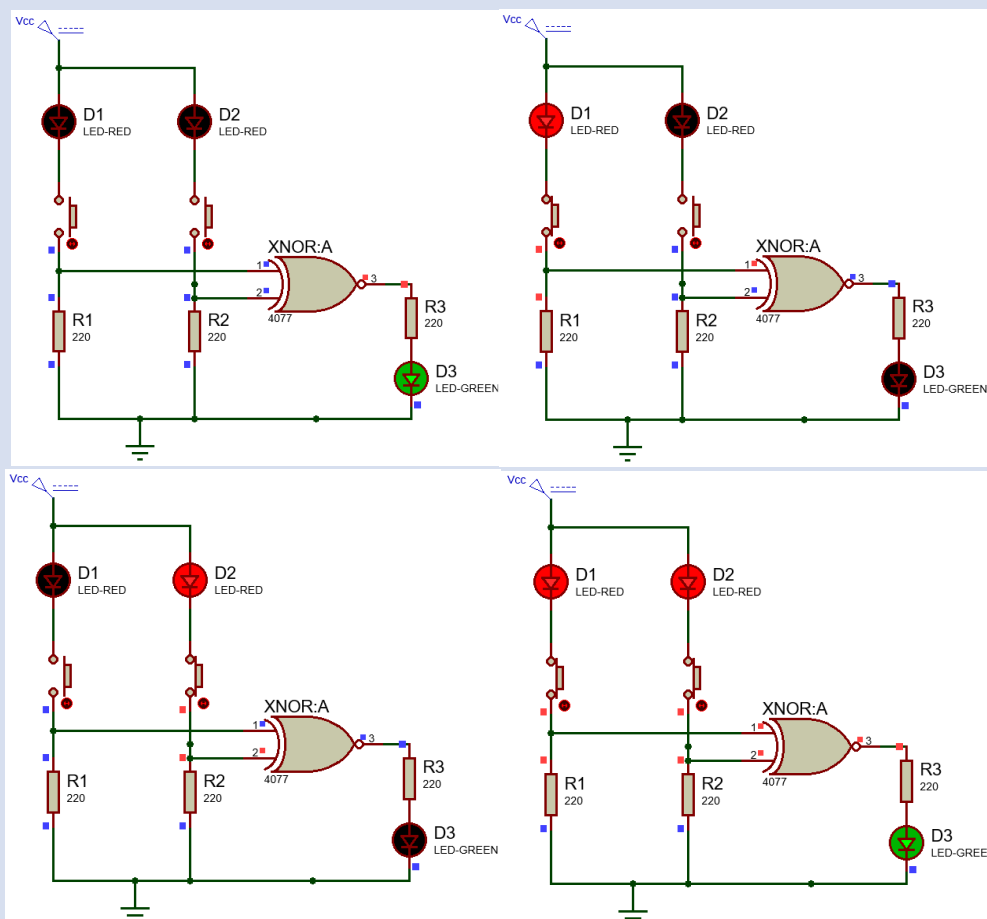


Figura 1.27 Simulación de la compuerta XNOR.

PRÁCTICA 3.

Tema: Compuertas Lógicas Básicas (AND, OR, NOT)

Resultado de aprendizaje:

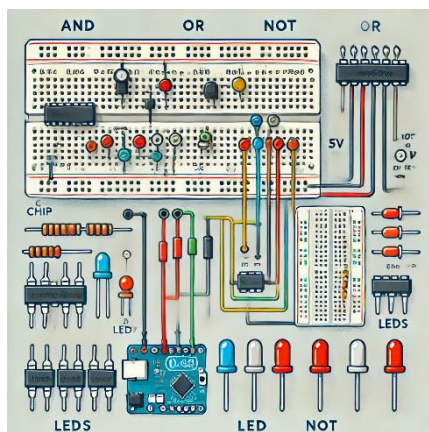
El estudiante capaz de implementar y verificar el funcionamiento de las compuertas lógicas básicas (AND, OR, NOT) en un circuito físico utilizando una protoboard, entendiendo cómo funcionan las entradas y salidas lógicas, y relacionando su comportamiento con las tablas de verdad correspondientes.

Objetivo:

Implementar las compuertas lógicas básicas (AND, OR, NOT) en una protoboard para visualizar su comportamiento y verificar sus tablas de verdad usando interruptores y LEDs.

INSUMOS:

- Compuerta AND (IC 7408)
- Compuerta OR (IC 7432)
- Compuerta NOT (IC 7404)
- Protoboard
- Interruptores (SPST) x 2
- Resistencias de 220Ω x 3 (para los LEDs)
- LEDs x 3 (para mostrar las salidas de cada compuerta)
- Cables de conexión
- Fuente de alimentación de 5V
- Resistencias de $10k\Omega$ x 2 (para evitar entradas flotantes en los interruptores)





CUESTIONARIO UNIDAD IV



CUESTIONARIO UNIDAD IV

¿Cuál es la operación lógica que realiza la compuerta AND?

- A. Conjunción
- B. Exclusión
- C. Disyunción
- D. Negación

¿Qué operación lógica realiza la compuerta XNOR?

- A. Negación
- B. Conjunción
- C. Disyunción
- D. Exclusión

¿Cuál es la salida de una compuerta NAND si sus entradas son 0 y 1?

- A. NOR
- B. 1
- C. 0
- D. XOR

¿Cuál es la compuerta que es la negación de la compuerta OR?

- A. AND
- B. NOR
- C. NAND
- D. XOR

¿Cuál es la operación lógica que realiza la compuerta OR?

- A. Conjunción
- B. Disyunción
- C. Negación
- D. Exclusión



¿Cuál es la salida de una compuerta OR si sus entradas son 0 y 0?

- A. XOR
- B. 0
- C. 1
- D. NOR

¿Cuál es la salida de una compuerta AND si sus entradas son 1 y 0?

- A. 0
- B. 1
- C. NOR
- D. XOR

¿Qué operación lógica realiza la compuerta XOR?

- A. Conjunción
- B. Disyunción
- C. Negación
- D. Exclusión

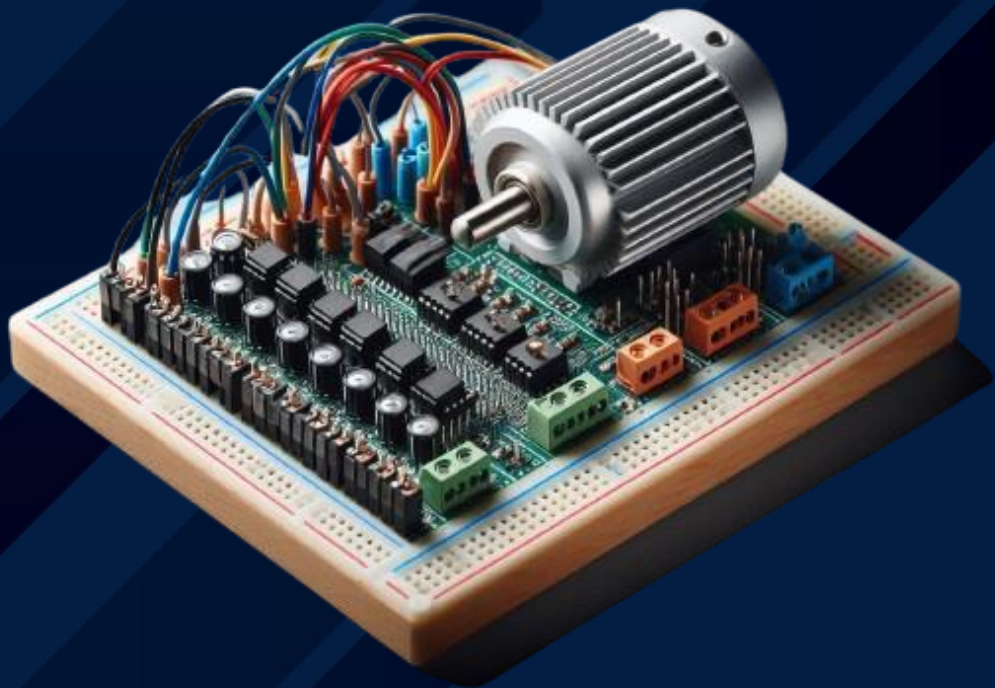
¿Cuál es la salida de una compuerta NOR si sus entradas son 1 y 1?

- A. XOR
- B. NOR
- C. 0
- D. 1

¿Cuál es la compuerta que es la negación de la compuerta AND?

- A. XOR
- B. NAND

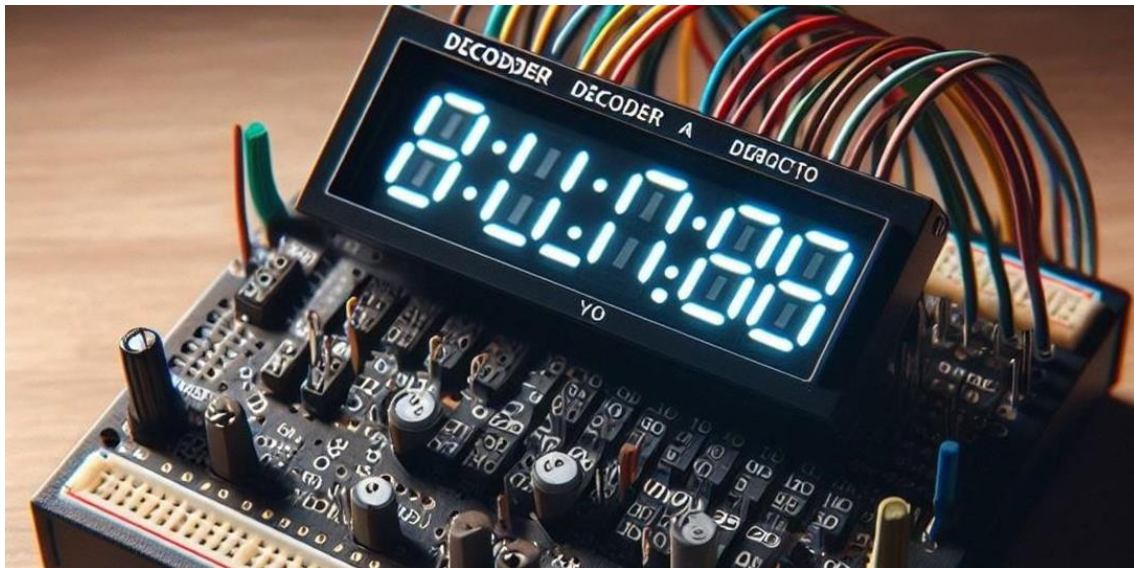
05



LÓGICA COMBINACIONAL

UNIDAD CINCO

LÓGICA COMBINACIONAL



INTRODUCCIÓN

Una parte importante de la electrónica digital es la lógica combinacional, que se encarga del diseño y análisis de circuitos digitales cuya salida en un momento dado depende únicamente de las entradas presentes en ese momento, sin tener en cuenta el historial de entradas. En otras palabras, en la lógica combinacional, la salida de un circuito solo depende de las

entradas actuales en lugar de los eventos previos.

Los circuitos lógicos combinacionales se construyen utilizando compuertas lógicas y otros dispositivos lógicos, y se utilizan para implementar funciones lógicas específicas. Estas funciones pueden incluir operaciones básicas como AND, OR, NOT, así como operaciones más complejas como decodificadores, codificadores, multiplexores, demultiplexores, comparadores, sumadores, etc.

5.1. Álgebra Booleana

El álgebra de Boole constituye las bases matemáticas fundamentales de los sistemas digitales. Para estudiar y analizar los circuitos lógicos, es fundamental tener una comprensión básica del álgebra booleana. Las expresiones y operaciones booleanas relacionadas con las puertas lógicas

se presentaron en el capítulo anterior.

5.1.1. Suma Booleana

En la Unidad 4 demostró que la suma booleana es equivalente a la operación OR. Sus reglas fundamentales, así como su relación

con la puerta OR, se presentan a continuación:

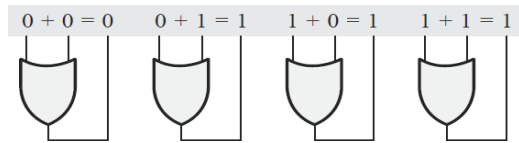


Figura 5.1 Suma booleana

5.1.2. Multiplicación Booleana

En la unidad 4 se revisó que la multiplicación booleana es equivalente a la operación AND. Sus reglas fundamentales, así como sus relaciones con AND, se presentan a continuación:

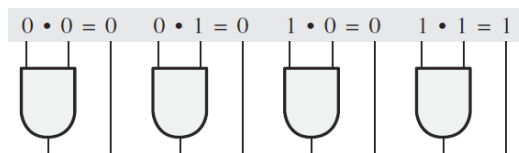


Figura 5.2 Multiplicación booleana

Ejemplo 5.1:

Determinar los valores de A, B, C y D que hacen que el término suma $A + \bar{B} + C + \bar{D}$ sea igual a cero.

Solución:

Para que el término suma sea 0, cada uno de los literales del término debe ser igual a 0. Por tanto, $A = 0$, $B = 1$ (para que $\bar{B} = 0$) y $D = 1$ (para que $\bar{D} = 0$).

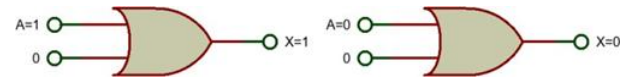
$$A + \bar{B} + C + \bar{D} = 0 + \bar{1} + 0 + \bar{1}$$

$$A + \bar{B} + C + \bar{D} = 0 + 0 + 0 + 0$$

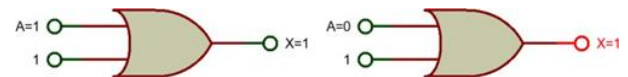
$$A + \bar{B} + C + \bar{D} = 0$$

Se encuentran en las siguientes operaciones simples, que sirven como base para la simplificación de funciones. Es fundamental tener una comprensión clara de ellas.

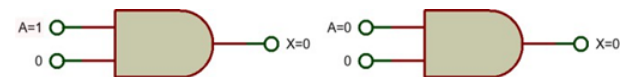
- $A + 0 = A$



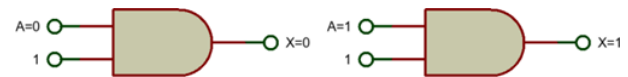
- $A + 1 = 1$



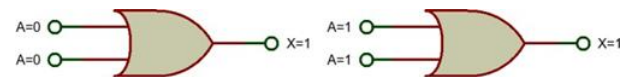
- $A \cdot 0 = 0$



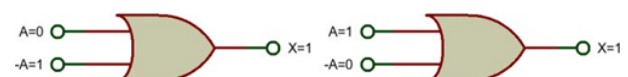
- $A \cdot 1 = A$



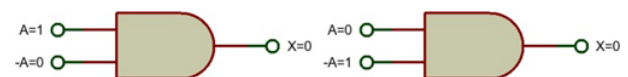
- $A + A = A$



- $A + \bar{A} = 1$



- $A \cdot \bar{A} = 0$



- $A \cdot A = A$

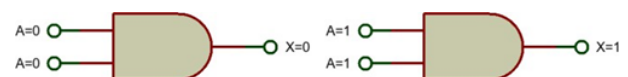


Figura 5.3 Reglas básicas del Álgebra de Boole

Propiedad Conmutativa

Como su nombre lo indica, esta característica permite la conmutación de términos y variables:

5.1.3. Postulados Fundamentales Del Álgebra De Boole

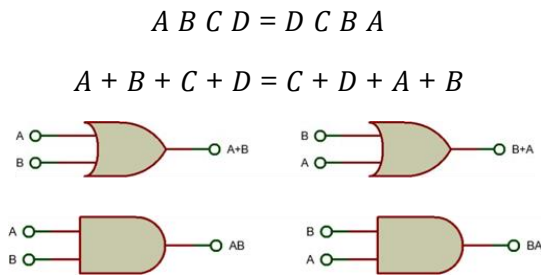


Figura 5.4 Aplicación de la ley conmutativa de la suma y la multiplicación.

Propiedad Asociativa

Esta propiedad, permite asociar variables. Tiene aplicación, por ejemplo, para deducir circuitos basados en puertas de dos entradas:

$$A + B + C = C + (A + B)$$

$$C B A = C(B A)$$

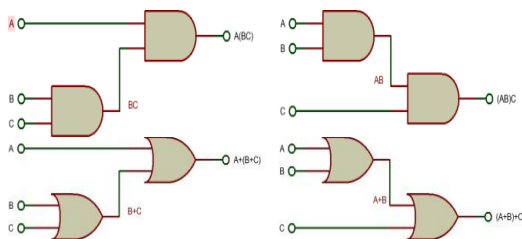


Figura 5.5 Aplicación de la ley asociativa de la suma y la multiplicación.

Propiedad Distributiva

$$A(B + C) = A B + A C$$

$$A + (B C) = (A + B)(A + C)$$

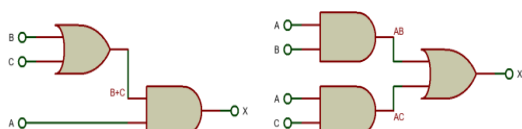


Figura 5.6 Aplicación de la ley distributiva.

En el primer caso su demostración es obvia. Y en el segundo caso, aplicando postulados se demuestra fácilmente:

$$A + (B C) = (A + B)(A + C)$$

$$(A + B)(A + C) = A A + A C + B A + B C$$

$$(A + B)(A + C) = A + A C + B A + B C$$

$$(A + B)(A + C) = A(1 + C + B) + B C$$

$$(A + B)(A + C) = A 1 + B C$$

$$(A + B)(A + C) = A + (B C)$$

Las propiedades distributivas pueden dar lugar a simplificaciones.

Ley de absorción

Se basa en las expresiones:

$$A + (A B) = A$$

$$A (A + B) = A$$

Ejemplo 5.2:

Demuestra la siguiente igualdad:

$$A \cdot (A + B) = A$$

Solución:

Aplicando la ley distributiva se tiene que:

$$A \cdot (A + B) = A \cdot A + A \cdot B$$

Como $A \cdot A = A$, la expresión anterior la podemos escribir como:

$$A + A \cdot B$$

Factor común a la última expresión, tenemos:

$$A \cdot (1 + B)$$

Como una de las reglas de la suma indica que $1 + B = 1$, tenemos:

$$A \cdot (1 + B) = A \cdot 1$$

Finalmente, una de las reglas derivadas del producto afirma que

$$A \cdot 1 = A$$

5.2. Teoremas De Demorgan



INTRODUCCIÓN

DeMorgan, un matemático contemporáneo de Boole, formuló dos teoremas fundamentales en el álgebra de Boole. Estos teoremas proporcionan la base matemática para demostrar la equivalencia entre las puertas NAND y la negación de OR, así como entre las puertas NOR y la negación de AND, como se explicó en el Capítulo 4. Los teoremas de DeMorgan permiten transformar funciones producto en funciones suma y viceversa, lo cual es especialmente útil en la construcción de circuitos empleando un solo tipo de puerta lógica. Este es uno de los principios

más importantes del álgebra de Boole, con una gran relevancia práctica. Se fundamenta en las siguientes expresiones:

$$\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$$

Según el primer teorema de DeMorgan, negar una conjunción es equivalente a negar las disyunciones.

$$\overline{A + B} = \overline{A} \overline{B}$$

Según el segundo teorema de DeMorgan, la negación de una disyunción es igual a la conjunción de las negaciones; o, el complemento de una suma es igual al producto de los complementos.

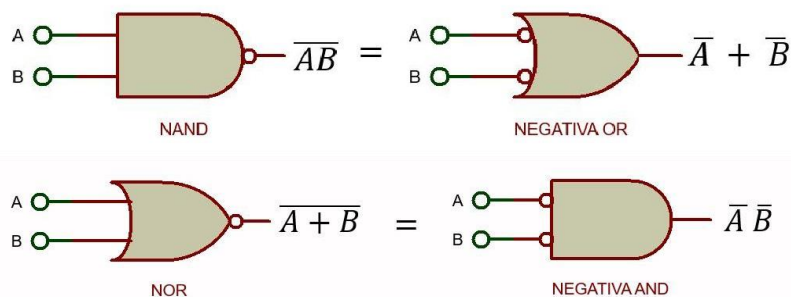


Figura 5.7 Equivalencias de las puertas lógicas que ilustran los teoremas de DeMorgan

5.3. Sistemas Combinacionales



Los sistemas combinacionales son una categoría importante de circuitos electrónicos en la electrónica digital. Estos sistemas se distinguen por producir una salida basada únicamente en las entradas actuales sin tener en cuenta el historial de entradas. En otras palabras, la salida de un sistema combinacional en un instante

específico solo depende de las condiciones de entrada.

Estos sistemas se denominan sistemas combinacionales cuando su respuesta, es decir, sus salidas, depende exclusivamente de las diversas combinaciones que se pueden formar con sus variables de entrada.

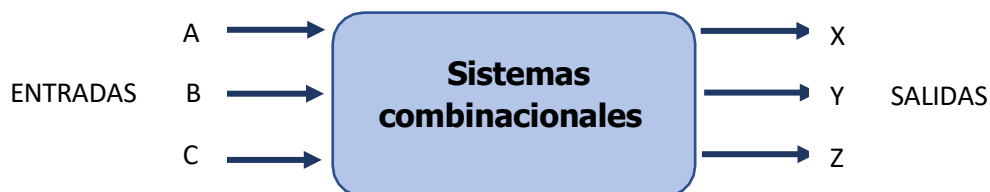


Figura 5.8 Sistema combinacional

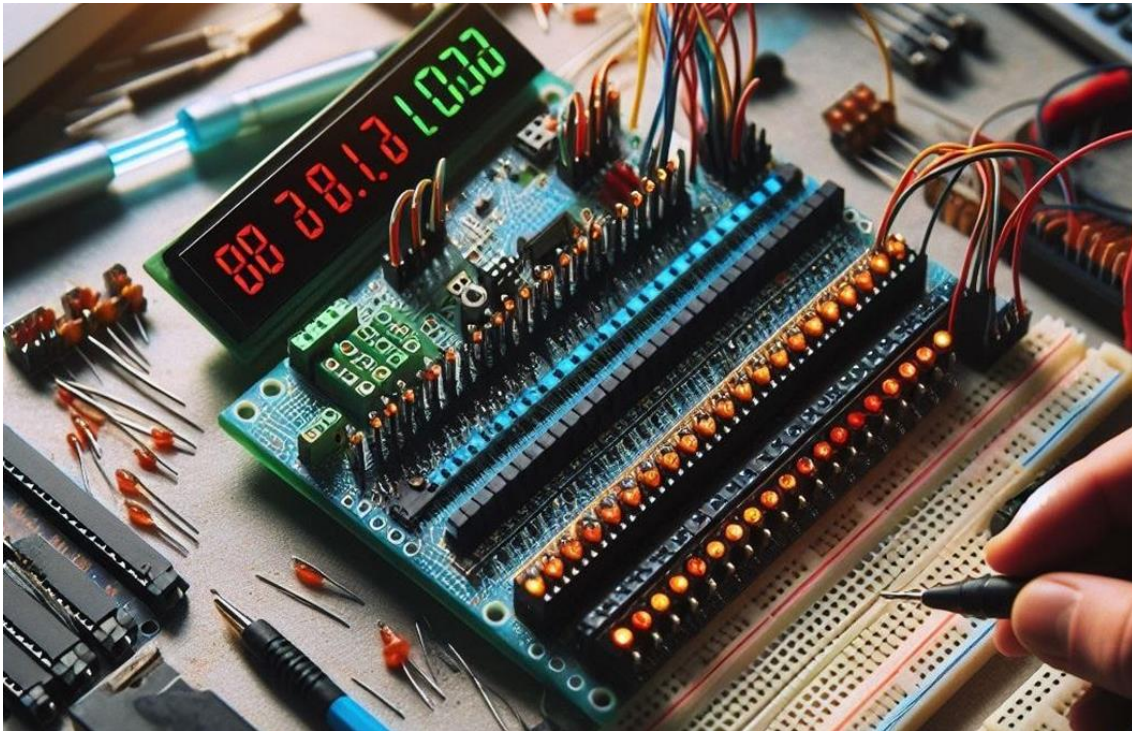
En el contexto de la lógica booleana y los sistemas combinacionales, la forma canónica de una función lógica se refiere a una expresión lógica en la que cada entrada y su complemento aparecen exactamente una vez en cada término de la expresión.

Existen dos formas canónicas principales:

Forma canónica suma de productos (SOP, Sum of Products)

Forma canónica producto de sumas (POS, Product of Sums)

5.4. Decodificares



Los decodificadores son dispositivos cruciales en electrónica digital que convierten una señal de entrada codificada en una o más señales de salida correspondientes. Estos dispositivos son comunes en una amplia gama de aplicaciones, incluidos los sistemas de visualización, control y procesamiento de datos.

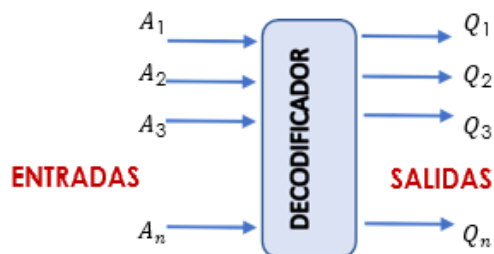


Figura 5.9 Representación de un decodificador

La función principal de un decodificador es detectar una combinación específica de bits en sus entradas y, posteriormente, señalar la presencia de este código mediante un nivel de salida específico.

Un decodificador es un circuito combinatorial con $A=n$ entradas y $Q=2^n$ salidas digitales, con solo una salida activa y el resto en reposo.

Tipos de decodificadores:

- Decodificador 1:2
- Decodificador 2:4
- Decodificador 3:8
- Decodificador 4:16



5.4.1. El decodificador 4 A 16

ENTRADA				SALIDAS															
A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₁₂	Q ₁₃	Q ₁₄	Q ₁₅
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	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	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	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	0

Tabla 5.1 Tabla de verdad para un decodificador de 4-líneas a 16-líneas con salidas activas a nivel BAJO.

El 74HC154 es un circuito integrado que pertenece a la familia de dispositivos lógicos digitales. Es específicamente un decodificador/demultiplexor de 4 a

16 líneas, lo que significa que puede tomar una entrada de 4 bits y seleccionar una de las dieciséis líneas de salida correspondientes.

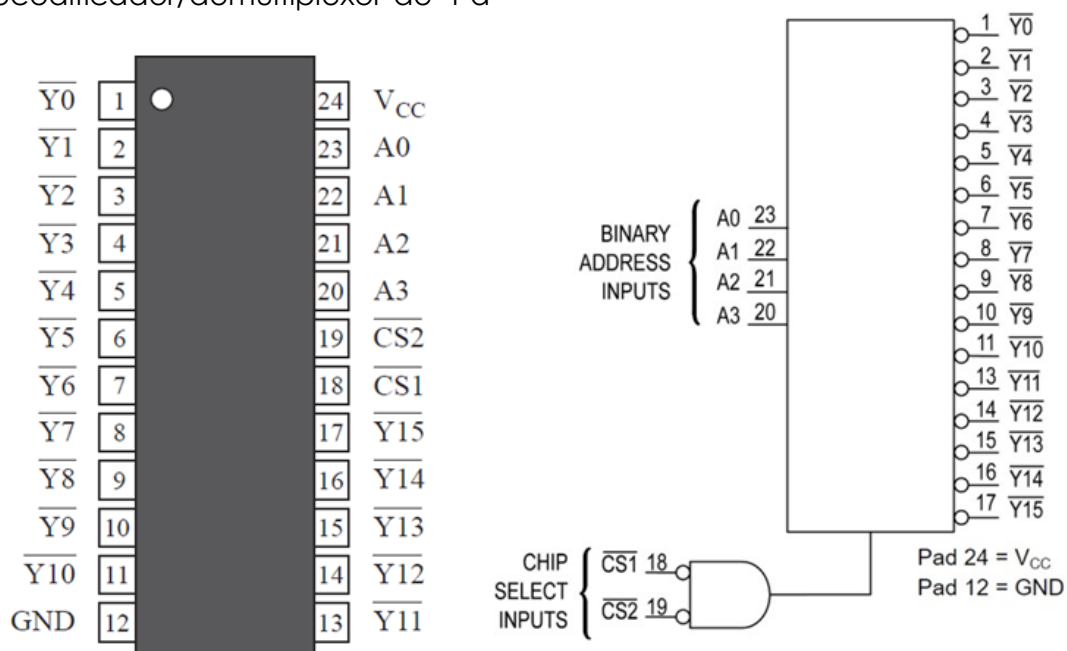


Figura 5.10 Diagrama de pines y símbolo lógico para el decodificador 1 de 16 74HC154.
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1407309/SS/74HC154.html>



5.4.2. El Decodificador Bcd A Decimal

Un dispositivo electrónico digital que convierte un número binario codificado decimal (BCD) en su equivalente decimal es un decodificador BCD a decimal. Cada dígito decimal en el sistema BCD se representa con su correspondiente código binario de cuatro bits.

El procedimiento de implementación es parecido al que hemos visto anteriormente para el decodificador de 4 a 16, pero solo se requieren diez puertas decodificadoras porque el código BCD solo representa los diez dígitos decimales del 0 al 9. En la Tabla La Tabla 5.2 contiene una lista de los diez códigos BCD y las

funciones de decodificación correspondientes. Las puertas NAND se utilizan para implementar cada una de estas funciones y proporcionar salidas activas a nivel BAJO. Las puertas AND se utilizarían para decodificar si se requerían salidas activas a nivel ALTO.

Dígito Decimal	Código BCD			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	0	0	0	0

Tabla 5.2 Funciones de decodificación BCD.

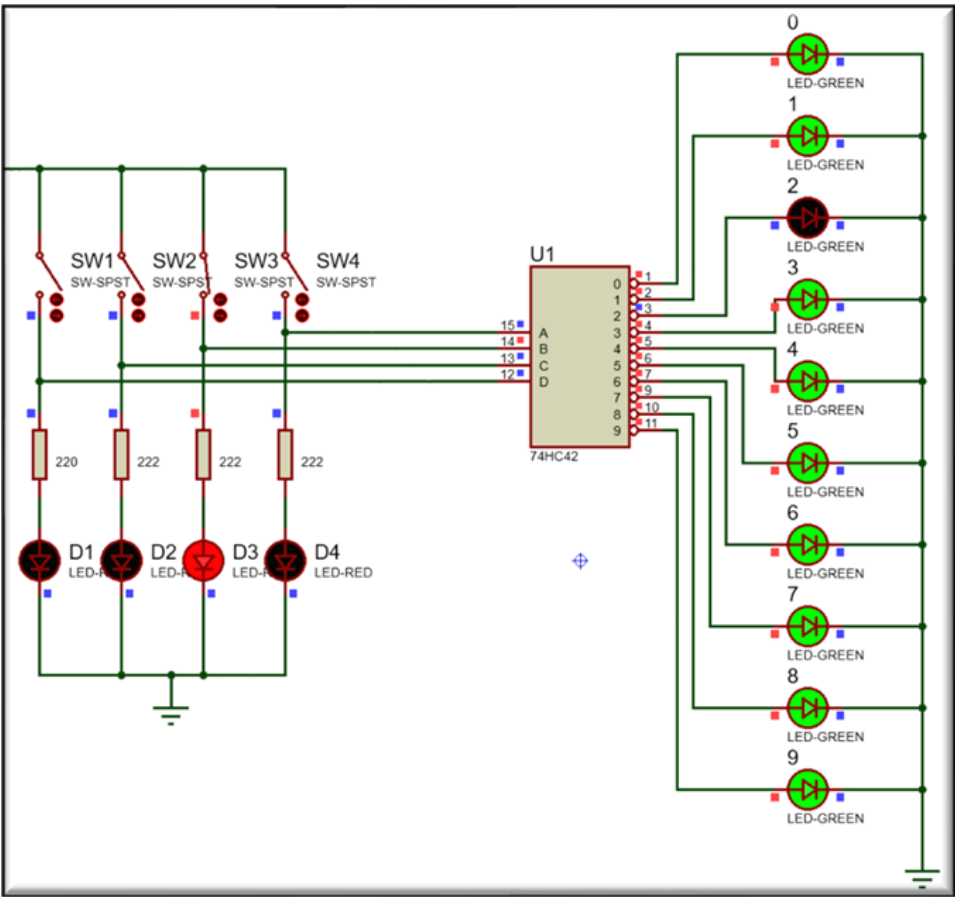


Figura 5.11 Simulación de El decodificador BCD a decimal 74HC42

5.4.3. El Decodificador Bcd A 7-Segmentos

Un dispositivo electrónico digital conocido como decodificador BCD de 7 segmentos convierte un número binario codificado decimal (BCD) en señales de control apropiadas para mostrar el dígito decimal correspondiente en un display de 7 segmentos. El diagrama lógico de un decodificador básico de 7 segmentos se muestra en la

Figura 5.16.

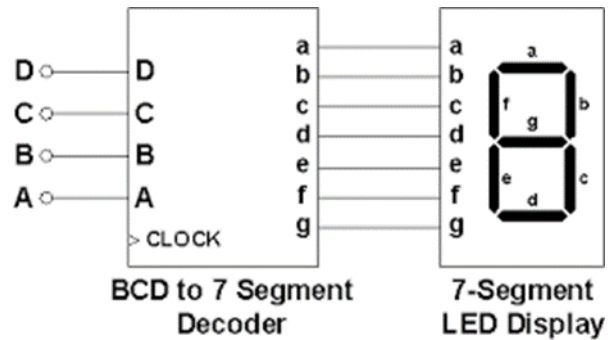


Figura 5.16 Símbolo de un decodificador BCD a 7-segmentos

Ejemplo 5.3:

Simula el funcionamiento de un decodificador de 7 segmentos y su aplicación para mostrar números decimales en una pantalla de 7 segmentos.

Solución

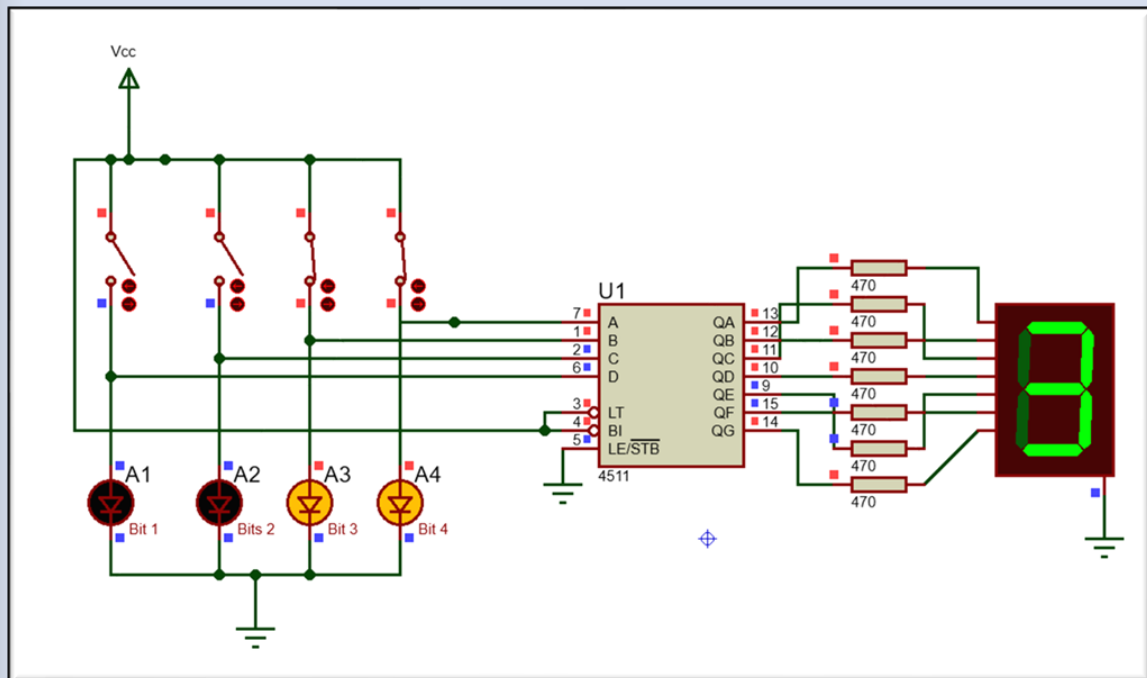
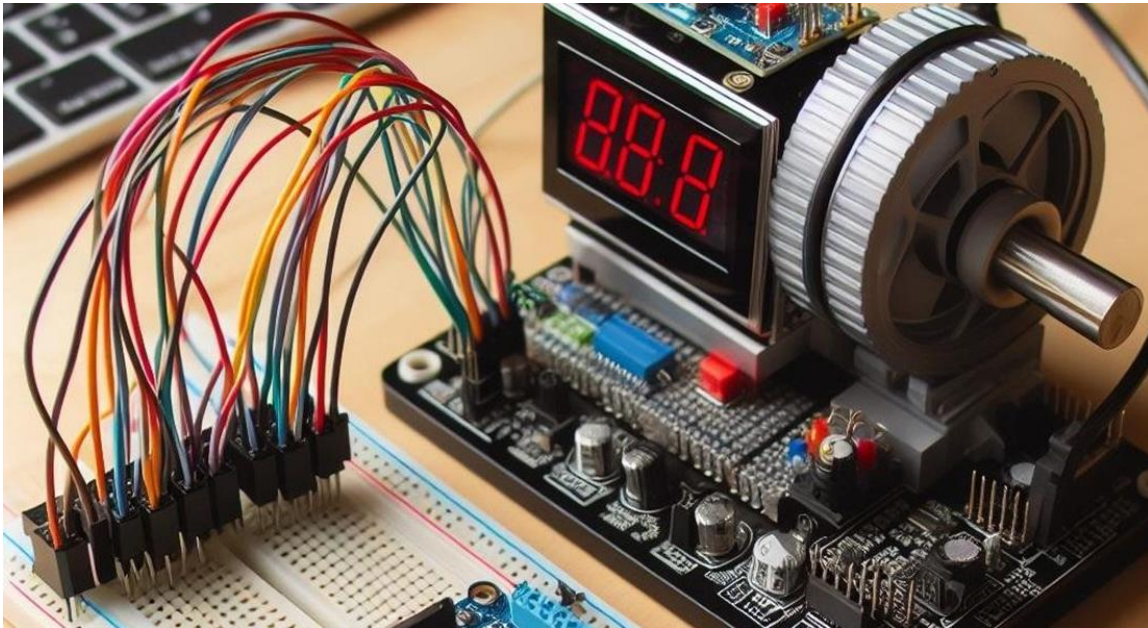


Figura 5.13 Simulación de un decodificador BCD a 7-segmentos

5.5. Contadores



INTRODUCCIÓN

Los contadores digitales son circuitos electrónicos utilizados para contar eventos o pulsos de señales digitales. Se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde dispositivos simples como temporizadores hasta sistemas complejos como procesadores de computadoras, y son componentes esenciales de sistemas digitales. Aquí hay una descripción general de los contadores digitales:

Los contadores digitales son circuitos electrónicos utilizados para contar eventos o pulsos de señales digitales. Se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde dispositivos simples como temporizadores hasta sistemas complejos como procesadores de computadoras, y son componentes esenciales de sistemas digitales. Aquí hay una descripción general de los contadores digitales:

Flip-flops: Los contadores digitales utilizan flip-flops como elementos básicos de almacenamiento. Los flip-flops pueden estar configurados para cambiar de estado en respuesta a una señal de reloj.

Secuencia de Conteo: Los flip-flops se conectan en cascada para formar una secuencia de conteo. Cada flip-flop representa un bit en el contador y su estado cambia en respuesta a un pulso de reloj.

Entrada de Reloj: Un pulso de reloj sincroniza el cambio de estado de los flip-flops en el contador. Dependiendo del diseño del contador, el pulso de reloj puede provenir de una fuente interna o externa.

Modo de Conteo: Dependiendo de su configuración, los contadores pueden contar hacia arriba (incrementar) o hacia abajo (decrementar). Algunos contadores también pueden contar en

5.5.1. Funcionamiento Básico:



direcciones o modos predeterminados.

5.5.2. Contador Asíncrono

Un contador digital asíncrono no está sincronizado por un solo pulso de reloj. En cambio, las señales de entrada y salida de los otros flip-flops en la secuencia afectan el cambio de estado de cada flip-flop.

Contador asíncrono binario de 2 bits

Un contador asíncrono binario de dos bits es un circuito digital que cuenta en base binaria utilizando dos flip-flops JK conectados en cascada. Como se muestra en la figura 5.14, estos flip-flops cambian de estado de manera asíncrona. En otras palabras, un solo pulso de reloj no sincroniza el cambio de estado de un flip-flop con el cambio de estado del otro.

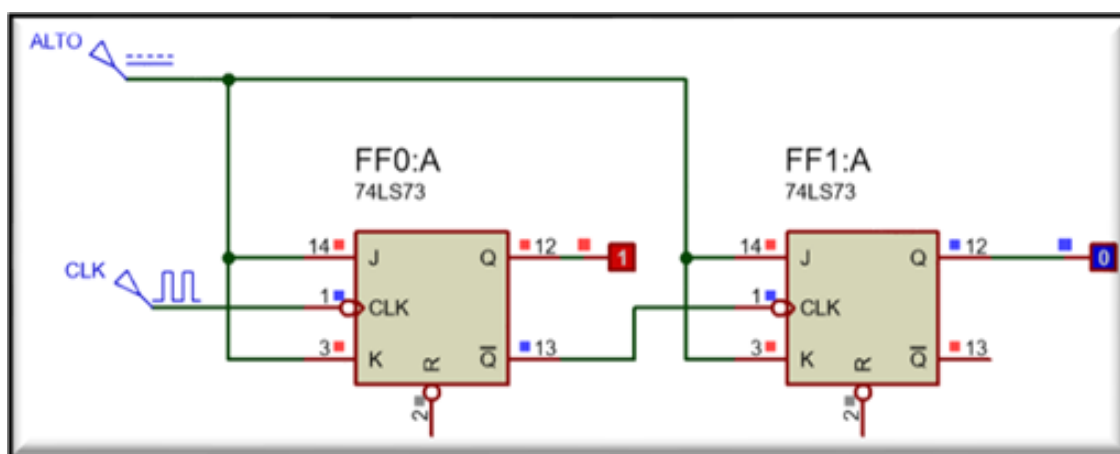


Figura 5.14 Contador asíncrono binario de 2 bits.

Funcionamiento:

Flip-Flops JK: El contador se forma con dos flip-flops JK. En el contador, cada flip-flop representa un bit. La configuración de los flip-flops permite que cambien de estado en respuesta a condiciones lógicas específicas en sus entradas (J, K).

Configuración abierta: La formación de una secuencia de conteo binario y la retroalimentación son posibles gracias a la conexión de la salida $\bar{Q}$ del primer flip-flop a la entrada CLK del segundo flip-flop.

Diagrama de tiempos.

Observa la salida Q de cada flip-flop y aplica cuatro impulsos de reloj a FF0. La Figura 5.15 muestra los

cambios de estado en las salidas del flip-flop en respuesta a los impulsos del reloj. Ambos zapatos de tacón alto están conectados en modo de basculación ($J = 1$, $K = 1$).

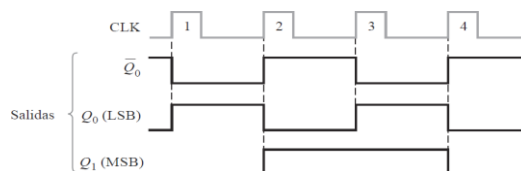


Figura 5.15 Diagrama de tiempos del contador asíncrono binario de 2 bits

Como se muestra en la Tabla 5.3, la secuencia de los estados del contador es una secuencia de números binarios.



Impulso del Reloj	Q_1	Q_2
Inicialmente	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1
4(nuevo ciclo)	0	1

Tabla 5.3 Secuencia de estados binarios para el contador de 2 bits.

Contador asíncrono binario de 3 bits

Un contador asíncrono binario de tres bits es un circuito digital que cuenta en base binaria utilizando tres flip-flops JK conectados en cascada. El cambio de estado de cada flip-flop no está sincronizado con los demás por un solo pulso de reloj; cada flip-flop representa un bit en el contador.

PRÁCTICA 4.

Tema: Circuito Digital con Entradas Binarias y Salidas en LED

Resultado de aprendizaje:

El estudiante podrá diseñar un circuito digital basado en condiciones lógicas utilizando entradas binarias, generar las expresiones booleanas correspondientes, reducirlas y llevarlas a la práctica en una protoboard.

Objetivo:

Diseñar e implementar un circuito digital que procese un número binario de 4 bits (A, B, C, D) y active una señal de salida (S1, S2, S3) que controle LEDs de diferentes colores según las siguientes condiciones: Si el número binario es menor o igual a 5, enciende un LED verde (S1). Si el número binario es mayor que 5 y menor o igual a 10, enciende un LED amarillo (S3). Si el número binario es mayor que 10, enciende un LED rojo (S2).

MATERIALES:

- Protoboard
- Puertas lógicas (AND, OR, NOT) o un CI 74LS series.
- 3 leds (verde, amarillo y rojo)
- Resistencias de 220Ω para los LEDs.
- 4 resistencias de $10k\Omega$ para las entradas binarias (A, B, C, D).
- Interruptores (o pulsadores) para las entradas binarias (A, B, C, D).



CUESTIONARIO UNIDAD V



CUESTIONARIO UNIDAD 5

¿Cuál es la función de los decodificadores en los sistemas digitales?

- A. Generar señales analógicas
- B. Convertir señales digitales en analógicas
- C. Diseñar sistemas digitales
- D. Convertir señales digitales en señales específicas de salida

¿Cuál es la relación entre la Algebra Booleana, los decodificadores y el diseño de sistemas digitales?

- A. No tienen relación
- B. La Algebra Booleana facilita el diseño de sistemas digitales y decodificadores
- C. Los sistemas digitales no requieren decodificadores
- D. Los decodificadores no utilizan Algebra Booleana

¿Qué representa la Algebra Booleana en las lógicas combinacionales?

- A. Operaciones matemáticas
- B. Manipulación de señales binarias
- C. Generación de señales analógicas
- D. Diseño de sistemas digitales

¿Cómo operan las compuertas lógicas en un decodificador?

- A. Multiplicando las entradas
- B. Restando las entradas
- C. Generando las salidas correspondientes
- D. Sumando las entradas

¿Qué función cumplen las lógicas combinacionales en la electrónica digital?

- A. Generar señales analógicas
- B. Diseñar sistemas digitales
- C. Convertir señales digitales en analógicas
- D. Convertir señales digitales en señales específicas de salida



¿Cuál es la base teórica sobre la cual se construyen las lógicas combinacionales?

- A. Operaciones matemáticas
- B. Manipulación de señales binarias
- C. Generación de señales analógicas
- D. Diseño de sistemas digitales

¿Por qué son importantes los decodificadores en la conversión de señales digitales?

- A. Para mantener las señales digitales iguales
- B. Para convertir señales digitales en señales específicas de salida
- C. Para eliminar las señales digitales
- D. Para generar señales analógicas

¿Cuál es el papel de las lógicas combinacionales en la electrónica digital?

- A. Generar señales analógicas
- B. Convertir señales digitales en analógicas
- C. Diseñar sistemas digitales
- D. Convertir señales digitales en señales específicas de salida

¿Cuál es la tabla de verdad de un decodificador de 2 a 4 líneas?

- A. 00 - 1000, 01 - 0100, 10 - 0010, 11 - 0001
- B. 00 - 1111, 01 - 0000, 10 - 1010, 11 - 0101
- C. 00 - 0011, 01 - 1100, 10 - 1010, 11 - 0101
- D. 00 - 0101, 01 - 1010, 10 - 1111, 11 - 0000

¿Cómo funciona un decodificador según la tabla de verdad?

- A. Genera salidas aleatorias
- B. Genera salidas específicas según la entrada
- C. No tiene tabla de verdad
- D. No genera salidas



SOLUCIONARIO

**UNIDAD I****¿En qué tipo de dispositivos se pueden encontrar resistencias?**

- a) Dispositivos de sonido.
- b) Dispositivos de comunicación.
- c) Dispositivos de iluminación.
- d) Dispositivos electrónicos.

¿Qué sucede con la carga almacenada en un condensador a medida que cede corriente?

- a) Permanece constante.
- b) Se convierte en voltios.
- c) Disminuye.
- d) Aumenta.

¿Qué es la resistividad eléctrica?

- a) La oposición que los materiales ofrecen al flujo de corriente.
- b) La medida de la electricidad en culombios.
- c) La cantidad de resistencia en un material depende de sus dimensiones físicas.
- d) El efecto de los materiales en la interacción con la corriente eléctrica.

¿Cuáles son las configuraciones básicas de conexión de las resistencias?

- a) En ohmios y en culombios.
- b) En culombios y en voltios.
- c) En serie y en paralelo.
- d) En voltios y en amperios.

¿Qué función principal tiene un condensador?

- a) Almacenar carga eléctrica.
- b) Controlar la intensidad de la corriente.
- c) Generar electricidad.
- d) Ofrecer oposición al flujo de corriente.

¿Qué es un culombio?

- a) Una unidad de carga eléctrica.
- b) Una unidad de medida para la resistencia eléctrica.
- c) Una herramienta para medir la resistencia eléctrica.
- d) Una unidad de medida para la resistividad eléctrica.

**¿Qué papel desempeña la resistencia en los dispositivos electrónicos?**

- a) Controlar la intensidad de la corriente.
- b) Almacenar carga eléctrica.
- c) Ofrecer oposición al flujo de corriente.
- d) Generar electricidad.

¿Qué es la resistencia eléctrica en términos físicos?

- a) La cantidad de resistencia en un material depende de sus dimensiones físicas.
- b) El efecto de los materiales en la interacción con la corriente eléctrica.
- c) La oposición que los materiales ofrecen al flujo de corriente.
- d) La medida de la electricidad en culombios.

¿Cómo se interpreta el valor óhmico en las resistencias?

- a) A través del código de colores.
- b) A través de la medida en culombios.
- c) A través de la medida en ohmios.
- d) A través de la medida en voltios.

¿Qué es la resistencia eléctrica?

- a) La fuerza omnipresente que impulsa gran parte de nuestro mundo moderno.
- b) La oposición que los materiales ofrecen al flujo de corriente.
- c) La medida de la electricidad en culombios.
- d) La cantidad de resistencia en un material depende de sus dimensiones físicas.

¿Qué es un óhmetro?

- a) Un componente esencial en la mayoría de los dispositivos electrónicos.
- b) Una unidad de medida para la resistividad eléctrica.
- c) Una herramienta para medir la resistencia eléctrica.
- d) Un componente que almacena carga eléctrica.

¿Qué es un condensador?

- a) Un componente esencial en la mayoría de los dispositivos electrónicos.
- b) Una herramienta para medir la resistencia eléctrica.
- c) Un componente que mide la resistencia eléctrica.
- d) Un componente que almacena carga eléctrica.

**UNIDAD II**

¿En qué tipo de aplicaciones se utilizan comúnmente los transistores de efecto de campo (FET)?

- a) Amplificadores de señal
- b) Osciladores
- c) Interruptores electrónicos
- d) Amplificadores de potencia

¿En qué tipo de aplicaciones se utilizan comúnmente los amplificadores operacionales?

- a) Generadores de pulsos
- b) Circuitos de rectificación
- c) Protección contra sobretensiones
- d) Amplificación de audio

¿Qué tipo de transistores actúan como interruptores o amplificadores de corriente?

- a) IGBT
- b) MOSFET
- c) FET
- d) BJT

¿Cuál es una característica importante de los amplificadores operacionales en términos de amplificación de señales débiles?

- a) Generar señales de radiofrecuencia
- b) Bloquear la corriente en ambas direcciones
- c) Alta impedancia de entrada
- d) Baja impedancia de salida



¿En qué modo de operación el integrado 555 produce una señal de onda cuadrada ajustable?

- a) Astable
- b) Inestable
- c) Biestable
- d) Monoestable

¿Cuál es una aplicación común de los diodos en circuitos electrónicos?

- a) Filtros activos
- b) Amplificación de audio
- c) Protección contra sobretensiones
- d) Generadores de pulsos

¿Cuál es una característica clave de los amplificadores operacionales?

- a) Alta impedancia de salida
- b) Baja impedancia de entrada
- c) Bloquear la corriente en ambas direcciones
- d) Generar señales de radiofrecuencia

¿Qué tipo de señal genera el integrado 555 en modo estable?

- a) Onda senoidal
- b) Onda triangular
- c) Onda cuadrada
- d) Onda sinusoidal

¿Cuál es la función principal de los diodos en un circuito electrónico?

- a) Bloquear la corriente en ambas direcciones
- b) Proteger contra sobretensiones
- c) Amplificar señales débiles
- d) Generar pulsos y temporizadores

¿Qué función cumple el integrado 555 en un circuito electrónico?

- a) Amplificar señales débiles
- b) Rectificar corriente
- c) Producir pulsos de temporización con una gran precisión
- d) Proteger contra sobretensiones



UNIDAD III

¿Qué potencia representa el dígito 5 en el número octal 753?

- a) Sesenta y cuatro
- b) Ocho
- c) Unidades
- d) Doscientos cincuenta y seis

¿Cuántos dígitos se utilizan en el sistema de numeración octal?

- a) 12
- b) 10
- c) 8
- d) 6

¿Cuál es la característica principal del sistema hexadecimal en informática?

- a) Representación de bytes
- b) Representación de bits
- c) Representación de kilobytes
- d) Representación de megabytes

En el sistema decimal, ¿qué representa el dígito 7 en el número 753?

- a) Millares
- b) Centenas
- c) Decenas
- d) Unidades

¿Cuál es la relación entre la posición de un dígito y su valor en el sistema binario?

- a) Potencia de dos
- b) Potencia de cinco
- c) Potencia de diez
- d) Potencia de quince

¿Cuántos dígitos componen el sistema de numeración decimal?

- a) 16



- b) 10
- c) 8
- d) 5

¿Qué sistema de numeración requiere menos dígitos para representar un número en comparación con los demás?

- a) Hexadecimal
- b) Octal
- c) Binario
- d) Decimal

¿Cuántos dígitos tiene el sistema de numeración binario?

- a) 8
- b) 16
- c) 4
- d) 2

¿Cuántos dígitos conforman el sistema de numeración hexadecimal?

- a) 8
- b) 10
- c) 16
- d) 20

¿Qué valor representa el dígito F en el número hexadecimal 2F3A?

- a) Dieciséis
- b) Cuatro mil ciento ochenta y seis
- c) Unidades
- d) Doscientos cincuenta y seis

**UNIDAD IV**

¿Cuál es la operación lógica que realiza la compuerta AND?

- a) Conjunción
- b) Exclusión
- c) Disyunción
- d) Negación

¿Qué operación lógica realiza la compuerta XNOR?

- a) Negación
- b) Conjunción
- c) Disyunción
- d) Exclusión

¿Cuál es la salida de una compuerta NAND si sus entradas son 0 y 1?

- a) NOR
- b) 1
- c) 0
- d) XOR

¿Cuál es la compuerta que es la negación de la compuerta OR?

- a) AND
- b) NOR
- c) NAND
- d) XOR

¿Cuál es la operación lógica que realiza la compuerta OR?

- a) Conjunción
- b) Disyunción
- c) Negación
- d) Exclusión

¿Cuál es la salida de una compuerta OR si sus entradas son 0 y 0?

- a) XOR



- b) 0
- c) 1
- d) NOR

¿Cuál es la salida de una compuerta AND si sus entradas son 1 y 0?

- a) 0
- b) 1
- c) NOR
- d) XOR

¿Qué operación lógica realiza la compuerta XOR?

- a) Conjunción
- b) Disyunción
- c) Negación
- d) Exclusión

¿Cuál es la salida de una compuerta NOR si sus entradas son 1 y 1?

- a) XOR
- b) NOR
- c) 0
- d) 1

¿Cuál es la compuerta que es la negación de la compuerta AND?

- a) XOR
- b) NAND
- c) NOR
- d) OR

**UNIDAD V****¿Cuál es la función de los decodificadores en los sistemas digitales?**

- a) Generar señales analógicas
- b) Convertir señales digitales en analógicas
- c) Diseñar sistemas digitales
- d) Convertir señales digitales en señales específicas de salida

¿Cuál es la relación entre la Algebra Booleana, los decodificadores y el diseño de sistemas digitales?

- a) No tienen relación
- b) La Algebra Booleana facilita el diseño de sistemas digitales y decodificadores
- c) Los sistemas digitales no requieren decodificadores
- d) Los decodificadores no utilizan Algebra Booleana

¿Qué representa la Algebra Booleana en las lógicas combinacionales?

- a) Operaciones matemáticas
- b) Manipulación de señales binarias
- c) Generación de señales analógicas
- d) Diseño de sistemas digitales

¿Cómo operan las compuertas lógicas en un decodificador?

- a) Multiplicando las entradas
- b) Restando las entradas
- c) Generando las salidas correspondientes
- d) Sumando las entradas

¿Qué función cumplen las lógicas combinacionales en la electrónica digital?

- a) Generar señales analógicas
- b) Diseñar sistemas digitales
- c) Convertir señales digitales en analógicas
- d) Convertir señales digitales en señales específicas de salida



¿Cuál es la base teórica sobre la cual se construyen las lógicas combinacionales?

- a) Operaciones matemáticas
- b) Manipulación de señales binarias
- c) Generación de señales analógicas
- d) Diseño de sistemas digitales

¿Por qué son importantes los decodificadores en la conversión de señales digitales?

- a) Para mantener las señales digitales iguales
- b) Para convertir señales digitales en señales específicas de salida
- c) Para eliminar las señales digitales
- d) Para generar señales analógicas

¿Cuál es el papel de las lógicas combinacionales en la electrónica digital?

- a) Generar señales analógicas
- b) Convertir señales digitales en analógicas
- c) Diseñar sistemas digitales
- d) Convertir señales digitales en señales específicas de salida

¿Cuál es la tabla de verdad de un decodificador de 2 a 4 líneas?

- a) 00 - 1000, 01 - 0100, 10 - 0010, 11 - 0001
- b) 00 - 1111, 01 - 0000, 10 - 1010, 11 - 0101
- c) 00 - 0011, 01 - 1100, 10 - 1010, 11 - 0101
- d) 00 - 0101, 01 - 1010, 10 - 1111, 11 - 0000

¿Cómo funciona un decodificador según la tabla de verdad?

- a) Genera salidas aleatorias
- b) Genera salidas específicas según la entrada
- c) No tiene tabla de verdad
- d) No genera salidas



BIBLIOGRAFÍA



- Hermosa-Donate, A. (2013). *Electrónica aplicada. CF Instalaciones de Telecomunicaciones*. Editorial Alfaomega.
- Nashelsky, L., Boylestad, R. (2019). *Electrónica: Teoría De Circuitos Y Dispositivos Electrónicos*. Editorial Pearson Educación.
- Aliverti, P. (2017). *Electrónica para makers*. Editorial Marcombo S.A.
- Floyd, T. (2006). *Fundamentos De Sistemas Digitales*. Editorial Pearson Educación S.A
- Duran, J., Martínez, H., Gámiz, J., Domingo, j., Grau, A. (2013). *Automatismos Eléctricos e Industriales*. Editorial Altamar S.A.
- Villaseñor, J. (2011). *Circuitos eléctricos y electrónicos-Fundamentos y técnicas para su análisis*. Editorial Pearson Educación S.A
- Boylestad, Robert L. (2016). *Introducción al Análisis de Circuitos Electrónicos*. Pearson Education.
- Malvino, Albert P. (2011). *Principios de Electrónica*. McGraw-Hill.
- Sedra, Adel S., y Smith, Kenneth C. (2014). *Microelectronic Circuits*. Oxford University Press.
- Millman, Jacob, y Grabel, Arvin (2003). *Microelectronics*. McGraw-Hill.
- Tocci, Ronald J. (2019). *Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones*. Pearson
- Horowitz, Paul, y Hill, Winfield (2015). *The Art of Electronics*. Cambridge University Press.
- Arduino. (n.d.). *Arduino Documentation*. Recuperado de <https://www.arduino.cc>
- Texas Instruments. (n.d.). *Datasheets for LM7805 and NE555 ICs*. Recuperado de <https://www.ti.com>
- All About Circuits. (n.d.). *Electronic Components and Circuit Design Tutorials*. Recuperado de <https://www.allaboutcircuits.com>



**INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO**

TOMO 2:

Control Industrial

CONTENIDOS

01

UNIDAD I.....122

1 TEORÍA DEL CONTROL ELECTROMAGNÉTICO122

1.1 INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES GENERALES SOBRE APARATOS DE MANIOBRA 122

1.1.1 Definiciones Generales Sobre Aparatos De Maniobra123

1.1.2 Clasificación De Los Aparatos De Maniobra.....123

1.1.3 Los Automatismos Cableados124

1.2 LA SIMBOLOGÍA EN LOS AUTOMATISMOS126

1.2.1 Simbología Electrónica126

1.2.2 Simbología Eléctrica128

1.3 DISPOSITIVOS DE MANDO BÁSICOS¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1.3.1 Elementos de Mando Manuales135

1.3.2 Detectores Automáticos.....138

1.3.3 Sensores.....140

1.4 DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y ACTUADORES141

1.4.1 Dispositivos de Regulación141

1.4.2 Actuadores142

1.5 ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN.....144

1.5.1 Señalizaciones Luminosas y Ópticas.....144

1.5.2 Señalizaciones Acústicas145

1.6 TEORÍA GENERAL DE RELÉS147

1.6.1 Funcionamiento de un Relé148

1.6.2 Tipos de Relés148

1.6.3 Aplicaciones de los Relés149

1.7 EL TEMPORIZADOR O RELÉ TEMPORIZADO150

1.7.1 Temporizador ON Delay.....150

1.7.2 Temporizador OFF Delay.....152

1.7.3 Temporizador ON/OFF Delay153

1.8 TEORÍA GENERAL DE CONTACTORES154

1.8.1 Partes de un Contactor155

1.8.2 Funcionamiento del Contactor156

1.8.3 Simbología del Contactor157

1.8.4 Categoría de Operación o Servicio157



CONTENIDOS

02

UNIDAD 2.....161

2 DISEÑO DE CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA	161
2.1 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	161
2.1.1 Interruptor Termomagnético.....	161
2.1.2 Interruptor Diferencial.....	163
2.1.3 Guardamotor	164
2.1.4 Relé Térmico	165
2.2 ESQUEMAS DE CIRCUITOS	165
2.2.1 Representación de Esquemas de Automatismos Industriales....	165
2.3 DISEÑO DE CIRCUITOS DE CONTROL BÁSICO.....	166
2.3.1 Conexión Y Protección Del Circuito De Mando/Control.....	166
2.3.2 Señalización Del Estado De Los Contactores.....	167
2.3.3 Los Automatismos Básicos	167
2.4 DISEÑO DE CIRCUITOS DE CONTROL Y POTENCIA	169
2.4.1 Arranque Directo De Motores.....	169
2.4.2 Inversor De Giro Para Motores De Corriente Alterna (CA)	170
2.4.3 Arranque Estrella-Triángulo.....	170
2.5 DISEÑO DE CIRCUITOS SECUENCIALES	172
2.5.1 Circuito de Semáforo Utilizando Temporizadores ON Delay.....	172

03

UNIDAD 3.....176

3 CUADROS ELÉCTRICOS.....	176
3.1 ELECCIÓN Y COLOCACIÓN DE CUADROS ELÉCTRICOS	176
3.1.1 Elección de Cuadros Eléctricos.....	176
3.1.2 Colocación de Cuadros Eléctricos.....	179
3.1.3 Aspectos Clave de la Instalación	179
3.2 CABLEADO ADECUADO	180
3.2.1 Los Conductores Eléctricos	180
3.2.2 Normas para la Identificación de Conductores Eléctricos	181
3.2.3 Elementos de cableado y conexión	182
3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA COLOCACIÓN DE CUADROS ELÉCTRICOS	186
3.4 VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DEL CUADRO ELÉCTRICO	187
3.4.1 Prueba de continuidad	187
3.4.2 Pruebas de aislamiento	187
3.4.3 Ensayos de operación.....	187

CONTENIDOS

04

UNIDAD 4.....190

4 AUTOMATIZACIÓN BÁSICA	190
4.1 INTRODUCCIÓN A LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES.....	190
4.1.1 La Automatización Antes de los Autómatas Programables.....	190
4.1.2 El Primer Autómata Programable	191
4.1.3 Evolución de los Autómatas Programables	192
4.2 LA ESTRUCTURA DE LOS AUTÓMATAS.....	193
4.2.1 Estructura Interna del PLC.....	194
4.2.2 Estructura Externa del PLC	195
4.2.3 Memoria de los Autómatas	196
4.2.4 Ejecución de Programas y Ciclo de Exploración.....	197
4.3 ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS PLC	198
4.3.1 Entradas Digitales.....	198
4.3.2 Salidas Digitales.....	200
4.3.3 Entradas Analógicas	202
4.3.4 Salidas Analógicas.....	203
4.4 PROGRAMACIÓN DE LOS AUTÓMATAS	204
4.4.1 Modos de Trabajo de los Autómatas	204
4.4.2 Instrumentos para la Programación	205
4.4.3 Lenguajes de Programación.....	206

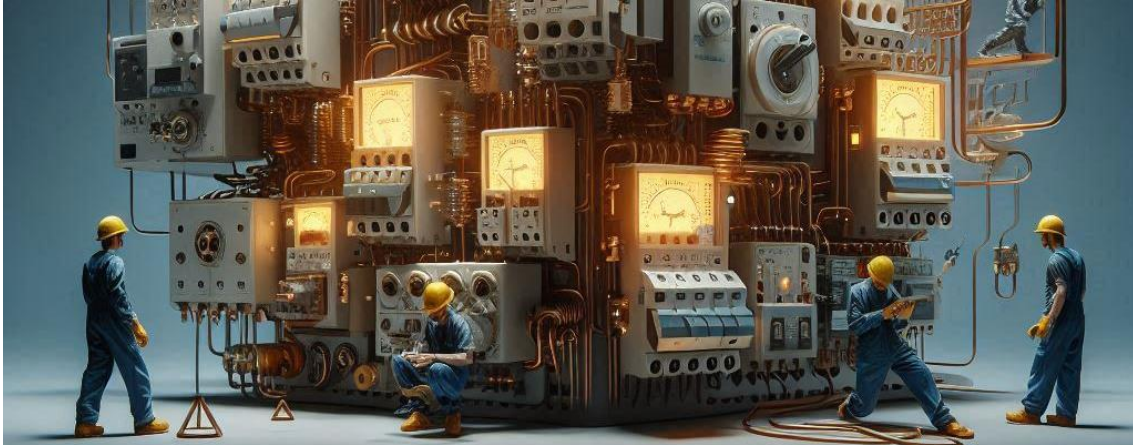
01



TEORÍA DEL CONTROL ELECTROMAGNÉTICO

UNIDAD I

1 TEORÍA DEL CONTROL ELECTROMAGNÉTICO



1.1 Introducción Y Definiciones Generales Sobre Aparatos De Maniobra

INTRODUCCIÓN

Los aparatos de maniobra juegan un papel clave en los sistemas de control industrial, facilitando la operación, automatización y protección de los circuitos eléctricos. Desde los interruptores básicos hasta los complejos contactores y relés temporizados, su correcta utilización permite que los procesos industriales funcionen de manera eficiente, segura y automatizada.

En cualquier sistema industrial, la capacidad para controlar y dirigir el flujo de energía y el funcionamiento de las máquinas es esencial para garantizar un proceso eficiente, seguro y confiable. Los aparatos de

maniobra son los dispositivos encargados de realizar estas tareas. A través de su correcta implementación, es posible controlar motores, equipos eléctricos, sistemas de iluminación y maquinaria pesada. En este contexto, el control electromagnético ha sido uno de los pilares fundamentales en la automatización industrial. Los aparatos de maniobra permiten, entre otras cosas, conectar y desconectar circuitos, proteger equipos y usuarios contra fallas eléctricas, y automatizar procesos industriales, lo que reduce la



1.1.1 Definiciones Generales Sobre Aparatos De Maniobra

Los aparatos de maniobra son dispositivos utilizados para iniciar, detener, regular y proteger circuitos eléctricos y dispositivos asociados, como motores, resistencias, lámparas y otros equipos eléctricos. Estos aparatos son fundamentales en sistemas de control industrial porque permiten que las operaciones se realicen de manera automatizada o manual.

Existen diferentes tipos de aparatos de maniobra, y cada uno cumple una función específica dentro del sistema de control. A continuación, se describen los más comunes:

Interruptores: Son los dispositivos más básicos de maniobra, y se utilizan para conectar o desconectar un circuito eléctrico manualmente. Los interruptores pueden ser de varios tipos, como unipolares, bipolares o tripolares, dependiendo del número de fases que interrumpen.

Pulsadores: Son dispositivos de mando que se utilizan para enviar una señal momentánea. Los pulsadores pueden ser normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC), y su función es enviar una señal para el arranque o paro de un proceso.

Conmutadores: Permiten el cambio entre diferentes circuitos o trayectorias de corriente. Se utilizan para cambiar la conexión de un equipo de una línea a otra, o para alternar entre modos de operación, como manual y automático.

Relés: Son dispositivos electromecánicos o electrónicos que permiten controlar un circuito eléctrico utilizando otro circuito de baja potencia. Los relés son esenciales para la automatización, ya que permiten la conmutación de cargas grandes sin la necesidad de un contacto manual.

Contactores: Son dispositivos de mayor capacidad que los relés y se utilizan para controlar grandes cargas, como motores trifásicos. A diferencia de los interruptores, los contactores permiten la conexión y desconexión remota del circuito, lo que los convierte en un componente vital en sistemas de control automatizado.

Temporizadores: Son dispositivos de control que permiten retrasar la conexión o desconexión de un circuito eléctrico. Los temporizadores pueden ser de tipo ON DELAY (retraso a la conexión) u OFF DELAY (retraso a la desconexión), y se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como sistemas de iluminación, motores, y otros equipos eléctricos.

1.1.2 Clasificación De Los Aparatos De Maniobra

Los aparatos de maniobra pueden clasificarse en varias categorías según su función:

Aparatos de mando: Dispositivos que permiten el control manual o automático de un circuito, como los pulsadores y conmutadores.

Aparatos de protección: Dispositivos diseñados para proteger los circuitos y los equipos contra sobrecargas, cortocircuitos y otros

fallos eléctricos. Entre estos se incluyen los relés térmicos, interruptores automáticos y fusibles.

Aparatos de señalización:

Dispositivos utilizados para mostrar el estado operativo de una máquina o sistema, como pilotos luminosos, alarmas y zumbadores.

1.1.3 Los Automatismos Cableados

En el mundo del control industrial, los automatismos cableados son sistemas que permiten la automatización de procesos industriales a través del cableado de dispositivos eléctricos y electromagnéticos. Estos sistemas están diseñados para controlar automáticamente máquinas o procesos, eliminando la intervención

manual constante. Uno de los aspectos fundamentales en los automatismos cableados es la clara distinción entre el circuito de potencia y el circuito de control, que juntos permiten que los dispositivos operen de manera segura y eficiente.

Circuito de Maniobra

Está compuesto por un conjunto de dispositivos, componentes y elementos eléctricos que facilitan la conexión, desconexión o regulación de la energía eléctrica proveniente de la red hacia los dispositivos receptores, como motores eléctricos, lámparas o bancos de condensadores, entre otros. En la siguiente figura 1.1 se resume la definición de aparato de maniobra.

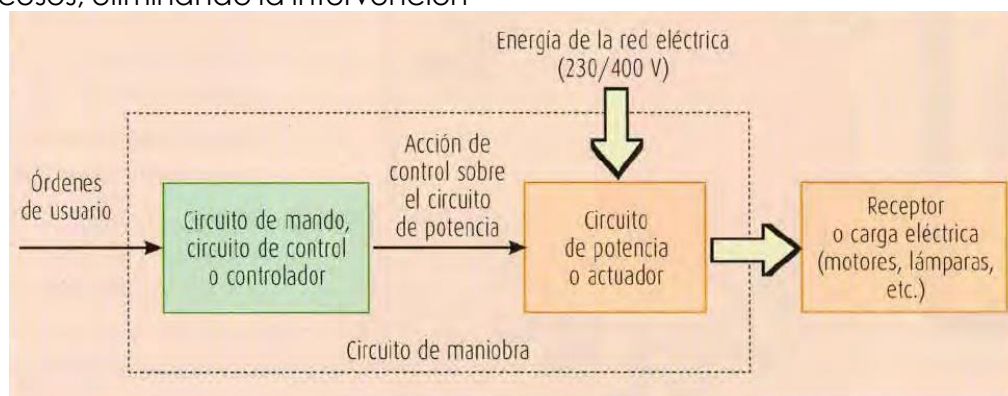


Figura 1.1 Diagrama circuito de maniobra
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

Circuito de Potencia es la parte del sistema que maneja directamente la energía que se suministra a la carga, como un motor, un sistema de iluminación o cualquier otro dispositivo eléctrico que requiera de una fuente de alimentación para funcionar. Es aquí donde fluye la corriente eléctrica de mayor intensidad.

Componentes principales del circuito de potencia:

Fuente de alimentación:

Proporciona la energía necesaria al circuito. Puede ser corriente alterna (AC) o corriente continua (DC), dependiendo de la aplicación.



Carga: El dispositivo que se quiere controlar, como un motor o una lámpara.

Contactores: Actúan como interruptores electromagnéticos que permiten la conexión o desconexión de la alimentación hacia la carga.

Protección: Dispositivos como interruptores termomagnéticos y fusibles que protegen el circuito ante sobrecargas o cortocircuitos.

Circuito de Control: Es el que gestiona las órdenes de mando que permiten el funcionamiento del circuito de potencia. A diferencia del circuito de potencia, el circuito de control maneja señales de bajo nivel de corriente y voltaje, encargándose de la lógica de mando.

Componentes principales del circuito de control:

Pulsadores: Se utilizan para enviar órdenes de inicio (marcha) o parada al sistema.

Relés: Son dispositivos electromagnéticos que permiten la apertura o cierre de circuitos eléctricos bajo el control del circuito de control.

Temporizadores: Se emplean para establecer retardos en el tiempo de funcionamiento del sistema.

Sensores: Detectan cambios en las condiciones del entorno, como temperatura, nivel de agua, o posición de un objeto, y envían esa información al circuito de control.

Señalización: Indicadores visuales (como luces piloto) o acústicos que informan sobre el estado del sistema (activo, en fallo, encendido, apagado).

PRÁCTICA 1.1

Tema: Encendido y Apagado de un Bombillo utilizando un Interruptor Simple

Resultado de aprendizaje:

Los estudiantes aprenderán a diseñar y simular un circuito básico en CadeSimu para encender y apagar un bombillo usando un interruptor simple, mejorando su capacidad para conectar componentes, verificar el funcionamiento del circuito, y resolver problemas comunes.

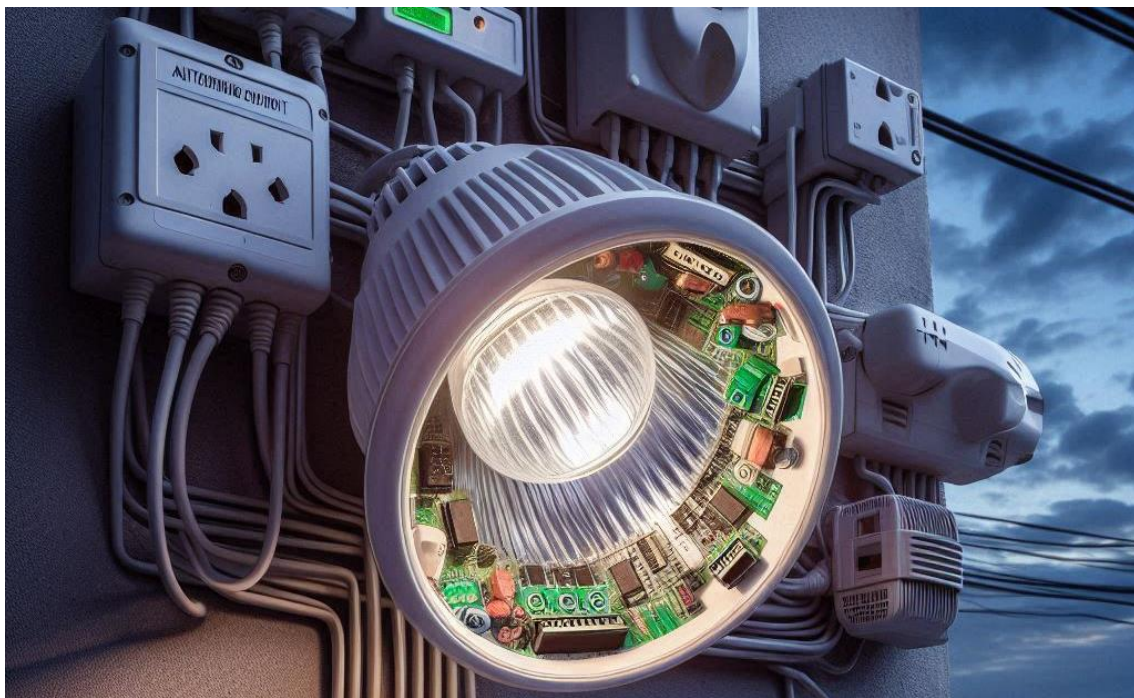
Objetivo:

El estudiante simulará y verificará el funcionamiento de un circuito básico que controle el encendido y apagado de un bombillo utilizando un interruptor simple, empleando el software CadeSimu.

Equipos y materiales:

Software CadeSimu

1.2 La Simbología En Los Automatismos



La simbología es una herramienta clave en la documentación y diseño de sistemas automatizados. En los automatismos, comprender y utilizar correctamente los símbolos electrónicos y eléctricos asegura la correcta implementación y mantenimiento de los sistemas de control. Este tema aborda tanto la simbología electrónica como la simbología eléctrica, proporcionando una base sólida para el diseño y la interpretación de diagramas en automatismos.

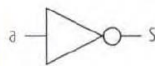
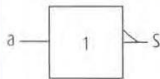
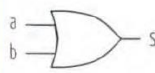
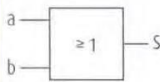
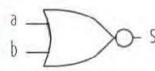
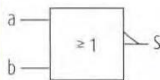
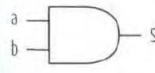
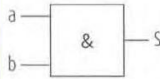
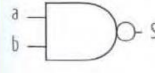
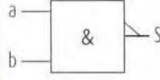
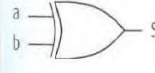
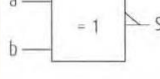
1.2.1 Simbología Electrónica

La simbología electrónica proporciona un lenguaje visual estandarizado para representar los componentes y dispositivos utilizados en circuitos electrónicos. Los

símbolos incluyen resistores, capacitores, inductores, diodos, LEDs y transistores, entre otros. Cada componente tiene un símbolo específico que indica su función y características en el circuito. Por ejemplo, el símbolo de un resistor puede representar una resistencia fija o variable, mientras que el símbolo de un diodo muestra la dirección de la corriente que puede atravesar. Estos símbolos permiten la creación de diagramas claros y comprensibles para el diseño y análisis de circuitos electrónicos.

La tabla 1.1 recoge los símbolos más habituales usados en la representación de esquemas de sistemas combinacionales y secuenciales.



Sistemas combinacionales																			
Símbolo clásico	Símbolo ANSI	Función lógica	Tabla de la verdad	Descripción															
		NOT $S = \overline{a}$	<table><tr><th>a</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	S	0	1	1	0	Operación negación: La salida adquiere el estado opuesto al de la entrada.									
a	S																		
0	1																		
1	0																		
		OR $S = a + b$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	a	b	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	Operación suma: La salida adquiere el estado '1' siempre que cualquiera de las entradas esté en '1'.
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
		NOR $S = \overline{a + b}$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	b	S	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	Operación suma negada: La salida adquiere el estado '0' siempre que cualquiera de las entradas esté en '1'.
a	b	S																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
		AND $S = a \cdot b$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	a	b	S	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Operación producto: La salida adquiere el estado '0' siempre que cualquiera de las entradas esté en '0'.
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
		NAND $S = \overline{a \cdot b}$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	b	S	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Operación producto negado: La salida adquiere el estado '1' siempre que cualquiera de las entradas esté en '0'.
a	b	S																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
		XOR $S = \overline{a} \cdot b + a \cdot \overline{b}$ $S = a \oplus b$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	a	b	S	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Operación semisuma: La salida adquiere el estado '0' siempre que todas las entradas estén en el mismo estado.
a	b	S																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
		NXOR $S = \overline{\overline{a} \cdot b + a \cdot \overline{b}}$ $S = a \odot b$	<table><tr><th>a</th><th>b</th><th>S</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	a	b	S	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Operación semisuma negada: La salida adquiere el estado '1' siempre que todas las entradas estén en el mismo estado.
a	b	S																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	

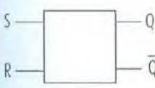
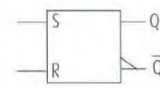
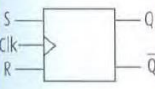
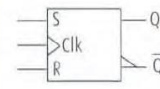
Sistemas secuenciales																													
Símbolo clásico	Símbolo ANSI	Tabla de la verdad	Descripción																										
		<table><tr><th>S</th><th>R</th><th>Q_n</th><th>$\overline{Q}_n$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>Q_{n-1}</td><td>$\overline{Q}_{n-1}$</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td colspan="2">No se usa</td></tr></table>	S	R	Q_n	$\overline{Q}_n$	0	0	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	No se usa		Biestable SR sensible por nivel: La salida Q adquiere el estado '1' cuando S = '1' y el estado '0' cuando R = '1'. La combinación S = R = '0' no provoca cambio en la salida y la S = R = '1' está prohibida.						
S	R	Q_n	$\overline{Q}_n$																										
0	0	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$																										
0	1	0	1																										
1	0	1	0																										
1	1	No se usa																											
		<table><tr><th>S</th><th>R</th><th>C</th><th>Q_n</th><th>$\overline{Q}_n$</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>Q_{n-1}</td><td>$\overline{Q}_{n-1}$</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td colspan="2">No se usa</td></tr></table>	S	R	C	Q_n	$\overline{Q}_n$	0	0	0	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	-	No se usa		Biestable SR sensible por flanco de subida: La salida Q adquiere el estado '1' cuando S='1' y Clk pasa de '0' a '1'. La salida Q adquiere el estado '0' cuando R = '1' y Clk pasa de '0' a '1'. La combinación S = R = '0' no provoca cambio en la salida y la S = R = '1' está prohibida.	
S	R	C	Q_n	$\overline{Q}_n$																									
0	0	0	Q_{n-1}	$\overline{Q}_{n-1}$																									
0	1	0	0	1																									
1	0	0	1	0																									
1	1	-	No se usa																										

Tabla 1.1 Simbología Electrónica
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales



1.2.2 Simbología Eléctrica

La simbología eléctrica es fundamental para la representación y comprensión en diagramas y esquemas. Utiliza símbolos estandarizados para mostrar componentes y conexiones, facilitando el diseño, la instalación y el mantenimiento de instalaciones eléctricas. Esta simbología asegura una comunicación clara y precisa entre profesionales del área, evitando errores y malentendidos.

Simbología de Tensiones y Tomas de Tierra

Los símbolos para tensiones muestran las fuentes de voltaje en un circuito, indicando tanto la polaridad como el tipo de corriente (AC o DC). Las tomas de tierra están representadas por símbolos que indican la conexión a tierra como se muestra en la tabla 1.2

Simbología de Conductores y Tomas de Tensión

Los conductores se representan mediante líneas que conectan los diferentes componentes del circuito. Las tomas de tensión, como los terminales de conexión, se simbolizan para mostrar puntos de acceso o conexión de voltaje en el sistema como se muestra en la tabla 1.3

Simbología de Contactos Eléctricos

Los contactos eléctricos, como los utilizados en interruptores y relés, se representan con símbolos que muestran su estado (abierto o cerrado) y su función en el circuito.

Estos símbolos permiten visualizar cómo se controla el flujo de corriente en diferentes condiciones como se muestra en la tabla 1.4.

Simbología de Pulsadores, Mandos y Accionamientos Eléctricos

Los pulsadores se simbolizan para mostrar su función de encender o apagar dispositivos, como se muestra en la tabla 1.5.

Simbología de Interruptores Eléctricos

Los interruptores se simbolizan para mostrar su capacidad de abrir o cerrar un circuito. Los símbolos indican el tipo de interruptor (simple, conmutador, doble, etc.) y su configuración en el sistema eléctrico como se muestra en la tabla 1.6.

Simbología de Relé Eléctrico

Los relés se representan con símbolos que muestran sus contactos principales y auxiliares, así como la bobina que controla el funcionamiento del relé. Esta simbología es esencial para entender cómo los relés gestionan la activación de diferentes partes del circuito como se muestra en la tabla 1.7.

Simbología de Otros Componentes Eléctricos de Uso Común

Incluye símbolos para otros dispositivos comunes, como se muestra en la tabla 1.8.

Tensiones y tomas de tierra	Símbolo	Comentario
Tensión continua		El valor de tensión puede indicarse a la derecha del símbolo:
Tensión alterna		El valor de tensión y frecuencia pueden indicarse a la derecha del símbolo. El número de fases y la presencia de neutro pueden indicarse a la izquierda del símbolo:
Tensión rectificada con componente alterna		Marcado de tensión continua no filtrada.
Polaridad positiva		Marcado de polaridad en continua.
Polaridad negativa		Marcado de polaridad en continua.
Neutro		Marcado de línea de neutro.
Toma de tierra		Marcado de toma de tierra.
Toma de tierra con protección		Marcado de toma de tierra con protección.
Toma de masa o chasis		Marcado de toma de masa o chasis.

Tabla 1.2 Simbología de Tensiones y Tomas de Tierra
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

Conductores y tomas de tensión	Símbolo	Comentario
Conductor principal o auxiliar		
Grupo de conductores en formato implícito		Se representa por un trazo único, con tantos trazos oblicuos como cables contenga el grupo o con un trazo oblicuo y un número de conductores.
Grupo de conductores en formato explícito		Se puede indicar la denominación de la línea, la naturaleza de la tensión y la sección de los conductores. En el ejemplo se trata de una línea trifásica de 380 V, 50 Hz con hilos de 120 mm² y una línea de neutro de sección 70 mm².
Conexión flexible		
Conductor apantallado		
Conductores trenzados		Tres conductores.
Conexión de conductores		Conexión en T y conexión con el símbolo de unión.
Conexión doble de conductores		Unión doble con y sin símbolo de unión.
Regleta de conexión		Regleta con terminales de conexión. Pueden añadirse marcas para identificar los terminales.

Tabla 1.3 Simbología de Conductores y Tomas de Tensión
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales



Contactos	Símbolo	Comentario
Contacto normalmente abierto (NA)		Contacto de cierre. Puede ser empleado como interruptor general.
Contacto normalmente cerrado (NC)		Contacto de apertura.
Contacto conmutado		Se produce primero la apertura del contacto NC y después el cierre del contacto NA.
Contacto conmutado con posición de corte		Contactos NA-NA con posición intermedia de corte.
Contacto inversor antes de apertura		Se produce primero el cierre del contacto NA y después la apertura del contacto NC.
Contacto de cierre adelantado respecto del conjunto		En un conjunto de contactos, éste se cierra antes.
Contacto con cierre retrasado respecto del conjunto		En un conjunto de contactos, éste se cierra después.
Contacto de apertura retrasada respecto del conjunto		En un conjunto de contactos, éste se abre después.
Contacto de apertura adelantada respecto del conjunto		En un conjunto de contactos, éste se abre antes.
Contacto de cierre retardado respecto del dispositivo accionador		El contacto se cierra con retraso respecto a la activación del dispositivo que lo controla.
Contacto de apertura retardada respecto del dispositivo accionado		El contacto se abre con retraso respecto a la activación del dispositivo que lo controla.
Contacto de cierre y apertura retardada respecto del dispositivo accionador		El contacto se cierra y abre con retraso respecto a la activación y desactivación del dispositivo que lo controla.
Base de conexión		Contacto hembra.
Clavija de conexión		Contacto macho.
Base y clavija de conexión		Contacto hembra y macho.
Conector a presión		

Tabla 1.4 Simbología de Contactos Eléctricos
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

Pulsadores	Símbolo	Mandos y accionamientos	Símbolo
Contacto de cierre con mando manual		Mando de transmisión mecánica, hidráulica, magnética, etc. Mando de acción retardada Mando de acción adelantada.	
Pulsador de cierre manual y retorno automático.		Retorno automático Retorno no automático Accionamiento mecánico manual Mando rotatorio.	
Tirador con contacto al cierre y retorno automático		Mando de tirador Mando de pulsador Mando de emergencia Mando por acción térmica	
Pulsador rotativo con contacto al cierre y retorno automático		Mando por acción electromagnética Mando por efecto magnético	
Pulsador de emergencia con enclavamiento no automático		Mando por energía hidráulica o neumática Mando por reloj eléctrico Mando por motor eléctrico	

Tabla 1.5 Simbología de Pulsadores, Mandos y Accionamientos Eléctricos
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

Interruptores	Símbolo	Comentario
Interruptor		Símbolo general de interruptor.
Interruptor final de carrera		Accionado mecánicamente.
Contactador		Accionado por el campo magnético creado por una bobina.
Interruptor guardamotor		Interruptor de apertura automática protegido contra fallos de tensión y/o corriente anormalmente elevada.
Interruptor automático		También llamado disyuntor, provoca la desconexión automática al paso de corrientes anormalmente elevadas.
Seccionador		Cerrado admite el paso de corriente nominal y abierto garantiza el corte sin la formación de arcos eléctricos.

Seccionador conmutado		Deriva la corriente hacia una línea u otra. Posee una posición de corte intermedia.
Interruptor seccionador		Permite la apertura y cierre de circuitos bajo tensión. No admite cortocircuitos.
Interruptor seccionador con apertura automática		Seccionador protegido contra corrientes anormalmente elevadas.
Seccionador con fusible		Seccionador protegido contra corrientes anormalmente elevadas.
Interruptor con fusible		Interruptor protegido contra corrientes anormalmente elevadas.

Tabla 1.6 Simbología de Interruptores Eléctricos
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

Relés	Símbolo	Comentario
Dispositivo de mando electromagnético		Símbolo general de un dispositivo de mando, por ejemplo: relé térmico.
Relé con dos devanados separados		Se puede emplear indistintamente cualquiera de los símbolos indicados.
Relé de conexión lenta		Dispositivo de mando de un relé de conexión retardada.
Relé de desconexión lenta		Dispositivo de mando de un relé de desconexión retardada.
Relé de acción térmica		Dispositivo de mando de un relé térmico.
Relé de acción electromagnética		Dispositivo de mando de un relé activado por acción electromagnética.
Relé de intensidad máxima		Relé activado por sobrecorriente.
Relé de tensión máxima		Relé activado por sobretensión.

Tabla 1.7 Simbología de Relé Eléctrico
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales



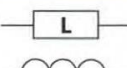
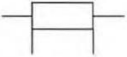
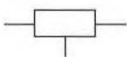
Componentes de uso general	Símbolo	Componentes de uso general	Símbolo
Amperímetro		Diodo rectificador.	
Voltímetro		Puente rectificador.	
Válvula		Tiristor (SCR).	
Fusible		Fotodiodo. Diodo sensible a la luz.	
Dispositivo luminoso. Lámpara		Inductancia. Cualquiera de las dos representaciones es válida.	
Dispositivo luminoso intermitente		Resistencia.	
Bocina		Resistencia shunt.	
Sirena		Potenciómetro.	
Timbre		Fotorresistencia (LDR).	
Zumbador		Condensador.	
Pila, batería o acumulador		Transformador de intensidad.	

Tabla 1.8 Simbología de Otros Componentes Eléctricos de Uso Común
Durán, J. (2012). Automatismos Eléctricos E Industriales

PRÁCTICA 1.2

Tema: Identificación y Uso de Símbolos Eléctricos

Resultado de aprendizaje:

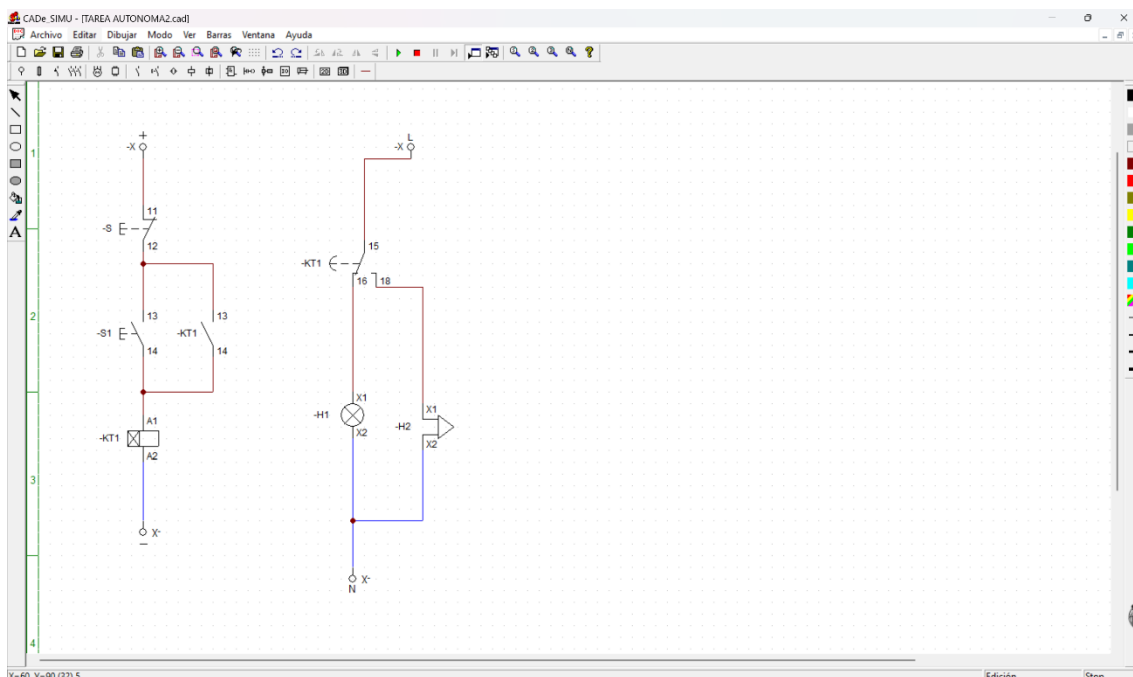
Los estudiantes deberían ser capaces de identificar y utilizar correctamente los símbolos eléctricos en CadeSimu. Deberán haber diseñado y simulado un circuito básico, comprendiendo la representación y conexión de los componentes eléctricos mediante la simbología estándar.

Objetivo:

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes identifiquen y utilicen correctamente los símbolos eléctricos en un entorno de simulación. Los estudiantes aprenderán a representar y conectar componentes eléctricos básicos en CadeSimu utilizando la simbología estándar.

Equipos y materiales:

Software CadeSimu



1.3 Dispositivo de Mando Básicos



Los dispositivos de mando son esenciales en el control industrial, ya que permiten la interacción entre el operador y los sistemas de automatización. Estos dispositivos se encargan de iniciar, detener o modificar el funcionamiento de un circuito o sistema. Se dividen en tres categorías principales según su forma de operación: elementos de mando manuales, detectores automáticos, y sensores.

SIMBOLOGÍA

Los símbolos de mandos mecánicos como interruptores de mando, finales de carrera, selectores, etc. van acompañados de una letra que significa la clase de elemento (-S) y un número de orden (1,2,3...).

La simbología para representar este tipo de mandos en los esquemas está basada en los contactos abiertos y/o cerrados y el sistema de

accionamiento, como se muestra la siguiente figura 1.2.

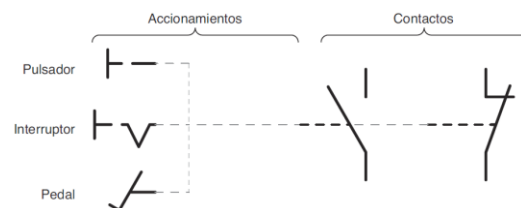


Figura 1.2 Simbología de los mandos

1.3.1 Elementos de Mando Manuales

Los elementos de mando manuales requieren la intervención directa de un operador para su funcionamiento. Son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales para controlar máquinas o procesos. Algunos de los más comunes son:

Interruptores



Figura 1.2 Interruptor selector Siemens
<https://www.automation24.es/interruptor-selector-unidad-completa-siemens-sirius-act-3su1150-2bf60-1ma0>

Se utilizan para abrir o cerrar circuitos eléctricos, controlando el flujo de

corriente hacia un dispositivo. Pueden ser de distintos tipos, como de palanca, pulsador o deslizante.

Todos los interruptores cuentan con un mecanismo de enclavamiento mecánico que les permite permanecer en una posición fija hasta que se acciona nuevamente el elemento de control. A continuación, en la tabla 1.9 se muestran algunos símbolos utilizados para representar los distintos tipos de interruptores.

Elemento	Símbolo	Identificador
Interruptor rotativo de un solo contacto		S
Interruptor rotativo de doble cámara de contactos (uno abierto y otro cerrado)		S
Interruptor tipo pulsador de un solo contacto		S
Interruptor de llave de contacto normalmente cerrado		S

Tabla 1.9 Símbolos de varios tipos de interruptores

Conmutadores

Permiten la selección de diferentes posiciones de control, con múltiples

contactos que pueden activar distintas funciones dentro de un circuito, su simbología se muestra en la siguiente tabla 1.10.

Elemento	Símbolo	Identificador
Conmutador rotativo de dos circuitos dos posiciones		S
Conmutador rotativo de dos circuitos tres posiciones		S

Tabla 1.10 Símbolos de conmutadores

Pulsadores

Son dispositivos que, al ser presionados, permiten el paso de corriente. Se clasifican en normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC), según su estado de reposo.

Los botones de los pulsadores pueden tener diversos colores, pero es fundamental prestar especial atención al verde, que se emplea para el arranque, y al rojo, que se utiliza para la detención, la simbología se muestra en la siguiente tabla 1.11.



Figura 1.3 Pulsadores Siemens

<https://electricoindustrial.com.ec/producto/pulsador-plastico-siemens-sirius-act-22mm/>

Elemento	Símbolo	Identificador
Pulsador con contacto normalmente abierto (pulsador de marcha)		S
Pulsador con contacto normalmente cerrado (pulsador de parada)		S
Pulsador de doble cámara con contacto abierto y contacto cerrado		S

Tabla 1.11 Símbolos de Pulsadores

Todos estos dispositivos de control manual generalmente se instalan en cajas, ya sean de plástico o metálicas, las cuales pueden albergar más de un componente. Además, estos dispositivos son vitales para operaciones como arranque-

paro, selección de modos de operación o activación de circuitos de emergencia.

1.3.2 Detectores Automáticos

Los detectores automáticos funcionan sin la intervención del operador, respondiendo de manera automática a cambios en el entorno o en el sistema. Dentro de esta categoría, se encuentran:

Finales de carrera

Detectan la posición de una máquina o un objeto en movimiento, actuando cuando se alcanza una determinada posición final.

También llamados interruptores de posición su simbología se muestra en la tabla 1.12.



Figura 1.4 Finales de Carrera Siemens
<https://electricoindustrial.com.ec/producto/finales-de-carrera-3se-siemens-40mm/>

Termostatos

Detectan variaciones de temperatura y se activan para encender o apagar un sistema, como en sistemas de calefacción o refrigeración.



Figura 1.5 Termostatos Siemens
<https://www.siemens.com/es/es/productos/building-technology/hvac/termostatos-ambiente.html>

Presostatos

Monitorean cambios de presión en un sistema, activando dispositivos cuando se sobrepasan ciertos umbrales de presión.



Figura 1.6 Presostatos Siemens
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/?mlfb=BPZ%3AQB81-10>

Estos detectores son claves en aplicaciones que requieren monitoreo constante y respuestas automáticas, como el control de niveles, temperaturas o presiones en procesos industriales.



Los dispositivos que incluyen convertidores, los cuales transforman magnitudes eléctricas en no eléctricas, o transductores, que convierten magnitudes no eléctricas en eléctricas, se identifican con la letra -B.

Elemento	Símbolo	Identificador
Interruptor de posición. Contacto normalmente abierto		S
Interruptor de posición. Contacto normalmente cerrado		S
Interruptor de posición con doble cámara de contactos		S
Interruptor de posición. Otra forma de representación		S

Tabla 1.12 Símbolos de Finales de Carrera

En general, todos ellos permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se actúa sobre su accionamiento.

Elemento	Sensor	Símbolo	Identificador
Interruptor de pedal			S
Interruptor de palanca			S
Sensor tirador			S
Presostato (interruptor por presión)			B
Interruptor por flotador			B

Tabla 1.13 Detectores Electromecánicos

1.3.3 Sensores

Los sensores son dispositivos que transforman una variable física (como temperatura, luz, presión o proximidad) en una señal eléctrica que puede ser procesada por un sistema de control. Pueden clasificarse en varios tipos:

Sensores de proximidad

Detectan la presencia de un objeto sin contacto físico, utilizando tecnologías como la inducción electromagnética, ultrasonidos o infrarrojos. Son muy utilizados en líneas de producción y en sistemas de control de acceso. En la figura 1.7 tenemos un sensor inductivo y su simbología en la figura 1.8.

Sensores de temperatura

Como los termopares o termistores, que convierten la variación de temperatura en una señal eléctrica para el control de procesos térmicos.

Sensores ópticos

Detectan la presencia o ausencia de objetos utilizando haces de luz, generalmente infrarrojos. Se emplean en aplicaciones de detección rápida y precisa en líneas de producción.

Estos sensores permiten a los sistemas industriales recopilar datos en tiempo real para la toma de decisiones automáticas o manuales, siendo esenciales para la eficiencia y la seguridad en el entorno de trabajo.



Figura 1.7 Sensor Inductivo

<https://www.inmaelectro.com/productos/siemens/sensores/565/sensor-inductivo-bero/>

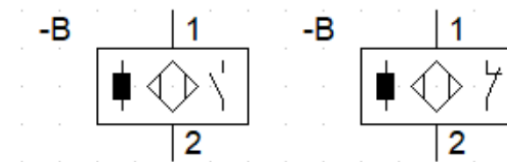


Figura 1.8 Simbología del sensor Inductivo NA-NC

Ejemplo 1.1: Cual es el símbolo para un pulsador con dos contactos, uno NA y otro NC.

Solución:

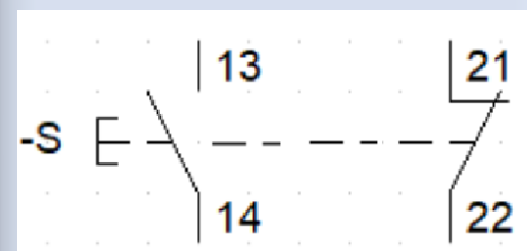
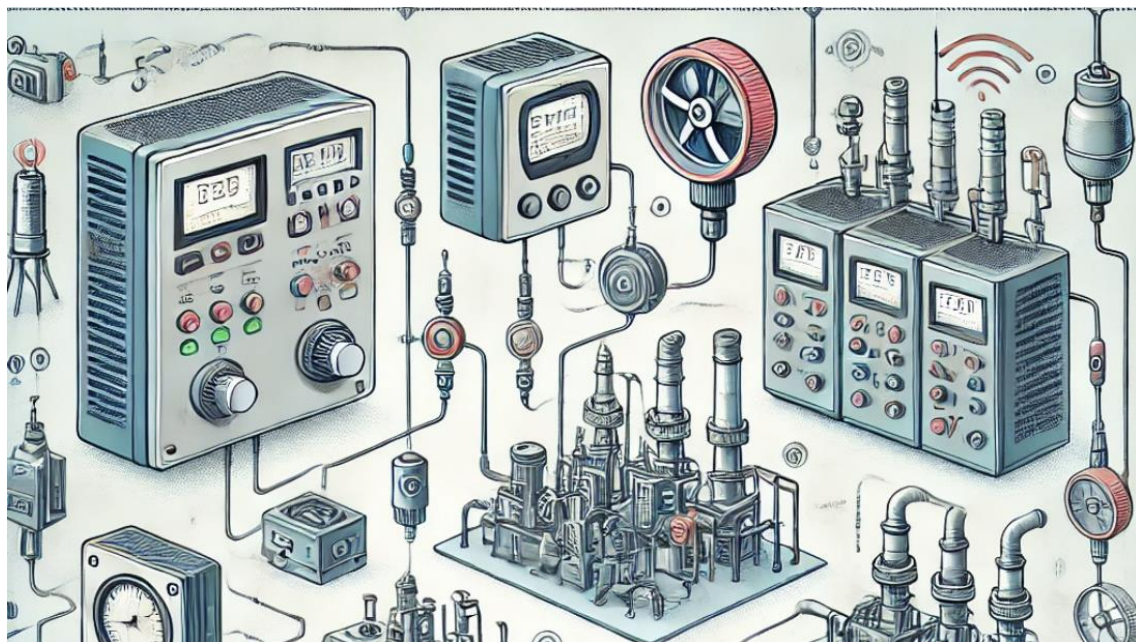


Figura 1.9 Simbología del ejercicio 1.1.

1.4 Dispositivos de Regulación y Actuadores



En los sistemas de control industrial, los dispositivos de regulación y los actuadores desempeñan un papel clave para mantener el control y la automatización de procesos. Los dispositivos de regulación permiten ajustar y mantener parámetros específicos dentro de un sistema, como presión, temperatura, flujo o velocidad. Por otro lado, los actuadores son los encargados de convertir una señal de control en movimiento físico o mecánico, ejecutando una acción específica dentro del sistema.

una señal de control proveniente de sensores o sistemas de monitoreo. A continuación, se describen los más comunes:

Controladores de Temperatura:

Estos dispositivos regulan la temperatura dentro de un sistema industrial. Utilizan termostatos, sensores de temperatura o resistencias para mantener la temperatura dentro de un rango preestablecido.

1.4.1 Dispositivos de Regulación

Los dispositivos de regulación tienen la función de mantener constantes ciertos parámetros de un sistema, garantizando la estabilidad y eficiencia del proceso. Estos dispositivos actúan en función de



Figura 1.10 Siemens Controlador de Temperatura y Presión RWF10 Siemens

Variadores de Frecuencia (VFD):

Estos dispositivos regulan la velocidad de motores eléctricos ajustando la frecuencia de la corriente de alimentación. Son ampliamente utilizados para controlar la velocidad y el par motor en aplicaciones como bombas, ventiladores y compresores.



Figura 1.11 Variadores de Velocidad SIEMENS Sinamics V20 440 VAC Trifásico
Siemens

1.4.2 Actuadores

Los actuadores son dispositivos que reciben una señal de control y la convierten en una acción física, como el movimiento lineal o rotativo es decir convierte una señal eléctrica en otra no eléctrica. Son una parte fundamental en los sistemas de control automatizados, ya que ejecutan las decisiones que toman los controladores. Los actuadores se pueden clasificar en varias categorías según el tipo de energía que utilizan:

Actuadores Eléctricos: Utilizan energía eléctrica para generar movimiento. Algunos ejemplos son:

Motores Eléctricos: Estos convertidores de energía eléctrica en energía mecánica permiten mover equipos, como cintas transportadoras, bombas o ventiladores.



Figura 1.12 7.5 KW 10 HP Siemens AC Motor, 1500 rpm
Siemens

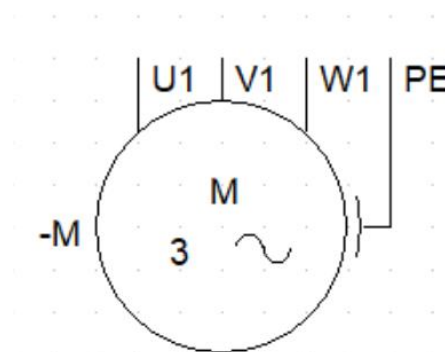


Figura 1.13 Simbología motor Trifásico.

Servomotores: Utilizados en sistemas que requieren control de precisión, como robots industriales o máquinas CNC. Los servomotores permiten controlar la posición, la velocidad y el par con gran exactitud.

Actuadores Neumáticos: Utilizan aire comprimido para generar movimiento. Se utilizan en aplicaciones que requieren alta velocidad de respuesta y fuerza constante, como en prensas

neumáticas o sistemas de sujeción. Ejemplos de actuadores neumáticos son los cilindros de simple o doble efecto, que convierten la energía del aire comprimido en movimiento lineal.



Figura 1.14 Actuadores neumáticos compactos
<https://www.festo.com/co/es/>

Actuadores Hidráulicos: Utilizan fluidos bajo presión (generalmente aceite) para generar movimiento. Son más potentes que los actuadores neumáticos y se utilizan en aplicaciones que requieren grandes fuerzas, como grúas, excavadoras y prensas hidráulicas. También existen cilindros hidráulicos que permiten realizar movimientos lineales precisos con alta potencia.

Actuadores Electrónicos: Son utilizados en sistemas más avanzados y precisos, como los actuadores piezoeléctricos, que generan movimiento a partir de una pequeña corriente eléctrica, ideal para aplicaciones de precisión en la industria microelectrónica o médica.

Ejercicio 1.2:

Diseña un sistema en el software CadeSimu que utilice un actuador lineal eléctrico para controlar el desplazamiento de expandir y contraer. Al accionar un interruptor, el actuador debe expandirse hasta que un final de carrera sea accionado, deteniendo así el actuador en su posición extendida. Al accionar otro interruptor, el actuador debe contraerse hasta que se accione otro final de carrera, deteniendo el actuador en su posición contraída.

Solución: En la figura 1.15 se muestra el control

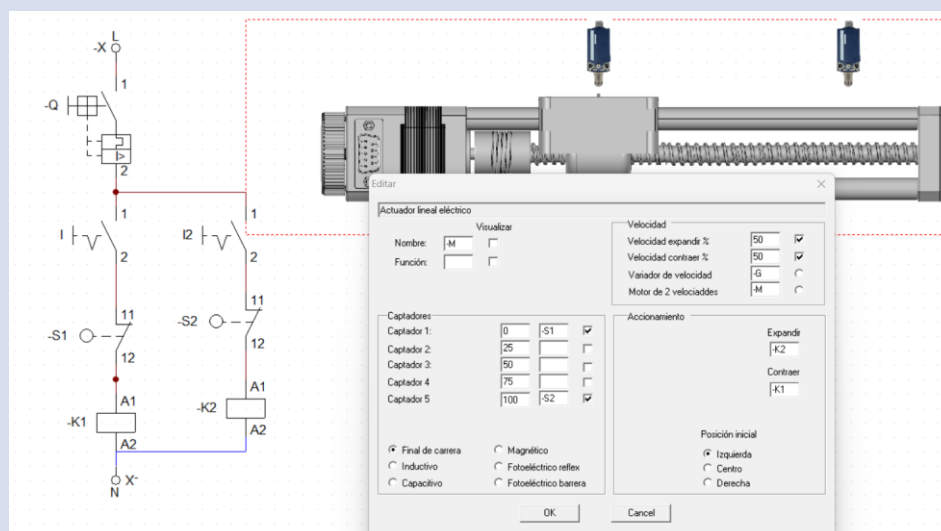
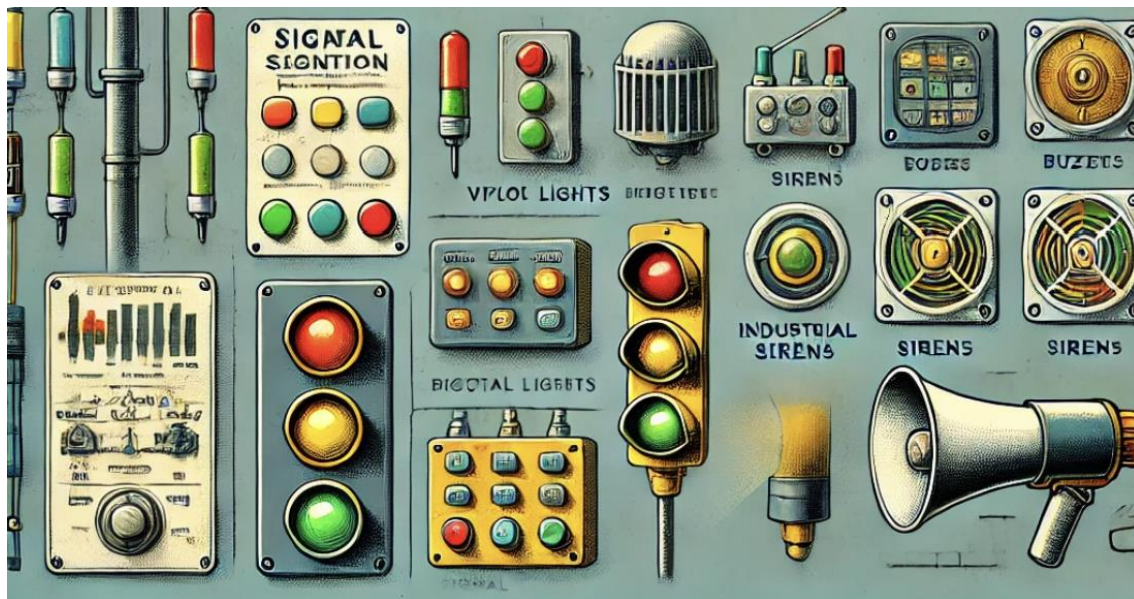


Figura 1.15 Actuadores lineal

1.5 Elementos De Señalización



Los elementos de señalización son componentes fundamentales en los sistemas de control industrial, ya que proporcionan información visual o acústica sobre el estado de una máquina o proceso. Estos dispositivos permiten a los operadores identificar rápidamente el funcionamiento correcto o detectar anomalías en el sistema. Los elementos de señalización se dividen en dos grandes categorías: señalizaciones luminosas, ópticas y señalizaciones acústicas.

1.5.1 Señalizaciones Luminosas y Ópticas

Las señalizaciones luminosas son uno de los métodos más comunes para proporcionar información en un entorno industrial. Mediante el uso de luces de distintos colores y patrones, se comunica el estado de una máquina o proceso en tiempo real. Estos dispositivos ayudan a mejorar la seguridad y la eficiencia,

alertando a los operadores sobre el estado operativo o la necesidad de intervención. Los tipos más comunes son:

Pilotos luminosos: Pequeñas luces que indican estados binarios, como encendido/apagado, marcha/paro, o condiciones normales/anómalas. Los pilotos suelen tener colores codificados: rojo para advertencias o fallos, verde para indicar funcionamiento normal, amarillo para precauciones, y azul o blanco para otras funciones específicas.



Figura 1.16 Luces Piloto LED CAMSCO 22mm
<https://www.camsco.com.tw/>

Elemento	Símbolo	Identificador
Lámpara de señalización en general		H
Lámpara intermitente		H
Pulsador con señalización luminosa		S

Tabla 1.14 Simbología de Luces Piloto

Torres de señalización o balizas luminosas:

Utilizadas en máquinas o áreas de producción, estas torres tienen varios niveles con luces de colores que indican diferentes estados operativos. Su función es proporcionar una señal visual clara a larga distancia, alertando al personal sobre posibles fallos, condiciones de espera o funcionamiento normal.



Figura 1.17 Simbología de Torres de señalización o balizas luminosas
Siemens

Pantallas gráficas o displays: En sistemas más avanzados, se utilizan pantallas electrónicas para mostrar información detallada sobre el estado del proceso o máquina. Estos

dispositivos pueden mostrar textos, símbolos o gráficos en tiempo real, proporcionando información precisa sobre el rendimiento del sistema o posibles fallos.

1.5.2 Señalizaciones Acústicas

Las señalizaciones acústicas complementan a las visuales, especialmente en entornos donde los operadores no siempre tienen visibilidad directa de los equipos o cuando necesitan estar alertados con urgencia. Estas señalizaciones son útiles en lugares con alta contaminación visual o donde la atención de los operadores debe dirigirse de forma inmediata a una anomalía.

Zumbadores o sirenas: Son los dispositivos más comunes en la señalización acústica. Emiten un sonido que varía en volumen e intensidad, dependiendo de la gravedad del evento. Los zumbadores suelen utilizarse para advertir sobre fallos graves en el sistema, como sobrecalentamientos,

problemas de seguridad o paradas de emergencia. Ver tabla 1.15.

Timbres industriales: Se utilizan para señalar eventos operativos de menor urgencia, como el fin de un ciclo de producción o un cambio en las condiciones de la máquina. Los timbres emiten un sonido menos intrusivo pero sonoros, lo que permite a los operadores estar al tanto de las condiciones de trabajo sin crear una sensación de alarma. Ver tabla 1.16.

Altavoces o sistemas de megafonía: En algunos entornos industriales, es necesario proporcionar instrucciones específicas o alertas detalladas. Los altavoces permiten a los supervisores o sistemas automatizados emitir mensajes verbales o tonos personalizados para una comunicación más clara y precisa. Ver tabla 1.17.

Elemento	Símbolo	Identificador
Sirena		H
Zumbador		H

Tabla 1.15 Simbología de Zumbadores o sirenas:

Elemento	Símbolo	Identificador
Timbre		H
Silbato		H

Tabla 1.16 Simbología de Timbres y silbatos

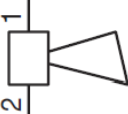
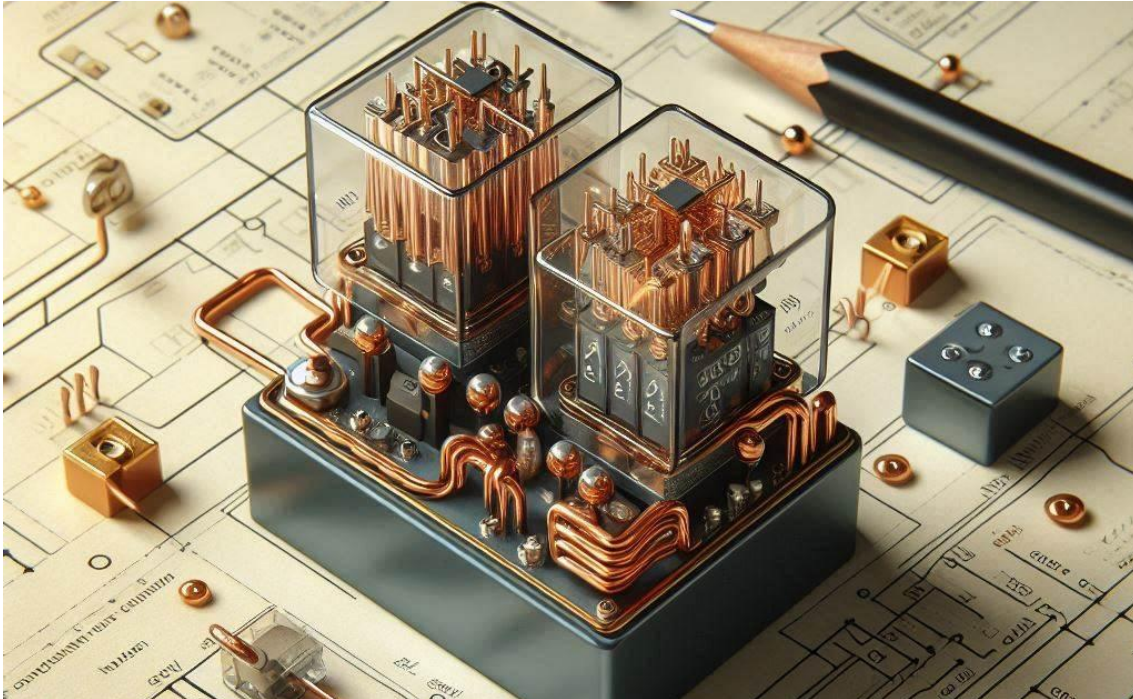
Elemento	Símbolo	Identificador
Bocina		H

Tabla 1.17 Simbología de Altavoces o sistemas de megafonía

1.6 Teoría General De Relés



Los relés electromagnéticos son dispositivos fundamentales en los sistemas de control industrial, actuando como interruptores controlados eléctricamente que permiten la conexión y desconexión de circuitos de mayor potencia. Su capacidad para aislar el circuito de control del circuito de potencia los hace indispensables en aplicaciones donde se requiere un alto nivel de seguridad y confiabilidad.

¿QUÉ ES UN RELÉ?

Un relé es un interruptor electromecánico controlado a distancia mediante una pequeña corriente eléctrica. Está compuesto principalmente por un electroimán, un conjunto de contactos eléctricos y un resorte. Cuando el electroimán es energizado por una corriente de control, genera un campo magnético que mueve los contactos, cerrando o abriendo el

circuito de potencia. Los relés permiten que una señal de baja potencia controle circuitos de mayor corriente sin que ambos estén directamente conectados.

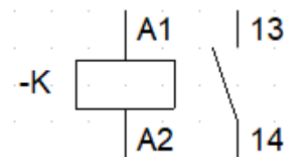


Figura 1.18 Simbología de Relé con un contacto normalmente abierto



Figura 1.19 Relay Encapsulados 8 Pines Redondos 2 polos (2NA/2NC) 12v relé
<https://megatronica.cc/producto/relay-encapsulados-8-pines-redondos-2-polos-2na-2nc-12v-rele/>

1.6.1 Funcionamiento de un Relé

El principio de funcionamiento de un relé se basa en el uso de un electroimán. Al aplicar una corriente eléctrica en la bobina del relé, se genera un campo magnético que atrae una armadura móvil. Esta armadura, conectada a los contactos móviles del relé, cambia su posición para cerrar o abrir el circuito de salida. Existen dos tipos principales de contactos en los relés:

Normalmente Abierto (NA):

Cuando el relé no está energizado, estos contactos permanecen abiertos y no permiten el paso de corriente. Al energizarse el relé, los contactos se cierran y permiten el flujo de corriente.

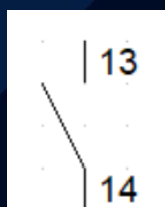


Figura 1.20 Simbología Contacto NA

Normalmente Cerrado (NC): Estos contactos están cerrados cuando el relé no está energizado, permitiendo el flujo de corriente. Al energizarse el relé, los contactos se abren, interrumpiendo la corriente.

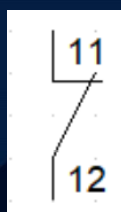


Figura 1.21 Simbología Contacto NC

1.6.2 Tipos de Relés

Existen diferentes tipos de relés, cada uno diseñado para aplicaciones específicas en el control de circuitos eléctricos. Algunos de los más comunes incluyen:

Relé Electromagnético: El tipo más básico y utilizado. Utiliza un electroimán para accionar los contactos.

Relé de Estado Sólido (SSR): No tiene partes móviles, sino que utiliza componentes semiconductores para realizar las funciones de conmutación. Son más rápidos y duraderos, pero más costosos.

Relé Temporizador: Integra un sistema de retardo de tiempo para activar o desactivar un circuito tras un intervalo predeterminado. Son comunes en aplicaciones que requieren secuencias temporizadas, como el arranque de motores.

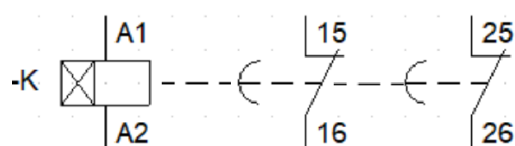


Figura 1.22 Simbología Relé Temporizado a la conexión

Relé de Sobrecarga Térmica:

Diseñado para proteger motores eléctricos de sobrecargas. Este tipo de relé detecta el aumento de temperatura en el circuito y desconecta el motor si se exceden los límites de seguridad.

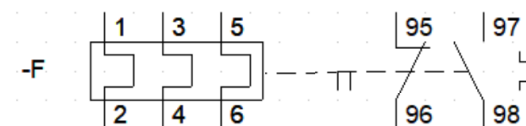


Figura 1.23 Simbología Relé Térmico

1.6.3 Aplicaciones de los Relés

Los relés se utilizan en una amplia gama de aplicaciones industriales y domésticas, debido a su capacidad para controlar cargas elevadas desde circuitos de baja potencia. Algunas de las aplicaciones más comunes incluyen:

Control de motores eléctricos: Los relés permiten encender o apagar motores de gran potencia sin necesidad de que el operador interactúe directamente con el circuito de potencia.

Protección de circuitos: Los relés de sobrecarga térmica protegen los motores y otros dispositivos de daños por sobrecalentamiento.

Automatización industrial: En sistemas de automatización, los relés se utilizan para secuenciar acciones y activar diferentes partes de un proceso en el orden correcto.

Sistemas de seguridad: En entornos donde la seguridad es crítica, los relés se utilizan para desactivar equipos en caso de emergencia o fallo del sistema.

Ejemplo 1.3:

Simular en CadeSimu: Uso de Relé para el Control de una Lámpara.

Solución:

Seleccionamos los componentes: Un relé electromagnético (con contactos NO), Un pulsador NO (Marcha), Un pulsador NC (Paro), Una lámpara. Conectamos el pulsador Marcha a un extremo de la bobina del relé, se conecta el pulsador Paro en serie con el circuito de alimentación de la bobina, se conecta la lámpara a los contactos NO del relé, como se observa en la siguiente figura.

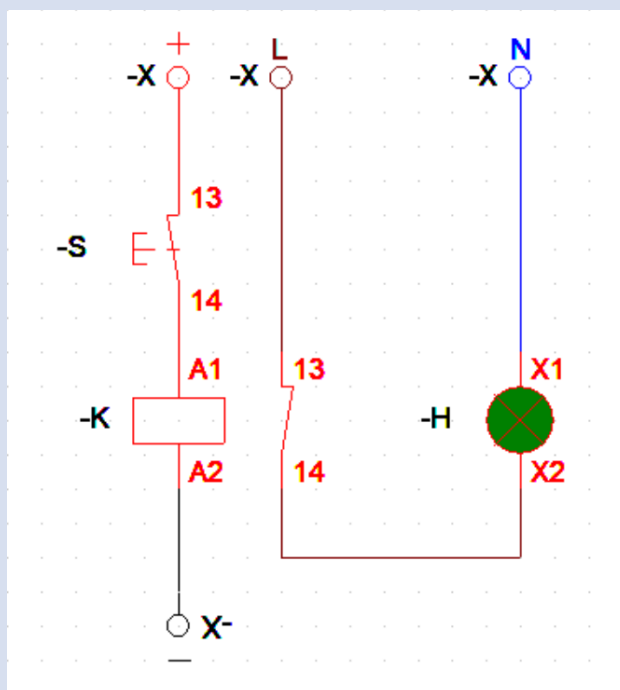
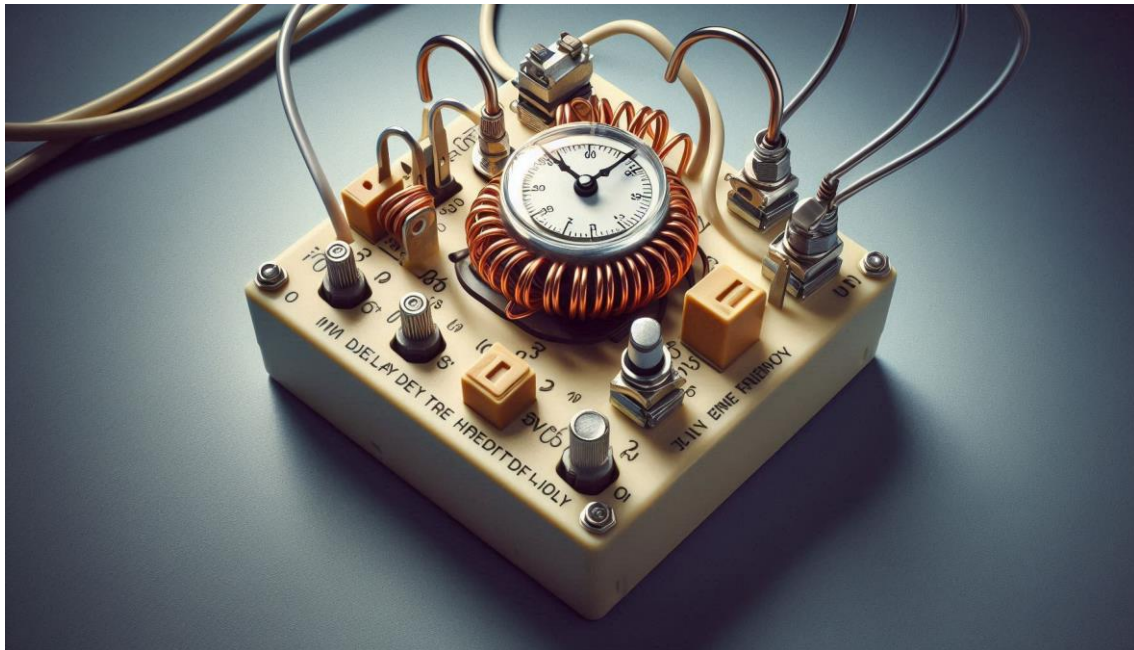


Figura 1.24 Simula Uso de Relé para el Control de una Lámpara.

1.7 El Temporizador O Relé Temporizado



Los temporizadores, también conocidos como relés temporizados, son dispositivos esenciales en los sistemas de control industrial que permiten la activación o desactivación de una carga (como motores, bombas, luces, etc.) después de un intervalo de tiempo predefinido. Estos se utilizan para retrasar o programar el funcionamiento de un circuito, brindando un control más preciso sobre los procesos. Existen varios tipos de temporizadores, entre los más utilizados se encuentran los temporizadores ON Delay, OFF Delay y ON/OFF Delay, cada uno de ellos con características específicas.

1.7.1 Temporizador ON Delay

El temporizador ON Delay retrasa el encendido de una carga o circuito después de que se haya dado la señal de activación. Una vez que se

activa el temporizador, este inicia la cuenta regresiva. Cuando el tiempo predefinido ha transcurrido, el circuito se activa o cierra, permitiendo el paso de corriente.



Figura 1.25 Relé temporizador modular Zelio Time 24-240 V CA/CC
Schneider Electric

Funcionamiento

Al recibir la señal de entrada, el temporizador comienza a contar el

tiempo. Tras el tiempo programado, los contactos cambian de estado de abiertos a cerrados o viceversa, como se observa en la siguiente figura 1.26 el diagrama de tiempo del temporizador.

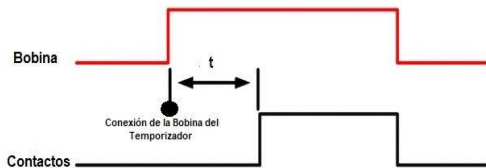


Figura 1.26 Diagrama de tiempo del temporizador On Delay

Este tipo de temporizador es ideal para situaciones donde es necesario un retardo antes de que un dispositivo comience a operar, como por ejemplo el arranque escalonado de motores para evitar picos de corriente.

Simbología

En los esquemas, los componentes de un temporizador se representan con el símbolo literal KT. La letra K indica que se trata de un relé, mientras que la T señala que es un dispositivo de temporización. En la tabla 1.18 se resume sus simbologías.

Aplicaciones comunes

- Arranque secuencial de motores.
- Iluminación con retardo.
- Sistemas de seguridad que requieren una confirmación temporal antes de activar un mecanismo.

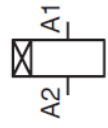
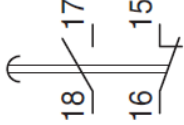
Elemento	Símbolo	Identificador
Temporizador a la conexión (bobina)		KT
Contactos de temporizador a la conexión		KT

Tabla 1.18 Simbología de temporizadores On Delay

Ejemplo 1.4:

Diseñar y simular en CadeSimu el circuito de maniobra para controlar una lámpara con las siguientes condiciones: Utilizar dos pulsadores marcha y paro (Auto enclavamiento) que al pulsar MARCHA la lámpara debe encenderse después de 10 segundos. Al pulsar PARO la lámpara debe apagarse.

Solución:

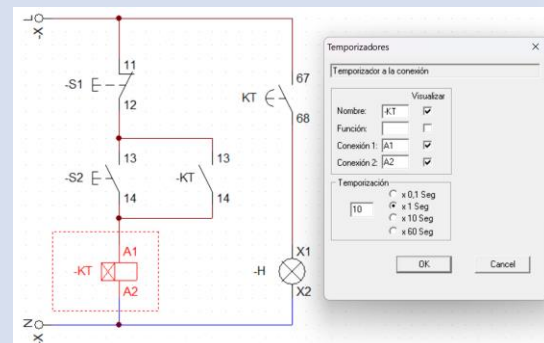


Figura 1.27 Simulación temporizador On-Delay.

1.7.2 Temporizador OFF Delay

El temporizador OFF Delay actúa de manera opuesta al temporizador ON Delay. En este caso, la acción de temporización comienza cuando se corta la señal de activación. Después de recibir la orden de apagado, el temporizador inicia una cuenta regresiva, y solo después de que el tiempo ha transcurrido, la carga o el circuito se apaga.



Figura 1.28 Siemens 3RP15311AP308K -OFF-DELAY
Siemens

Funcionamiento

La señal de entrada activa el circuito y este permanece cerrado. Cuando se corta la señal, el temporizador comienza a contar el tiempo. Tras finalizar el tiempo

configurado, el circuito se abre o desactiva, como se observa en la siguiente figura 1.29 el diagrama de tiempo del temporizador.



Figura 1.29 Diagrama de tiempo del temporizador Off Delay

Este tipo de temporizador es útil en situaciones donde, después de desactivar un sistema, se necesita un tiempo extra de operación, como mantener un ventilador encendido para enfriar un motor después de apagarlo.

Simbología

En la tabla 1.19 se resume las simbologías.

Aplicaciones comunes

- Ventilación post-operación.
- Sistemas de evacuación de gases o líquidos.
- Control de iluminación en escaleras o corredores.

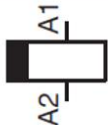
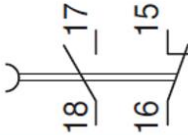
Elemento	Símbolo	Identificador
Temporizador a la desconexión (bobina)		KT
Contactos de temporizador a la desconexión		KT

Tabla 1.19 Simbología de temporizadores Off Delay

Ejemplo 1.5:

En una fábrica de chocolates existe una banda transportadora que funciona con un motor monofásico y está controlada a través de un interruptor (ON-OFF) a 24Vcc. Realizar el diseño y simulación para que cuando el operador seleccione el interruptor en OFF la banda transportadora deje de funcionar a los 5 minutos.

Solución:

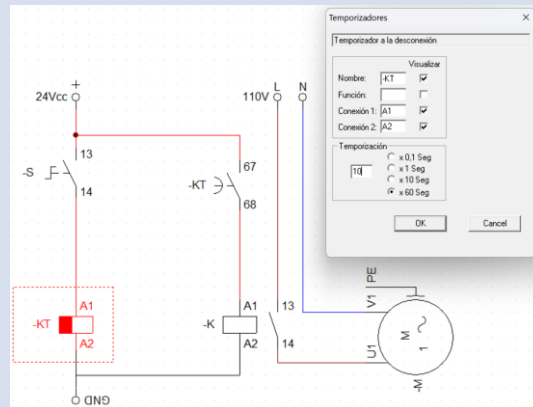


Figura 1.30 Simulación temporizador Off-Delay.

1.7.3 Temporizador ON/OFF Delay

El temporizador ON/OFF Delay combina las funciones de retardo en el encendido y retardo en el apagado. Permite tanto demorar el inicio de una operación como retrasar su finalización. Es un dispositivo versátil que puede ajustar ambos tiempos (ON y OFF) de manera independiente según las necesidades del proceso.

Funcionamiento

Al activarse, el temporizador espera el tiempo de ON Delay antes de cerrar el circuito. Después de la activación, cuando se da la señal de apagado, el temporizador ejecuta el tiempo de OFF Delay antes de abrir el circuito.

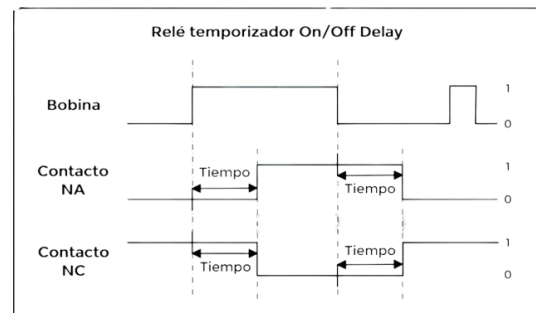


Figura 1.31 Diagrama de tiempo del temporizador On/Off Delay

Este tipo de temporizador es útil cuando se requiere un control total sobre los tiempos de encendido y apagado, proporcionando flexibilidad en los procesos industriales.

Simbología

En la figura 1.20 se resume las simbologías.

Aplicaciones comunes

- Control de calefacción o refrigeración en procesos industriales.
- Sistemas que necesitan tiempos programados de operación y descanso.
- Procesos automáticos de llenado y vaciado de tanques.

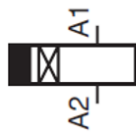
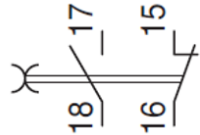
Elemento	Símbolo	Identificador
Temporizador con doble función a la conexión/desconexión (bobina)		KT
Contacto de temporizador conex/desconex		KT

Tabla 1.20 Simbología de temporizadores On/Off Delay

1.8 Teoría General De Contactores

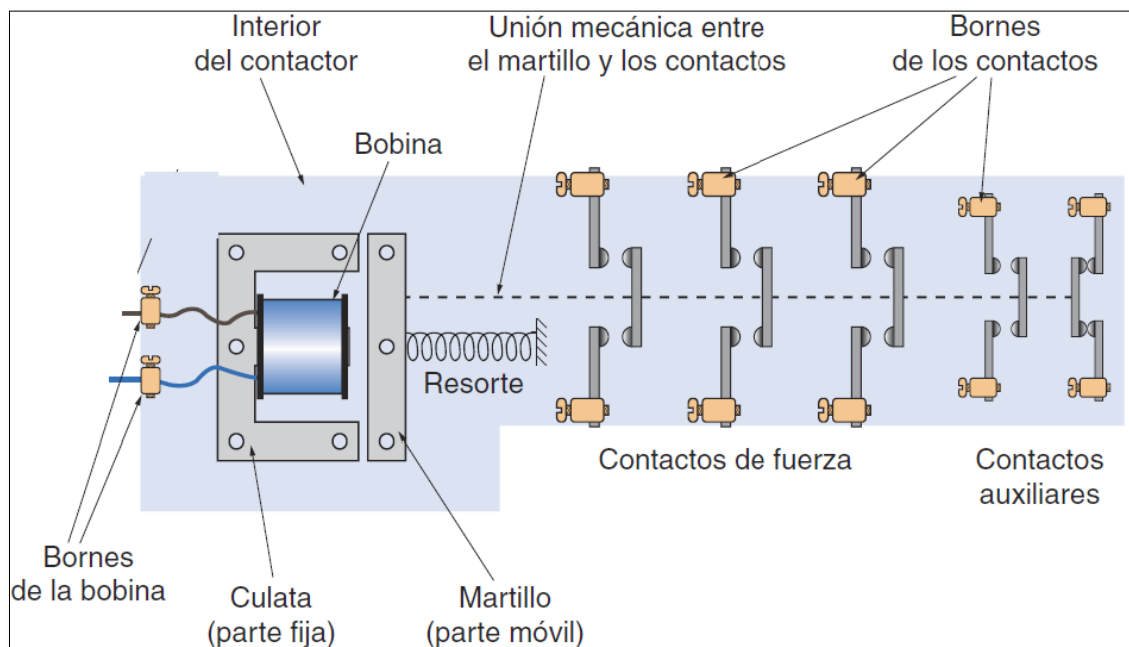


Figura 1.32 Partes del Contactador

Los contactores son dispositivos electromecánicos ampliamente utilizados en el control industrial para manejar el encendido y apagado de circuitos eléctricos, especialmente aquellos que involucran cargas de alto voltaje o corriente, como motores trifásicos, bancos de condensadores, o iluminación industrial. Un contactor es capaz de manejar corrientes mucho mayores que los relés convencionales, y su capacidad de conmutación lo convierte en un componente clave en el diseño de circuitos de control y potencia.



Figura 1.33 Contactor Trifásico SIEMENS SIRIUS Siemens

1.8.1 Partes de un Contactor

Un contactor está compuesto por varios elementos clave que permiten su funcionamiento eficiente y seguro. Lo podemos diferenciar generalmente en bobina, circuito magnético y contactos.

Bobina: Esta es la parte electromagnética del contactor. Al aplicarle corriente, genera un campo magnético que mueve el núcleo del contactor, permitiendo que los contactos se cierren o se abran.



Figura 1.34 Bobina del Contactor
<https://www.eivinueza.com.ec/automatizacion-y-control/bobinas-para-contactor/bobina-de-contactor-2.html>

Circuito Magnético

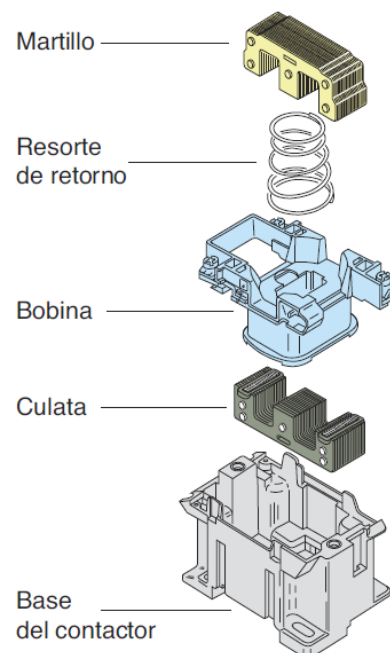


Figura 1.35 Circuito Magnético

La Culata: Es la parte fija y en ella se aloja la bobina del contactor

Martillo: Es la parte que se mueve cuando el campo magnético generado por la bobina lo atrae. Al ser accionado, permite el cierre de los contactos principales.

Resorte de retorno: Este componente asegura que el martillo regrese a su posición original una vez

que la corriente en la bobina se corta. Este movimiento abre los contactos, interrumpiendo el paso de la corriente.

Carcasa: La carcasa del contactor protege los componentes internos del ambiente externo, asegurando que el polvo, la humedad y otros factores no afecten su rendimiento.

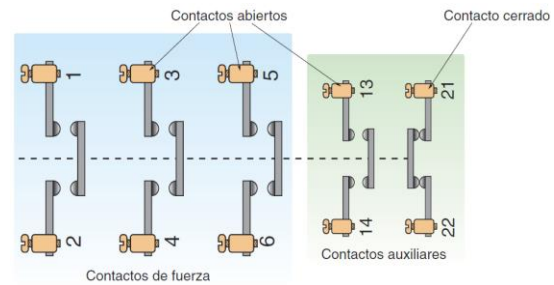


Figura 1.36 Contactos Eléctricos

Contactos eléctricos

Contactos principales o de fuerza:

Estos contactos se encargan de manejar la carga. Cuando el contactor es activado, los contactos principales cierran el circuito, permitiendo el paso de corriente hacia la carga.

Contactos auxiliares: Los contactos auxiliares no manejan directamente la carga, pero son importantes en el circuito de control. Pueden ser normalmente abiertos (NA) o normalmente cerrados (NC) y se utilizan para señalización, interbloqueos o para controlar otras funciones secundarias.

1.8.2 Funcionamiento del Contactor

El principio básico de funcionamiento de un contactor es el electromagnetismo. Cuando se aplica corriente a la bobina, ésta genera un campo magnético que atrae al martillo. Este movimiento provoca el cierre de los contactos principales, lo que permite que la corriente pase hacia la carga. Cuando la corriente en la bobina se interrumpe, el campo magnético desaparece y el resorte de retorno devuelve al martillo a su posición inicial, abriendo los contactos principales y desconectando la carga del circuito.

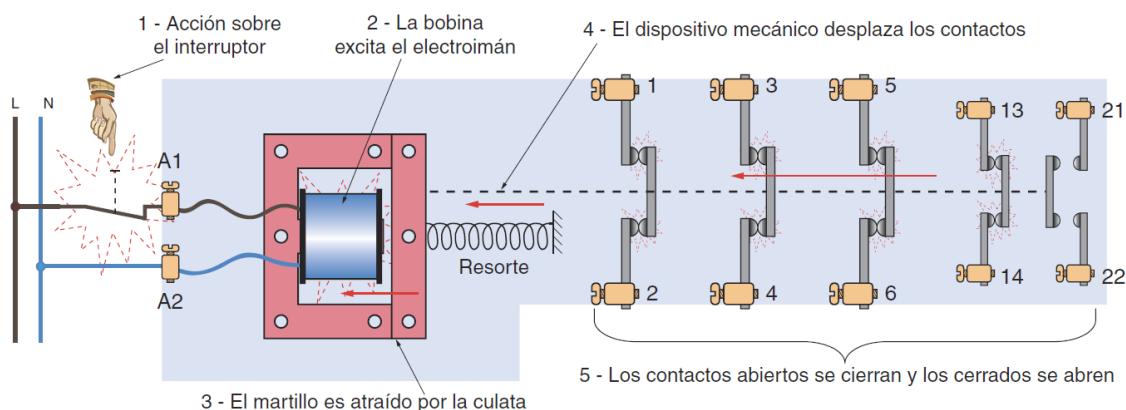


Figura 1.37 Funcionamiento del Contactor

1.8.3 Simbología del Contactor

La simbología eléctrica es esencial para la representación gráfica de contactores en los esquemas de control. La simbología específica puede variar ligeramente dependiendo de los estándares, pero estos elementos son universales en la mayoría de los diagramas de control industrial.

Identificación de los bornes de conexión

Marcado de bobinas de mando

Se identifican generalmente con las letras A1 y A2.

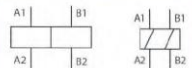
	Un devanado	Dos devanados
Bobinas de mando electromagnético		

Tabla 1.21. Simbología del Contactor

Marcado de contactos principales

Los contactos principales son los que gestionan el flujo de corriente hacia la carga. Los bornes de entrada y salida de los contactos principales suelen identificarse con los números 1L1, 3L2, 5L3 para las fases de entrada, y 2T1, 4T2, 6T3 para las salidas, en el caso de motores trifásicos.

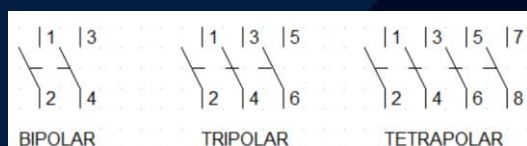


Figura 1.38 Simbología de los contactos principales

Marcado de contactos auxiliares

Estos contactos se utilizan para señalización o funciones de control secundarias. Se identifican comúnmente con los números 13 y 14 para los contactos normalmente abiertos (NA), y 21 y 22 para los contactos normalmente cerrados (NC). Estos números permiten identificar fácilmente si el contacto está en estado de apertura o cierre bajo condiciones normales.

Los contactos auxiliares de los contactores y los contactos de los auxiliares de mando como pulsadores, relés, interruptores, finales de carrera, etc. se marcan con dos cifras que indican:

- La cifra de unidades, llamada cifra de función que indica la función del contacto.
- La cifra de decenas indica el orden de numeración de los contactos en el contactor.

1.8.4 Categoría de Operación o Servicio

Los contactores se clasifican según la categoría de operación o servicio, la cual se refiere al tipo de carga que pueden manejar y las condiciones bajo las cuales operan. Algunas de las categorías más comunes son:

AC-1: Para cargas resistivas sin inducción significativa. Ejemplo: calefacción eléctrica.

AC-2: Para el control de motores de rotor anillado. Este tipo de operación implica arranque y parada del motor mediante el contactor.



AC-3: Para el control de motores de jaula de ardilla, donde el contactor es utilizado para arrancar y detener el motor, mientras que las corrientes de inrush pueden ser significativas durante el arranque. Es una de las categorías más utilizadas en la industria.

AC-4: Para el control de motores donde el contactor debe manejar operaciones frecuentes de

arranque, parada y reversión del motor. Esta categoría está diseñada para aplicaciones exigentes con picos de corriente elevados, como el frenado eléctrico.

La elección de la categoría de operación es fundamental para asegurar que el contactor sea capaz de manejar de manera eficiente y segura el tipo de carga con la que va a trabajar.

Cifra unidades	Función del contacto	Ejemplo (Las decenas indican el orden del contacto en el aparato)
1-2	De apertura (NC)	
3-4	De cierre (NA)	
1-2-4	Conmutado	
5-6	De apertura especial (temporizado, disparo de térmico...)	
7-8	De cierre especial (temporizado, disparo de térmico...)	
5-6-8	Conmutado especial (temporizado, disparo de térmico...)	

Tabla 1.22 Simbología de los contactos auxiliares



PRÁCTICA 1.8

Tema: Arranque Directo de un Motor Trifásico

Resultado de aprendizaje:

El estudiante será capaz de diseñar, cablear e implementar un circuito de control para el arranque directo de un motor trifásico, utilizando un contactor, dos pulsadores (marcha y paro), enclavamiento y señalización luminosa, aplicando las normas de seguridad y asegurando el correcto funcionamiento del sistema.

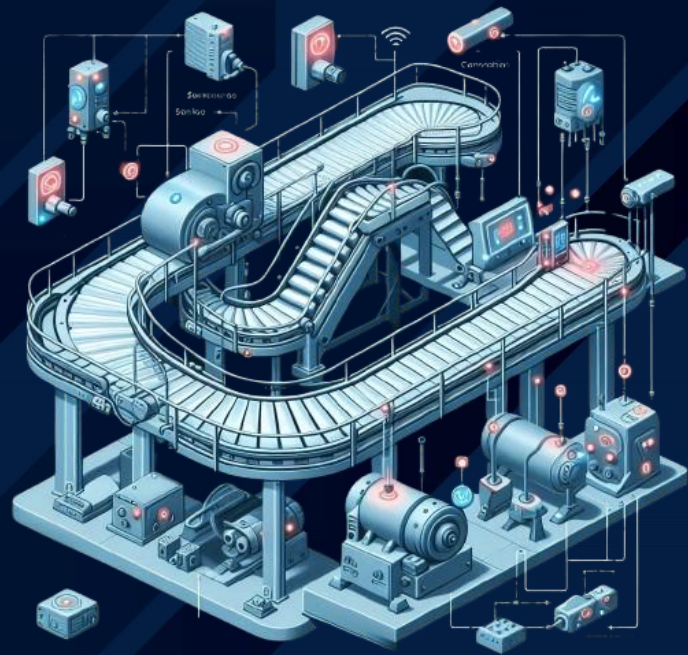
Objetivo:

Utilizando pulsadores de marcha y paro con enclavamiento. Además, se incorporará señalización luminosa para indicar el estado del motor (encendido o apagado). Durante la práctica, los estudiantes deberán diseñar tanto el circuito de control como el de potencia, asegurando una correcta implementación y respetando las normativas de seguridad eléctrica.

Equipos y materiales:

- Contactor trifásico
- Pulsador normalmente abierto (NA) para marcha
- Pulsador normalmente cerrado (NC) para paro
- Motor trifásico de baja potencia para simulación
- Interruptor termomagnético para protección del circuito de potencia
- Lámpara piloto verde para indicar motor encendido
- Lámpara piloto roja para indicar motor apagado
- Cableado de control y potencia
- Fuente de alimentación (24V, 110V o 220V según la bobina del contactor)
- Multímetro para pruebas y medición
- Simulador CadeSimu para la simulación del circuito antes de su implementación práctica

02



DISEÑO DE CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA

UNIDAD 2

2 DISEÑO DE CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA



2.1 Elementos de Protección

En los sistemas eléctricos industriales, los elementos de protección juegan un rol crucial en la seguridad operativa, ya que se encargan de desconectar el suministro eléctrico ante fallos como sobrecargas, cortocircuitos o fugas de corriente. Los elementos de protección que revisaremos son: el interruptor termomagnético, el interruptor diferencial, el guardamotor y el relé térmico. A continuación, analizaremos el funcionamiento y simbología de cada uno de ellos.

2.1.1 Interruptor Termomagnético



Figura 2.1 Interruptor automático 3P, 63A, Curva Tipo C Siemens

Funcionamiento

El interruptor termomagnético combina dos mecanismos de protección en un solo dispositivo:

Protección térmica: Ante una sobrecarga, un bimetálico dentro del interruptor se calienta, lo que provoca su deformación y apertura del circuito después de un corto tiempo. Este mecanismo protege contra incrementos graduales de corriente.

Protección magnética: En caso de un cortocircuito, un electroimán genera un campo magnético que actúa de manera instantánea, abriendo el circuito de forma rápida y protegiendo contra daños graves.

Ambas protecciones actúan en conjunto para cortar el flujo de corriente y evitar daños en el sistema y el equipo.

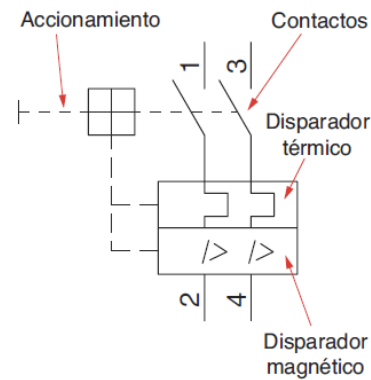


Figura 2.2 Simbología del interruptor termomagnético

El símbolo del interruptor termomagnético se representa en la tabla 2.1, acompañada por los símbolos que representan los circuitos de protección térmica y magnética.

Símbolo Del Interruptor Termomagnético:

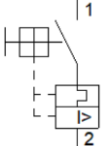
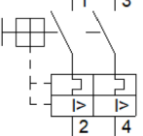
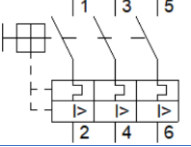
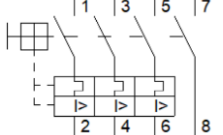
Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor magnetotérmico unipolar		Q
Interruptor magnetotérmico bipolar		Q
Interruptor magnetotérmico tripolar		Q
Interruptor magnetotérmico tetrapolar		Q

Tabla 2.1 Simbología de los interruptores termomagnético

Características Del Interruptor Termomagnético:

Las principales características del interruptor termomagnético son las siguientes:

Número de Polos: Puede tener 1, 2, 3 o 4 polos, dependiendo de la aplicación y del tipo de red eléctrica.

- Monopolar: Protege solo un conductor.
- Bipolar: Protege dos conductores (normalmente fase y neutro).
- Tripolar: Protege tres fases (en sistemas trifásicos).
- Tetrapolar: Protege tres fases y el neutro.

Intensidad Nominal (In): Se refiere a la corriente máxima que el interruptor puede soportar de manera continua sin dispararse. Las intensidades nominales más comunes van desde 6 A hasta 125 A, dependiendo del uso (doméstico o industrial).

Poder de Corte: Es la capacidad del interruptor de interrumpir una corriente de cortocircuito sin sufrir daños. Se expresa en kiloamperios (kA).

Tipo de Curva de Disparo: Representa la velocidad con la que el interruptor reacciona ante sobrecargas o cortocircuitos. Existen varios tipos de curvas de disparo:

Curva B: Adecuado para proteger circuitos con cargas resistivas, como la iluminación. Se dispara cuando la corriente excede de 3 a 5 veces la intensidad nominal.

Curva C: Se utiliza para circuitos con cargas mixtas, como motores. Se dispara cuando la corriente excede de 5 a 10 veces la intensidad nominal.

Curva D: Ideal para cargas inductivas o muy capacitivas, como transformadores o grandes motores. Se dispara cuando la corriente excede de 10 a 20 veces la intensidad nominal.

2.1.2 Interruptor Diferencial

Funcionamiento Diferencial

Interruptor



Figura 2.3 Interruptor diferencial Siemens

El interruptor diferencial tiene como objetivo detectar fugas de corriente hacia tierra. Este dispositivo compara la corriente que entra y la que sale de un circuito. Si detecta una diferencia, lo que indica una fuga de corriente a tierra, abre el circuito de manera instantánea para evitar descargas eléctricas. Este dispositivo protege principalmente a las personas, ya que puede detectar situaciones de riesgo como contactos directos o indirectos con partes activas.

Simbología Interruptor Diferencial

El interruptor diferencial se representa con un símbolo que incluye el circuito de comparación de corrientes y una señal de interrupción.

Elemento	Símbolos	Identificador
Interruptor diferencial bipolar		Q
Interruptor diferencial tetrapolar		Q

Tabla 2.2 Simbología de los interruptores Diferencial.

Características Del Interruptor Diferencial

Las principales características que definen un interruptor diferencial son:

- **Intensidad nominal:** intensidad de la instalación en la cual va a ser instalado.
- **Tensión nominal:** tensión de la instalación en la que va a ser instalado.
- **Sensibilidad (ΔI_n):** es el mínimo valor de la intensidad de defecto que provoca

la apertura del interruptor diferencial. En función de este valor, podemos clasificar los diferenciales como:

- Baja sensibilidad: $\Delta I_n > 300$ mA. Aplicación en industrias que no requieren

altos niveles de protección.

- Alta sensibilidad: ΔI_n entre 10 y 30 mA. Los de 30 mA son los que se utilizan

habitualmente en viviendas e instalaciones en general.

- **Número de polos:** los diferenciales se fabrican bipolares y tetrapolares.

2.1.3 Guardamotor

Funcionamiento Guardamotor



Figura 2.4 Guardamotor Siemens

El guardamotor es un dispositivo de protección diseñado específicamente para motores eléctricos. Combina protección térmica y magnética, además de incluir una protección ante fallos de fase. Este dispositivo detecta sobrecargas, cortocircuitos y desequilibrios entre las fases, lo que lo convierte en una solución integral para proteger motores. Si se detecta un fallo, el guardamotor corta la alimentación del motor para evitar daños.



2.1.4 Relé Térmico

Funcionamiento

El relé térmico protege contra sobrecargas prolongadas. Su diseño incluye un elemento bimetálico que, al sobrecalentarse debido a un exceso de corriente, se deforma y desconecta el motor. Este tipo de protección es especialmente útil en aplicaciones donde las sobrecargas ocurren de forma gradual y

sostenida. El relé térmico no corta el circuito instantáneamente, permitiendo que el motor maneje pequeños picos de corriente sin desconectarse.

Simbología

El relé térmico se simboliza con contactos que muestran un retardo en la apertura (NC) y se coloca en serie con los contactores de un motor.

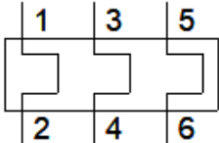
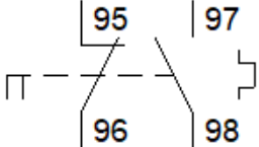
Elemento	Símbolos	Identificador
Laminas bimetálicas		F
Contactos auxiliares		F

Tabla 2.3 Simbología del Relé térmico.

2.2 Esquemas De Circuitos

Los esquemas de circuitos de automatismos industriales son fundamental en el control de máquinas y sistemas automatizados. Se revisarán las representaciones gráficas de los automatismos y cómo diseñar distintos tipos de circuitos de control y potencia utilizados en la industria.

2.2.1 Representación de Esquemas de Automatismos Industriales

Los esquemas de automatismos industriales son diagramas que permiten visualizar la forma en que se interconectan los componentes de un sistema eléctrico o de control. Estos diagramas se basan en la

simbología eléctrica normalizada, y son cruciales para entender cómo interactúan los dispositivos de control, señalización y protección.

Diagrama unifilar

Representa una línea por cada fase o hilo del sistema, permitiendo la simplificación de esquemas.

Diagrama multifilar

Muestra todas las conexiones eléctricas entre los componentes, lo que lo hace más detallado y útil para análisis técnicos.

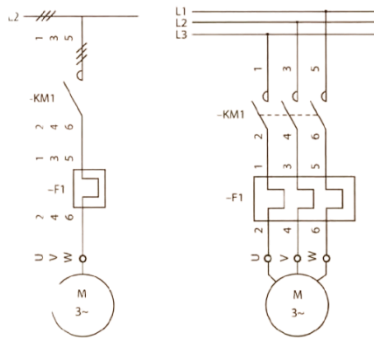


Figura 2.5 Esquema unifilar y multifilar

Esquemas De Fuerza Y Mando

Los esquemas de fuerza y esquemas de mando son dos tipos fundamentales de diagramas utilizados en el diseño de sistemas eléctricos y automatización industrial.

Esquemas de Fuerza (Circuitos de Potencia)

Los esquemas de fuerza son diagramas que representan la parte de un sistema eléctrico que maneja la potencia necesaria para alimentar una carga, generalmente

de alto consumo, como motores, resistencias o maquinaria industrial.

Esquemas de Mando (Circuitos de Control)

Los esquemas de mando representan la parte del sistema que controla la lógica de operación del circuito de fuerza. Estos diagramas muestran los dispositivos de control y su interconexión, y son responsables de determinar cuándo y cómo se activan los dispositivos de potencia.

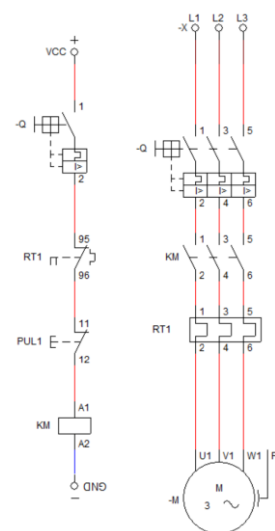


Figura 2.6 Esquema control y potencia

2.3 Diseño de Circuitos de Control Básico

Un circuito de control básico se refiere a la interacción entre los dispositivos de mando (como pulsadores, interruptores, relés) y los actuadores (motores, lámparas, solenoides), que operan siguiendo una lógica predeterminada.

2.3.1 Conexión Y Protección Del Circuito De Mando/Control

El circuito de mando debe disponer de un elemento protección contra cortocircuitos. Este puede ser el mismo que se utiliza en el circuito de fuerza.

Estas son algunas formas de proteger contra sobrecargas y cortocircuitos el circuito de mando:

- Mediante un interruptor magnetotérmico independiente.
- Mediante un fusible.

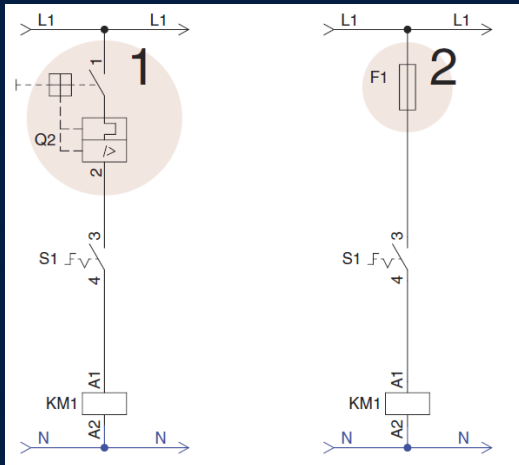


Figura 2.xx Protecciones de lo circuito de control / mando

2.3.2 Señalización Del Estado De Los Contactores

En muchas ocasiones es necesario señalar el estado de un contactor. Esto permite al operario detectar, de un simple vistazo si una máquina, está en funcionamiento o no.

Este tipo de señalización se puede realizar de varias maneras, pero la más sencilla se hace mediante pilotos, ubicados en las puertas de los cuadros eléctricos, o balizas luminosas.

Las lámparas de señalización se conectan en paralelo con las bobinas de los contactores o relés de los que se desea saber su estado de funcionamiento.

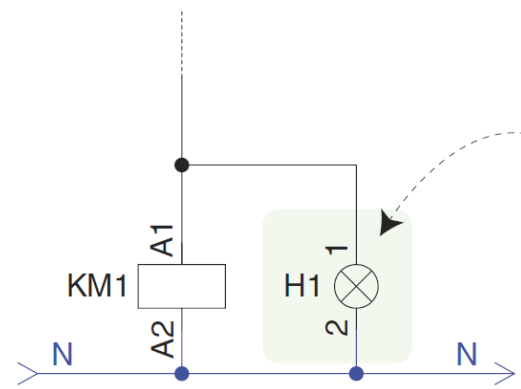


Figura 2.7 Señalización de la bobina de un contactor

2.3.3 Los Automatismos Básicos

Son fundamentales en la automatización industrial, ya que permiten controlar diferentes dispositivos eléctricos de manera eficiente y segura. Estos sistemas se pueden manejar manualmente o mediante señales automáticas, y su diseño varía según las necesidades de control. A continuación, se revisarán varios tipos de mandos y configuraciones comunes:

Control Manual Mediante un Conmutador

Este tipo de automatismo básico implica el uso de un conmutador que permite controlar manualmente el encendido y apagado de un dispositivo, como una lámpara o motor. El conmutador puede estar en una de dos posiciones (I o O), donde una de ellas activa el dispositivo y la otra lo apaga. Este tipo de control es útil para aplicaciones simples en las que solo se requiere una ubicación de control.

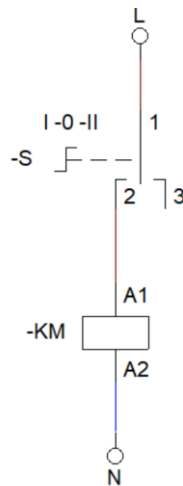


Figura 2.8 Esquema de Control Manual Mediante un Conmutador

Mando por Impulsos Desde un Punto

El mando por impulsos permite controlar un dispositivo mediante pulsos breves, generalmente utilizando un pulsador momentáneo. Al presionar el pulsador, se envía un impulso que activa el dispositivo, y al soltarlo, el dispositivo sigue en funcionamiento o se apaga dependiendo del diseño del circuito. Este sistema se suele utilizar en aplicaciones donde se desea un control temporal sin mantener un pulsador o interruptor en una posición fija.

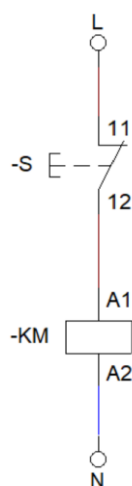


Figura 2.9 Esquema de Mando por Impulsos Desde un Punto

Mando por Impulsos Desde Dos Puntos

En este caso, el sistema permite controlar el dispositivo desde dos ubicaciones diferentes. Cada pulsador envía un impulso al dispositivo para encenderlo o apagarlo. Este diseño es útil cuando se desea controlar un dispositivo desde diferentes lugares, como el control de la iluminación en una escalera desde la parte superior e inferior.

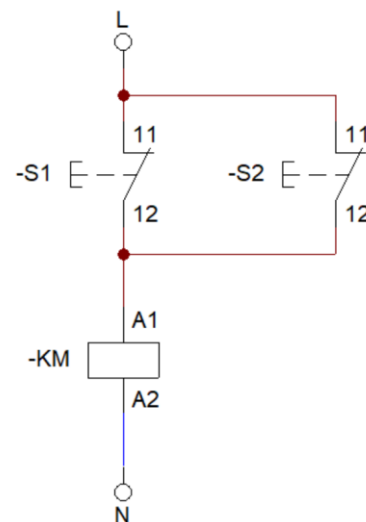


Figura 2.10 Esquema de Mando por Impulsos Desde más de un Punto

Mando con Retroalimentación con Prioridad Paro Sobre la Marcha Desde un Punto

Este tipo de automatismo incluye una retroalimentación en el sistema de control, de manera que el estado actual del dispositivo (encendido o apagado) afecta al siguiente ciclo de operación. En este caso, el sistema otorga prioridad al paro sobre la marcha, lo que significa que el dispositivo solo puede encenderse cuando se ha asegurado que está apagado.

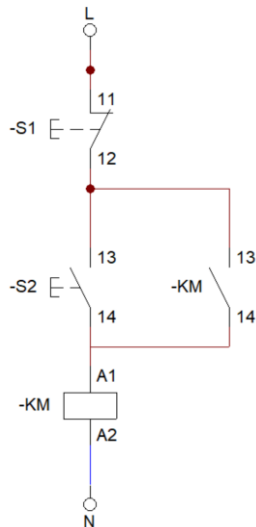


Figura 2.11 Esquema de Mando con retroalimentación

Mando con Retroalimentación con Prioridad Marcha Sobre el Paro Desde Dos Puntos

Aquí se añade retroalimentación, pero con prioridad en la marcha

sobre el paro. Esto significa que si se emite una señal de marcha mientras el dispositivo está parado, este se activará automáticamente. Además, el control se puede realizar desde dos puntos diferentes, permitiendo mayor flexibilidad en el mando.

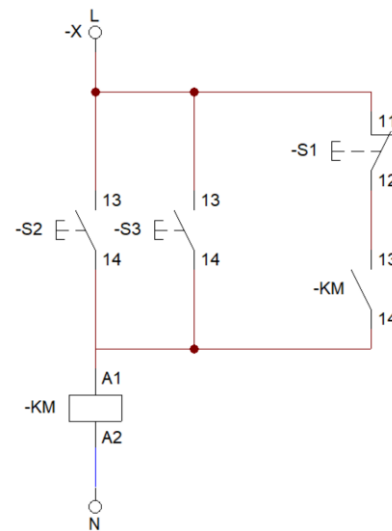


Figura 2.12 Esquema de Mando con retroalimentación más de dos puntos.

2.4 Diseño de Circuitos de Control y Potencia

El diseño de los circuitos de control y potencia es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos en instalaciones industriales. Los circuitos de potencia se encargan de la distribución y control de la energía que alimenta a los motores o cargas, mientras que los circuitos de control determinan cómo y cuándo los elementos de potencia deben activarse.

2.4.1 Arranque Directo De Motores

Este es el método más simple para poner en marcha un motor. Implica conectar directamente el motor a la red de alimentación mediante un contactor, protegido por un interruptor termomagnético y un relé térmico.

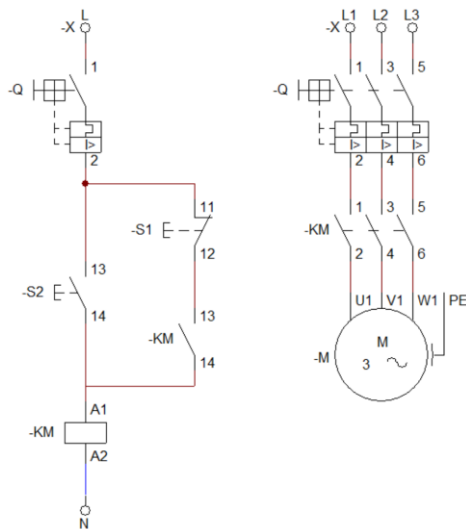


Figura 2.13 Arranque directo de un motor.

2.4.2 Inversor De Giro Para Motores De Corriente Alterna (CA)

Este tipo de circuito permite cambiar el sentido de rotación de un motor

trifásico mediante la inversión de dos de sus fases. Se utiliza con dos contactores (uno para cada dirección de giro) y un circuito de enclavamiento que evite la activación simultánea de ambos contactores.

2.4.3 Arranque Estrella-Triángulo

Es un método para reducir la corriente de arranque en motores de inducción trifásicos. El circuito comienza conectando el motor en configuración estrella para luego, tras un período de tiempo, cambiar a la configuración triángulo. Esto se realiza mediante tres contactores y un temporizador.

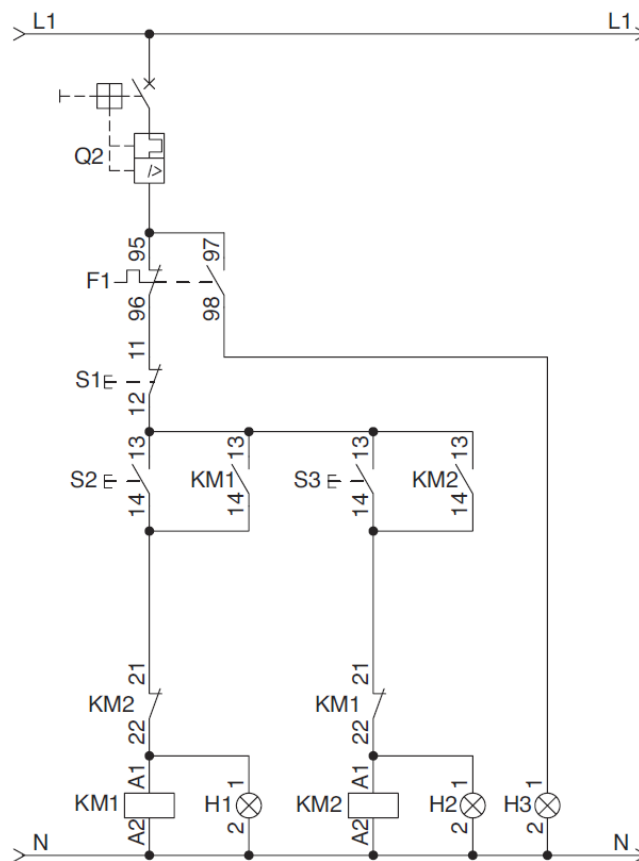


Figura 2.14 Esquema de giro de motor.

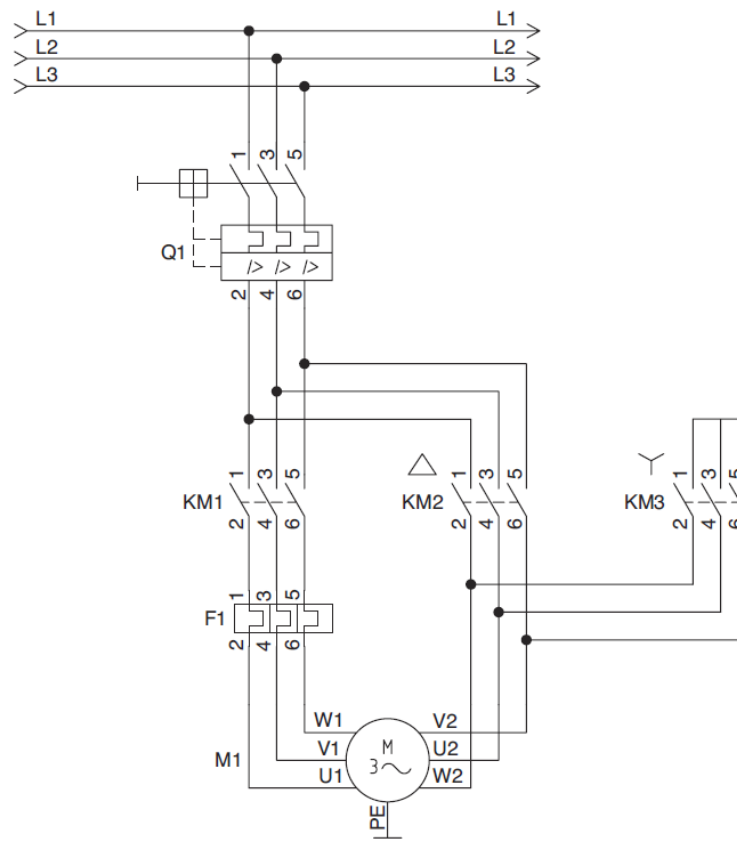


Figura 2.15 Esquema de Mando de arranque estrella - triángulo.

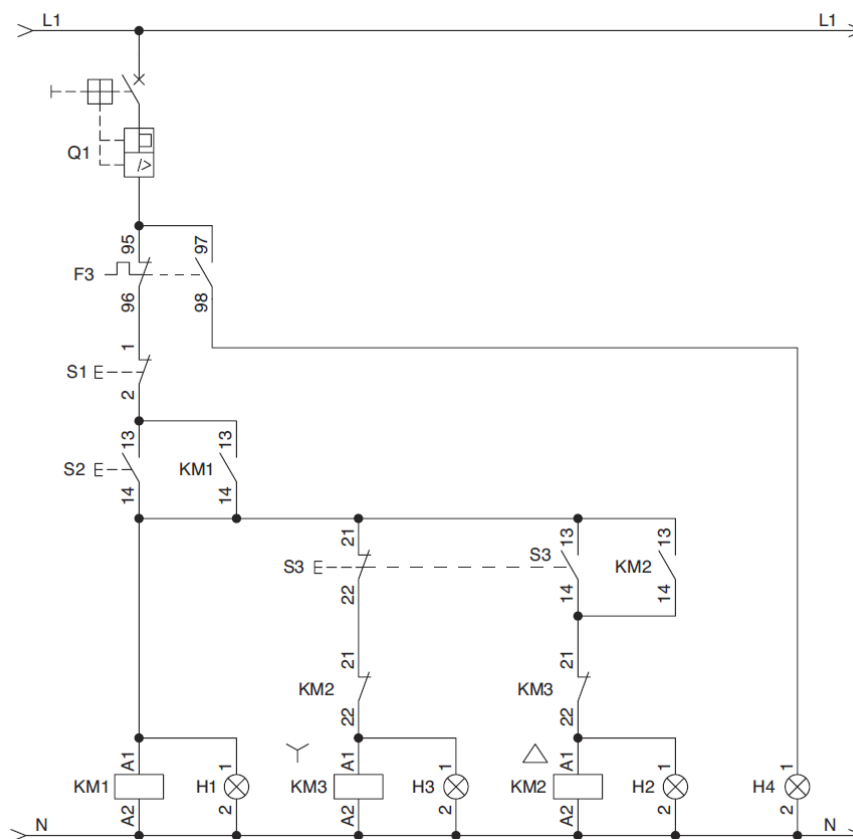
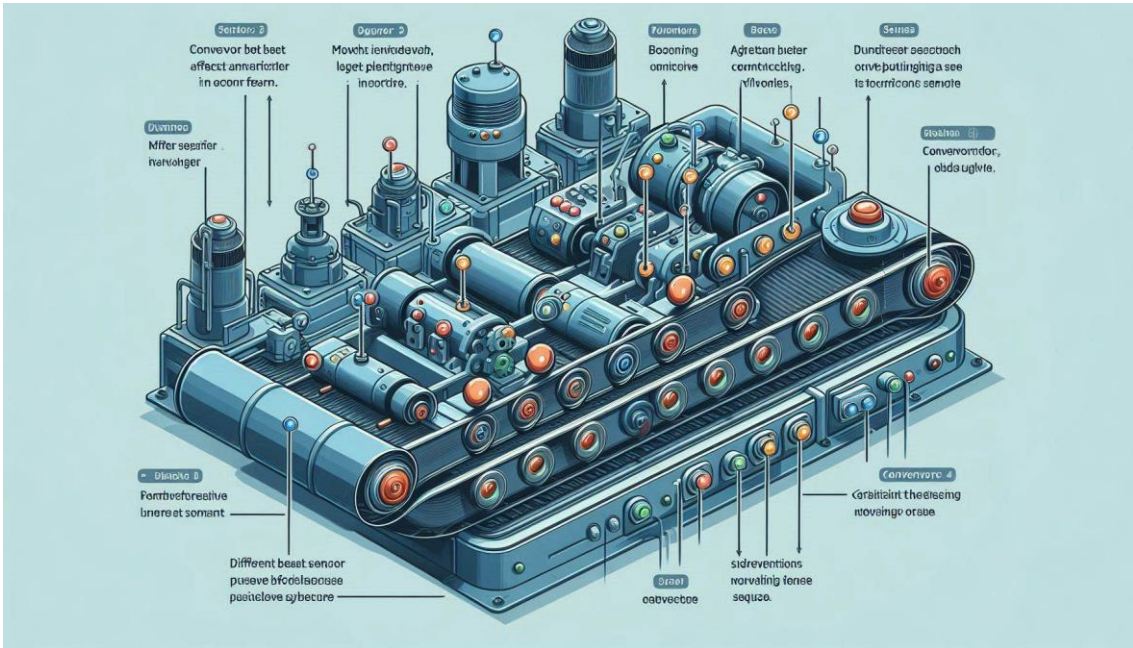


Figura 2.16 Esquema de Fuerza de arranque estrella - triángulo.

2.5 Diseño De Circuitos Secuenciales



Los circuitos secuenciales son aquellos en los que las salidas dependen no solo de las entradas actuales, sino también del estado anterior del sistema. Estos circuitos se utilizan cuando se requiere que los procesos se activen o desactiven en una secuencia específica. Ejemplos de este tipo de circuitos son:

Control de cinta transportadora:
Donde diferentes sensores detectan la posición de un objeto y activan o desactivan motores, cilindros o válvulas en secuencia.

Control de máquinas de empaquetado: Que requiere múltiples etapas de activación en un orden específico, como el llenado, cerrado y etiquetado del producto.

El diseño de estos circuitos suele implicar el uso de relés

temporizadores, contadores y lógicas de enclavamiento, permitiendo un control preciso sobre las secuencias de operación.

2.5.1 Circuito de Semáforo Utilizando Temporizadores ON Delay

El diseño de un semáforo utilizando temporizadores ON Delay es un ejemplo clásico de un circuito secuencial en el que las señales cambian de manera ordenada y programada, respetando los tiempos definidos para cada color de luz (rojo, amarillo y verde). A continuación, se explica cómo implementar este circuito utilizando temporizadores ON Delay y contactores para simular el comportamiento de un semáforo.

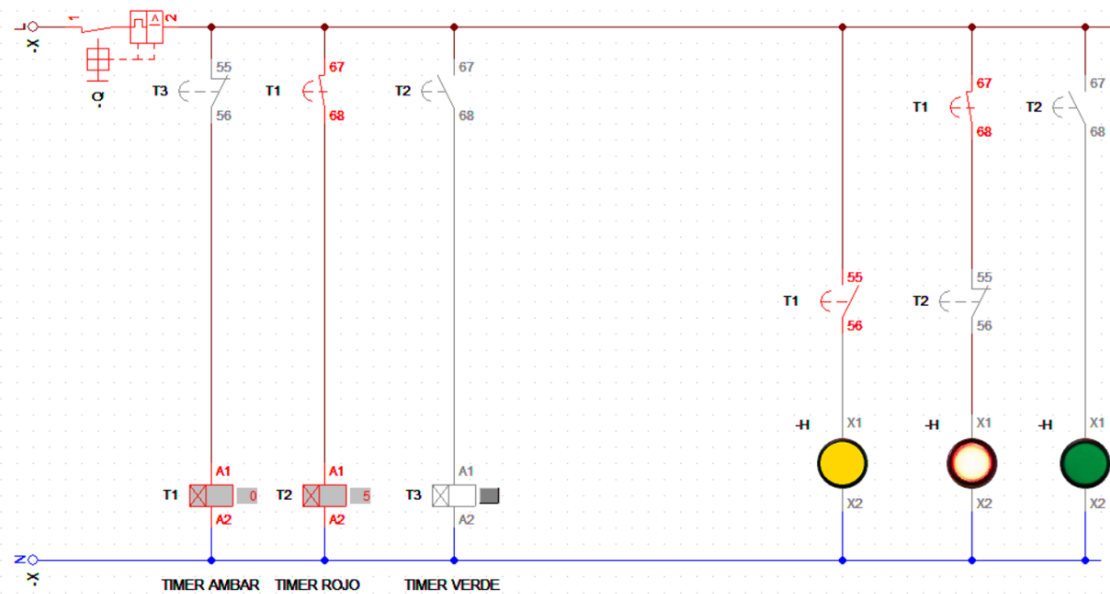


Figura 2.17 Esquema de circuito del semáforo.

Componentes Utilizados:

- Temporizadores ON Delay: Tres temporizadores para manejar el tiempo de encendido de cada color.
- Contactores: Para activar y desactivar cada lámpara.
- Luces indicadoras: Rojo, amarillo y verde.
- Relés: Para enclavar el ciclo secuencial.
- Fuente de alimentación: Para energizar el circuito.

Funcionamiento del Circuito

Inicio del ciclo: Al energizar el circuito, se activa el temporizador T1 (Temporizador ON Delay) que enciende la luz roja. Esta luz se mantendrá encendida durante un

periodo de tiempo programado (por ejemplo, 10 segundos).

Cambio a amarillo: Al finalizar el tiempo de T1, se desactiva la luz roja y se activa T2, el temporizador que controla la luz amarilla. Esta luz permanece encendida durante un periodo corto, generalmente entre 2 y 3 segundos.

Cambio a verde: Al finalizar T2, se activa T3, que enciende la luz verde por un tiempo determinado (por ejemplo, 8 segundos).

Reinicio del ciclo: Después de que el temporizador T3 finalice su ciclo, el proceso vuelve al inicio, reactivando el temporizador T1 para encender la luz roja nuevamente. El ciclo continúa repitiéndose de manera secuencial, como se observa en la figura 2.17.



PRÁCTICA 2.1

Tema: Arranque de un Motor Trifásico Estrella-Triángulo

Resultado de aprendizaje:

El estudiante será capaz de diseñar, cablear y simular un circuito de arranque de un motor trifásico utilizando el método estrella-triángulo, identificando las conexiones correctas y comprendiendo el funcionamiento de cada componente involucrado.

Objetivo:

Implementar un circuito de control y potencia para el arranque estrella-triángulo de un motor trifásico. Deberán utilizar los componentes necesarios como contactores, relés térmicos y temporizadores para permitir el arranque en estrella y el cambio automático a triángulo, asegurando la protección del motor y garantizando la secuencia correcta de maniobra.

Equipos y materiales:

- Interruptor termomagnético
- Motor trifásico
- 3 Contactor tripolar
- 1 Temporizador
- 1 Relé térmico
- Pulsadores de arranque y paro
- Lámparas de señalización, Verde: Indicar motor en marcha, Roja: Indicar motor apagado o parada por seguridad.
- Cableado eléctrico – Cables de alimentación y control.
- Fuente de alimentación
- Conectores y borneras

03



CUADROS ELÉCTRICOS

UNIDAD 3

3 CUADROS ELÉCTRICOS



3.1 Elección y colocación de cuadros eléctricos

El cuadro eléctrico es uno de los componentes más importantes en las instalaciones industriales y residenciales. Su función principal es centralizar la distribución de la energía eléctrica de manera eficiente y segura, permitiendo proteger tanto a las personas como a los equipos conectados. La elección adecuada y la correcta colocación de un cuadro eléctrico son fundamentales para garantizar la fiabilidad, la protección y la gestión efectiva de la energía en cualquier sistema.

3.1.1 Elección de Cuadros Eléctricos

Para elegir un cuadro eléctrico de manera adecuada, es necesario considerar diversos factores técnicos y de seguridad:

Capacidad de carga

El cuadro debe tener suficiente capacidad para manejar la carga total de la instalación eléctrica, calculando los valores de corriente y potencia de los dispositivos conectados.

Tamaño y espacio

Dependiendo de la cantidad de dispositivos y componentes, el cuadro debe tener suficiente espacio para alojar interruptores, contactores, relés, y otros componentes sin sobrecargarlo.

Tipo de cuadro eléctrico



Figura 3.1 Cuadro eléctrico.
Siemens

Los cuadros eléctricos se clasifican en función de diversos criterios. En este apartado, abordaremos dos clasificaciones importantes: según el material constructivo y el tipo de montaje funcional.

Clasificación según el Material Constructivo

Dependiendo del material con el que están fabricados, los cuadros eléctricos se dividen en dos grandes grupos: metálicos y aislantes.

Cuadros Eléctricos Metálicos: Estos cuadros están fabricados con materiales metálicos como el acero, aluminio, o aleaciones especiales. Son resistentes y duraderos, lo que los hace aptos para instalaciones industriales o entornos agresivos donde se requiera una mayor protección mecánica. Además, cuentan con una excelente capacidad de disipación de calor.

Cuadros Eléctricos Aislantes: Están fabricados con materiales no conductores, como plástico, poliéster reforzado con fibra de vidrio o policarbonato. Son ideales para instalaciones en áreas donde no se requiere una alta resistencia

mecánica o protección contra interferencias electromagnéticas.

Clasificación según el Montaje Funcional

En cuanto a su diseño y capacidad de montaje, los cuadros eléctricos se pueden clasificar en:

Cuadros Mono modulares: Los cuadros mono modulares son aquellos diseñados para albergar un solo módulo o circuito. Generalmente se utilizan en instalaciones pequeñas o en aplicaciones específicas donde no se requiere una gran cantidad de circuitos. Son compactos y fáciles de instalar, y se emplean comúnmente en aplicaciones domésticas o comerciales pequeñas.

Cuadros Multimodulares: Los cuadros multimodulares están diseñados para alojar múltiples módulos o circuitos. Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales o comerciales de mayor envergadura, donde es necesario gestionar varias líneas de distribución y protección.

Ambiente de instalación

Es importante considerar si el cuadro será instalado en un entorno con condiciones adversas como humedad, polvo o presencia de gases, lo que requerirá un cuadro con protección especial.

La protección de los cuadros eléctricos es esencial para garantizar su seguridad y funcionamiento adecuado en entornos específicos. Dos normas claves en la protección de cuadros



eléctricos son la clasificación IP (Ingress Protection) y la clasificación IK.

Clasificación IP (Ingress Protection)

La clasificación IP es un estándar internacional (IEC 60529) que define los niveles de protección que proporciona un cuadro eléctrico contra el ingreso de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua). Se

identifica mediante dos números (por ejemplo, IP55), donde:

Primer dígito: Indica el nivel de protección contra sólidos, como polvo o partículas.

Segundo dígito: Indica el nivel de protección contra líquidos, como salpicaduras o inmersión.

Interpretación de los números de la clasificación IP:

Primer Dígito	Protección contra sólidos	Segundo Dígito	Protección contra líquidos
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Objetos sólidos de más de 50 mm	1	Goteo vertical de agua
2	Objetos sólidos de más de 12,5 mm	2	Goteo de agua inclinado hasta 15°
3	Objetos sólidos de más de 2,5 mm	3	Chorros de agua (hasta 60° de la vertical)
4	Objetos sólidos de más de 1 mm	4	Salpicaduras de agua desde cualquier dirección
5	Protección limitada contra polvo (sin daño)	5	Chorros de agua desde cualquier dirección
6	Protección total contra el polvo	6	Chorros potentes o inmersión temporal
-	-	7	Inmersión en agua hasta 1 metro durante tiempo limitado
-	-	8	Inmersión prolongada bajo presión

Tabla 3.1 Clasificación IP

Ejemplo 3.1: Que significa IP55

Solución: El número 5 indica protección limitada contra el polvo (entrada no perjudicial).

El segundo 5 indica protección contra chorros de agua desde cualquier dirección

Clasificación IK (Resistencia a Impactos)

La clasificación IK mide la resistencia mecánica de un cuadro eléctrico a impactos externos. Este sistema de

clasificación se estandariza mediante la norma IEC 62262 y utiliza valores que van del IK00 al IK10, según la cantidad de energía que puede soportar el cuadro sin sufrir daños.

Ejemplo 3.2: Que significa IK10

Solución: El cuadro eléctrico puede resistir un impacto de hasta 20 Joules, lo que equivale a una caída de un objeto de 5 kg desde 40 cm.

En conclusión, la Clasificación IP Es fundamental para instalaciones que requieren protección contra polvo y



agua, como entornos industriales, exteriores o en zonas húmedas. Mientras que la clasificación IK es crucial en ambientes donde los cuadros eléctricos puedan estar

expuestos a golpes, vibraciones o impactos mecánicos, como en fábricas, talleres, o instalaciones públicas.

Clasificación IK	Energía de impacto (Joules)	Descripción
IK00	0	Sin protección
IK01	0,14	Resistencia a impactos ligeros (0,14 J)
IK02	0,2	Resistencia a impactos ligeros (0,2 J)
IK03	0,35	Resistencia a impactos ligeros (0,35 J)
IK04	0,5	Resistencia a impactos ligeros (0,5 J)
IK05	0,7	Resistencia a impactos ligeros (0,7 J)
IK06	1,0	Resistencia a impactos moderados (1,0 J)
IK07	2,0	Resistencia a impactos moderados (2,0 J)
IK08	5,0	Resistencia a impactos moderados (5,0 J)
IK09	10,0	Resistencia a impactos severos (10,0 J)
IK10	20,0	Resistencia a impactos severos (20,0 J)

Tabla 3.2 Clasificación IK.

3.1.2 Colocación de Cuadros Eléctricos

Una vez seleccionado el cuadro eléctrico adecuado, su correcta colocación es esencial para el buen funcionamiento del sistema:

Ubicación accesible y segura: El cuadro debe colocarse en una zona fácilmente accesible para el personal de mantenimiento, pero protegida para evitar accesos no autorizados. Debe estar señalizado y, si es posible, en una sala técnica o zona destinada exclusivamente para este fin.

Altura de instalación: Generalmente, los cuadros eléctricos deben instalarse a una altura adecuada que permita su manejo sin esfuerzo, a una altura promedio de 1,4 a 1,8 metros desde el suelo.

Espacio libre alrededor: Es recomendable dejar un espacio libre alrededor del cuadro

(aproximadamente 1 metro) para permitir la apertura total de la puerta y facilitar las intervenciones de mantenimiento.

Protección contra factores externos: Si el cuadro se encuentra en áreas expuestas al polvo, humedad o a condiciones adversas, se debe optar por cuadros con clasificación IP (Ingress Protection) adecuada. Para ambientes industriales, una clasificación IP54 o IP65 es común.

Conexión a tierra: Es crucial asegurar que el cuadro esté conectado a una buena toma de tierra para prevenir descargas eléctricas y cumplir con los requisitos de seguridad.

3.1.3 Aspectos Clave de la Instalación

Seguridad eléctrica: El cuadro eléctrico debe contar con los dispositivos de protección adecuados, como interruptores

automáticos, diferenciales y sistemas de puesta a tierra, para

garantizar la seguridad de la instalación.

3.2 Cableado Adecuado



El cableado de cuadros eléctricos es un proceso fundamental en el montaje y funcionamiento de sistemas de control y distribución eléctrica. Se revisarán aspectos clave como los tipos de conductores eléctricos, las normativas relacionadas con su identificación, y la correcta identificación de los elementos dentro de un cuadro eléctrico.

3.2.1 Los Conductores Eléctricos

Los conductores eléctricos son los cables o alambres que transportan la corriente eléctrica desde la fuente de alimentación hasta los dispositivos o cargas que la consumen. En un cuadro eléctrico, se deben seleccionar adecuadamente los conductores según la potencia, tensión y tipo de corriente que maneje el sistema. Los

tipos más comunes de conductores utilizados en cuadros eléctricos incluyen.



Figura 3.2 Conductores eléctricos.
<https://zmiscable.es/descubriendo-cable-aluminio-revestido-cobre/>

Conductores de cobre

Son los más comunes debido a su alta conductividad eléctrica y su resistencia a la corrosión.

Conductores de aluminio



Utilizados en instalaciones donde se requiere reducir el peso y el costo del cableado.

Conductores de tierras o neutros

Usados para garantizar la seguridad en la instalación eléctrica, conectando los equipos a tierra y evitando sobrecargas.

Los conductores eléctricos deben estar correctamente dimensionados para soportar las corrientes previstas y garantizar la seguridad y eficiencia de la instalación. El uso de calibres inadecuados puede llevar a sobrecalentamiento y fallos eléctricos.

3.2.2 Normas para la Identificación de Conductores Eléctricos

En la instalación de un cuadro eléctrico, la identificación adecuada de los conductores eléctricos es vital para el

mantenimiento, la seguridad y el diagnóstico de fallos. Existen normas que especifican cómo deben identificarse los conductores, garantizando la coherencia y facilitando la comprensión del cableado.

La Norma UNE 20434 se establecen las reglas para identificar los conductores en la siguiente tabla 3.3 está organizada y describe correctamente la designación de conductores eléctricos. La tabla cubre aspectos como:

- Normas armonizadas (por ejemplo, H para cables armonizados)
- Tensión nominal (tensión de 100/100 V hasta 450/750 V)
- Aislamientos (goma natural, PVC, silicona, etc.)
- Cubiertas exteriores (trenza de fibra, goma, PVC, etc.)
- Sección del conductor y si es flexible o rígido.

Posición	Sigla	Significado
1	H	Cable según normas armonizadas
2	01, 03, 05, 07	Tensión nominal: - 01: 100/100 V - 03: 300/300 V - 05: 300/500 V - 07: 450/750 V
3	R, S, V2, V3, V4	Aislamiento: - R: Goma natural - S: Goma de silicona - V: Policloruro de vinilo (PVC) - V2: Mezcla de PVC (servicio a 90°C) - V3: Mezcla de PVC (servicio a baja temperatura) - V4: PVC reticulado
4	C4	Pantalla de cobre en forma de trenza
5	J, R, S, V, V2, V4, V5	Cubierta exterior: - J: Trenza de fibra de vidrio - R: Goma natural - S: Goma de silicona - V: PVC



		- V2: Mezcla de PVC (servicio a 90°C)
		- V4: PVC reticulado
		- V5: Mezcla de PVC resistente al aceite
6	Ninguno, H	Forma del cable:
		- Ninguno: Cable cilíndrico
		- H: Cable plano, con o sin cubierta, cuyos conductores pueden separarse
7	-F, -H, -R, -U	Tipo de cable:
		-F: Cable flexible para servicios móviles (clase 5 de UNE 21022)
		-H: Extra-flexible (clase 6 de UNE 21022)
		-R: Rígido de sección circular, varios hilos
		-U: Rígido de sección circular, un solo hilo
8	N	Número de conductores
9	X, G	Presencia de conductor de tierra:
		- X: Sin conductor amarillo/verde
		- G: Conductor amarillo/verde
10	mm ²	Sección nominal en mm ²

Tabla 3.3 Normas para la Identificación de Conductores Eléctricos
Norma UNE 20434

Ejemplo 3.3

¿Qué características presenta un conductor eléctrico, cuyo código de identificación es H07RN-F 3G2.5 ?

Solución

Código	Significado
H	Armonizado para baja tensión (450/750 V)
7	Tensión nominal de 450/750 V
R	Aislamiento de caucho natural o sintético
N	Cubierta de goma resistente
F	Cable flexible, compuesto por múltiples hilos
3G	Tres conductores, uno de ellos es de tierra (verde/amarillo)
2.5	Sección de cada conductor: 2.5 mm ²

Tabla 3.4 Características del cable

juegan un papel crucial para asegurar la integridad y funcionalidad del circuito. Estos elementos permiten la conexión segura y organizada de los cables dentro de cuadros eléctricos, armarios de control y dispositivos. En esta sección, revisaremos los principales elementos de cableado y conexión, desde los regleteros hasta los sistemas de conexión rápida.

Regletero

El regletero es un componente que permite la conexión de varios cables de forma organizada. Se utiliza para la distribución de energía y para unir cables de diferentes partes del circuito. Los regleteros ayudan a evitar conexiones desordenadas, permitiendo un mantenimiento más fácil y una mejor visualización del esquema eléctrico.

3.2.3 Elementos de cableado y conexión

En los sistemas eléctricos, los elementos de cableado y conexión

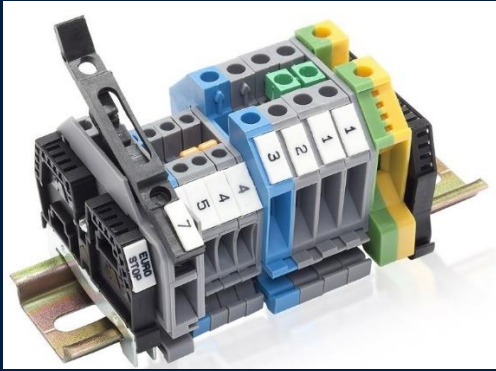


Figura 3.3 Regletero.

https://www.tekox.es/bornas-para-cuadros-electricos/productos/bornas-para-cuadros-electricos---euro_117_1_ap.html

Tiras de Bornes

Las tiras de bornes son dispositivos modulares que permiten la conexión de cables en el interior de cuadros y armarios eléctricos. Cada borne individual en la tira está diseñado para recibir un cable y proporcionar una conexión segura. Estos son esenciales en aplicaciones donde es necesario realizar múltiples conexiones de forma segura y ordenada. Los conductores de neutro y protección pueden tener bornes con múltiples agujeros para conectar a ellos cables de diferentes secciones.



Figura 3.4 Tira de bornes.

<https://www.dartel.cl/borne-para-neutro-y-tierra-24-36-48-modulos-93311159-schneider-electric/p>

Marcado de Bornes

El marcado de bornes es una práctica fundamental para la correcta identificación de los puntos de conexión en los cuadros eléctricos. Los bornes pueden marcarse mediante etiquetas con códigos alfanuméricos que identifican la función de cada conexión, facilitando el diagnóstico y la resolución de problemas.

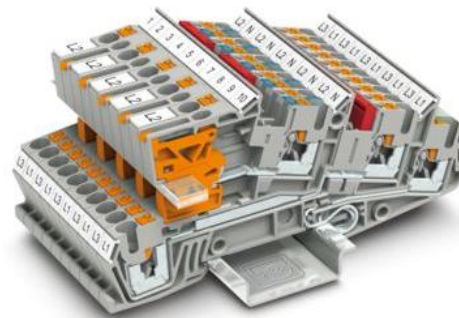


Figura 3.5 Marcado de bornes.

<https://www.phoenixcontact.com/es-es/productos/material-de-rotulacion/marcado-de-bornas>

Marcado de Cables

El marcado de cables es necesario para identificar rápidamente las conexiones dentro del sistema. Los cables pueden etiquetarse utilizando varios métodos, como etiquetas adhesivas, bridas de identificación o marcadores termorretráctiles. Estos métodos permiten una rápida inspección visual y reducen los errores durante las tareas de mantenimiento o modificación del sistema.

Etiquetas: Las etiquetas adhesivas se colocan directamente sobre los cables y contienen información relevante para la identificación del circuito.

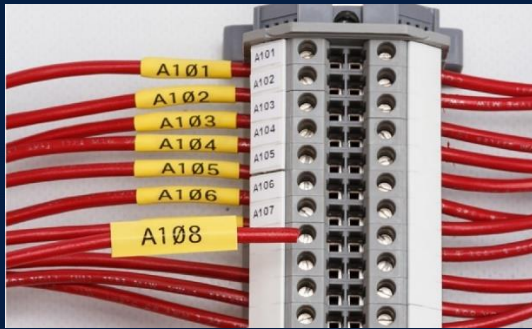


Figura 3.6 Etiquetas de cable.

Bridas de Identificación: Estas bridas no solo agrupan cables, sino que además incluyen un espacio para el etiquetado, brindando una solución doble: orden y etiquetado.



Figura 3.7 Bridas de identificación.

Terminación de Cables

Las terminaciones de cables son cruciales para garantizar la correcta conexión y continuidad del sistema. Existen diferentes tipos de terminaciones, dependiendo del tipo de conexión que se va a realizar y del tipo de terminal.

Casquillos o Punteras

Se utilizan para terminar los extremos de los conductores flexibles,

proporcionando una superficie de contacto más firme y previniendo que los hilos se separen. Son piezas cilíndricas de cobre estañado en cuyo interior se inserta el extremo del conductor. La fijación del casquillo al cable se hace por presión con tenazas especiales de crispar.

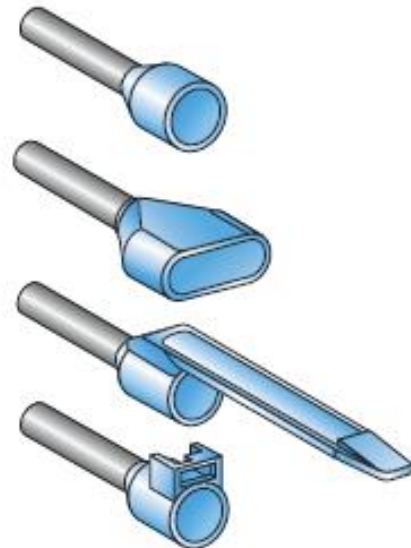


Figura 3.8 Tipos de punteras.

Terminales

De ojal: Utilizados para conexiones atornilladas, brindan una conexión segura y resistente.

De horquilla: Facilitan el desensamblaje rápido, ya que pueden insertarse y retirarse sin necesidad de desmontar por completo.

Tipo Faston: Conectores de acople rápido, utilizados en aplicaciones donde se requiere una conexión rápida y segura.

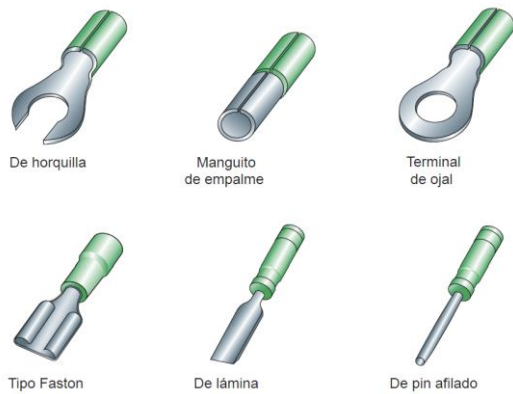


Figura 3.9 Tipos de terminales.

Sistemas de Conexión Rápida

Los sistemas de conexión rápida permiten realizar conexiones eléctricas sin la necesidad de tornillos u otros mecanismos de sujeción. Estos sistemas son muy eficientes, especialmente en instalaciones donde se requiere modificar o reemplazar componentes de manera frecuente.

Peines de Conexión

Se utilizan para distribuir la alimentación a varios bornes simultáneamente. Están diseñados para reducir el tiempo de conexión y mejorar la seguridad, ya que minimizan el riesgo de conexiones incorrectas. Los peines están aislados y permiten conectar de forma rápida y eficiente múltiples bornes dentro de un cuadro eléctrico.

Bornes de reparto de inserción directa

Llamadas también bornes de resorte o bornes de presión. A diferencia de las bornas tradicionales que requieren la fijación del cable mediante un tornillo, estas utilizan un mecanismo de resorte para mantener el cable en su lugar. Estas bornas ofrecen varias ventajas en términos de rapidez, facilidad de uso y seguridad.

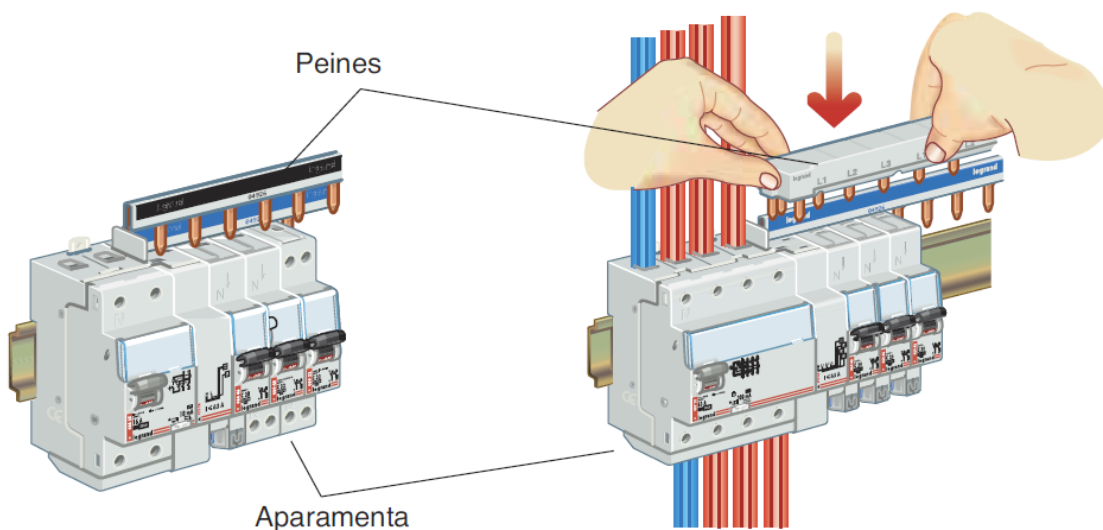


Figura 3.10 Peines de Conexión.

3.3 Medidas de Seguridad en la Colocación de Cuadros Eléctricos



La instalación de cuadros eléctricos es una tarea fundamental en el desarrollo de sistemas de control y distribución eléctrica. Para garantizar la seguridad tanto del instalador como de los usuarios del sistema, es crucial seguir una serie de medidas de seguridad durante el montaje y la colocación de los cuadros eléctricos. Estas medidas incluyen tanto aspectos técnicos como normativos, y tienen como objetivo prevenir accidentes y fallos eléctricos.

Desconexión del suministro

Antes de iniciar cualquier trabajo en el cuadro eléctrico, es esencial desconectar el suministro eléctrico en su totalidad. Además, se debe colocar un bloqueo con un candado en los interruptores de

protección para evitar que alguien restablezca accidentalmente la corriente durante la instalación.

Uso de EPI (Equipos de Protección Individual)

El instalador debe utilizar equipo de protección personal adecuado como guantes aislantes, calzado de seguridad, gafas de protección y ropa resistente al fuego. Este equipo protege contra posibles descargas eléctricas, cortocircuitos y otros accidentes que puedan ocurrir durante la instalación.

A la hora de prevenir los riesgos eléctricos, además de la protección que incorporan las instalaciones, debemos tener muy presentes dos tipos de equipos:



- Los equipos de protección individual (EPI).
- Los equipos de protección contra riesgos eléctricos, que no tienen carácter de uso individual.

Esta diferencia lo podemos revisar en la tabla 3.5 ya que nos subraya la importancia de diferenciar entre los equipos de protección personal y

aquellos elementos que, aunque útiles, no cumplen la función directa de proteger al operario de manera individual frente a riesgos eléctricos.

Revisión de las normativas

Toda instalación debe cumplir con las normas locales vigentes y ser inspeccionada por un profesional certificado.

Material de protección contra riesgos eléctricos	Es un EPI	No es un EPI	Justificación
Guantes aislantes	Sí		Los guantes aislantes los lleva el operario para protegerse del riesgo eléctrico.
Calzado aislante	Sí		El operario los utiliza individualmente para protegerse del riesgo eléctrico.
Banqueta aislante		Sí	No es de uso individual; se coloca en el entorno de trabajo, no sobre el operario.
Pértiga aislante		Sí	No es usada por el operario directamente, sino para manipular elementos a distancia.
Destornillador con aislamiento de 1.000 V		Sí	Aunque está aislado, no es un equipo de protección individual; su función es operativa, no de protección personal.

Tabla 3.5 Equipos de protección para la prevención de los riesgos eléctricos

3.4 Verificación y Pruebas del Cuadro Eléctrico

Una vez instalado el cuadro eléctrico, es fundamental realizar pruebas de verificación para garantizar que funcione correctamente y que todos los sistemas de protección y control operen de manera eficiente.

3.4.1 Prueba de continuidad

Verificar que no haya cortes en las conexiones y que todas las rutas de corriente estén bien establecidas.

3.4.2 Pruebas de aislamiento

Asegurarse de que los componentes no presenten fugas de corriente entre fases o hacia la tierra.

3.4.3 Ensayos de operación

Simular el funcionamiento del sistema para comprobar que los interruptores, relés y otros dispositivos actúan según lo esperado.

PRÁCTICA 3

Tema: Preparación de un mazo de cables y Engastado de terminales de gran sección

Resultado de aprendizaje:

El estudiante será capaz de diseñar, cablear y simular un circuito de arranque de un motor trifásico utilizando el método estrella-triángulo, identificando las conexiones correctas y comprendiendo el funcionamiento de cada componente involucrado.

Objetivo:

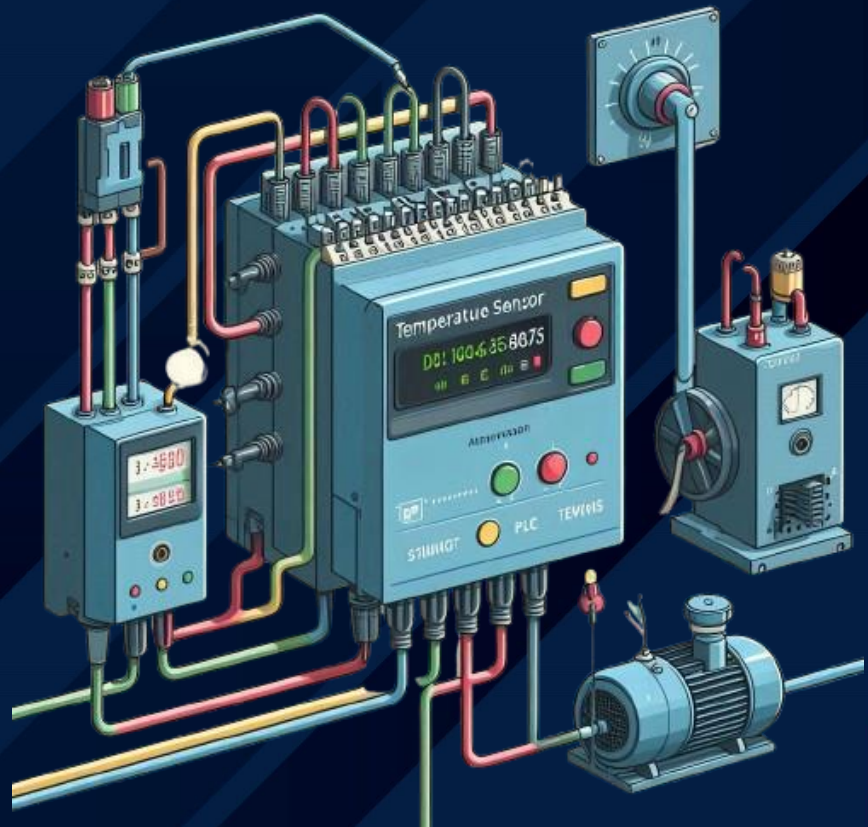
Realizar un mazo de cables con cinta helicoidal, que presumiblemente debería ir en el interior de un cuadro eléctrico, y preparar todas las terminaciones de los conductores con terminales y punteras.

Equipos y materiales:

- Tijeras de electricista
- Tenaza de engastar (crimpar) terminales
- 1,5 m de cable flexible de 1,5 mm²
- 1 m de cable flexible de 2,5 mm²
- 1 m de cable flexible de 4 mm²
- 2 m de cinta helicoidal
- 14 terminales y punteras para las secciones de los conductores utilizados en la actividad
- 50 cm de cable flexible 10 mm²
- 2 terminales de ojal para cable de 10 mm²



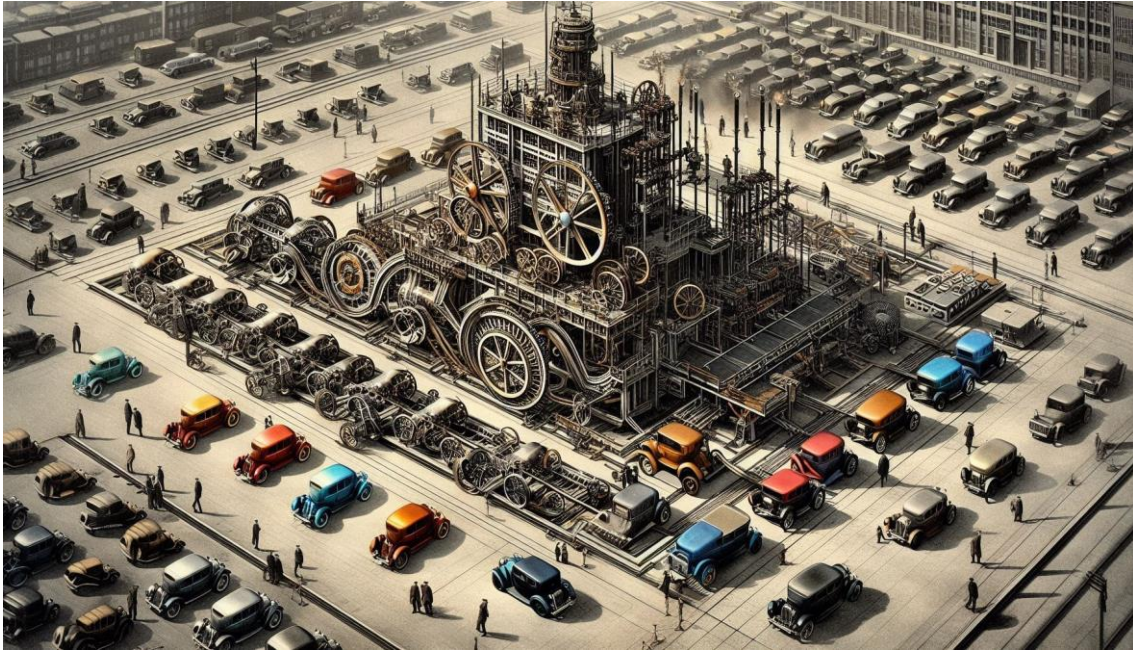
04



AUTOMATIZACIÓN BÁSICA

UNIDAD 4

4 AUTOMATIZACIÓN BÁSICA



INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la automatización industrial, los autómatas programables, conocidos como PLC (Programmable Logic Controllers), se han convertido en una pieza fundamental para el control y

gestión de procesos industriales. Esta unidad explorará la evolución de estos dispositivos desde su surgimiento, así como su relevancia actual en la industria moderna.

4.1 Introducción a los autómatas programables

4.1.1 La Automatización Antes de los Autómatas Programables

Antes de la aparición de los autómatas programables, la automatización industrial se lograba mediante sistemas basados en relés electromecánicos. Estos relés, junto con interruptores, temporizadores y otros dispositivos, permitían el control

secuencial de procesos industriales. Estos sistemas, aunque efectivos en su momento, presentaban una serie de limitaciones, como la complejidad de los circuitos, el elevado número de componentes y las dificultades para realizar modificaciones.

Los sistemas basados en relés también eran propensos a fallos debido al desgaste mecánico de los componentes y, cuando se requería una modificación en el proceso de control, era necesario rediseñar y reconfigurar físicamente el circuito.

Esto resultaba en tiempos de inactividad prolongados y un alto coste de mantenimiento. Un ejemplo claro se puede verificar en la siguiente imagen que se diferencia un control con y sin PLC.

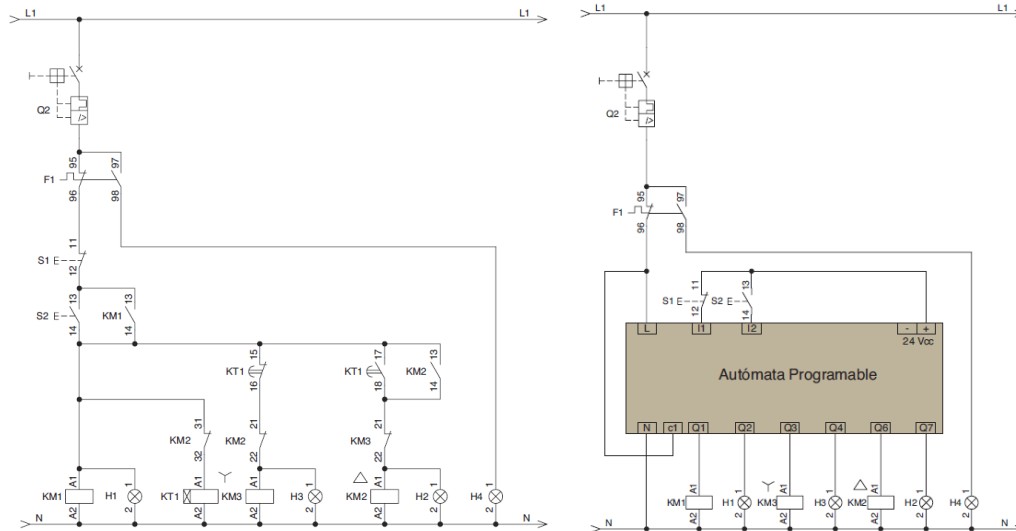


Figura 4.1 Control de un arranque estrella-triángulo sin PLC y con PLC

4.1.2 El Primer Autómata Programable

A finales de la década de los 60, la industria automotriz, en particular General Motors, se enfrentaba a la necesidad de un sistema de control más flexible y eficiente. La solución llegó en 1968 con la creación del primer autómata programable por la empresa Bedford Associates. Este primer dispositivo fue llamado "Modicon" (Modular Digital Controller), y su propósito era reemplazar los complejos sistemas de relés.

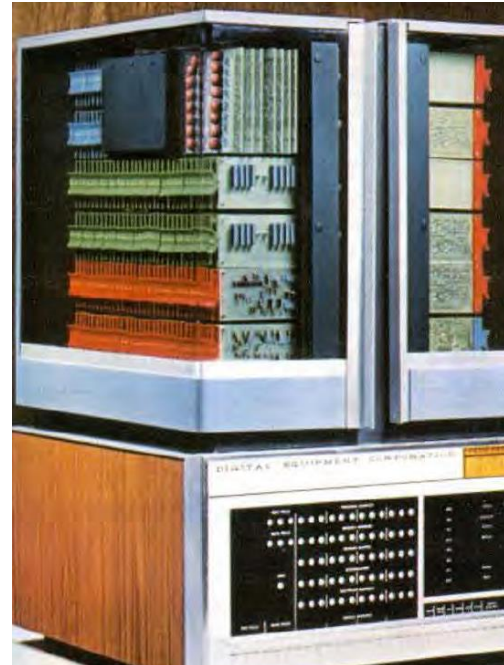


Figura 4.2 El OEC POP-8
General Motors

El Modicon 084, como se le conocía, permitió la programación mediante

lógica secuencial, reduciendo la necesidad de cambiar el cableado físico. Este dispositivo no solo redujo el tiempo y los costes de mantenimiento, sino que también facilitó la flexibilidad en la producción, permitiendo realizar cambios en la secuencia de control simplemente modificando el programa. Este avance marcó el inicio de la era de la automatización programable.

4.1.3 Evolución de los Autómatas Programables

Desde la aparición del primer autómata programable, los PLC han experimentado una notable evolución tanto en su capacidad como en sus aplicaciones. Las primeras generaciones de PLC se centraron en la ejecución de tareas de control secuencial, basadas en la lógica de relés y temporizadores. Sin embargo, con el tiempo, se fueron incorporando más funcionalidades y mejoras tecnológicas.



Figura 4.3 Modelos de PLC.
Siemens

Aumento de la capacidad de procesamiento

Los PLC modernos cuentan con procesadores mucho más rápidos y potentes, lo que permite el control de procesos más complejos.

Integración de comunicaciones

Con el desarrollo de redes industriales, los PLC pueden comunicarse entre sí y con otros sistemas, lo que facilita la integración en arquitecturas de control distribuidas.

Mejora en la programación

Mientras que los primeros PLC utilizaban lenguajes basados en diagramas de escalera (Ladder), las versiones más recientes soportan una variedad de lenguajes de programación estándar como el texto estructurado y el diagrama de bloques de funciones.

Conectividad y monitoreo remoto

Con el avance de la tecnología, los PLC ahora permiten la supervisión y control remoto a través de interfaces

de usuario basadas en web o mediante dispositivos móviles.

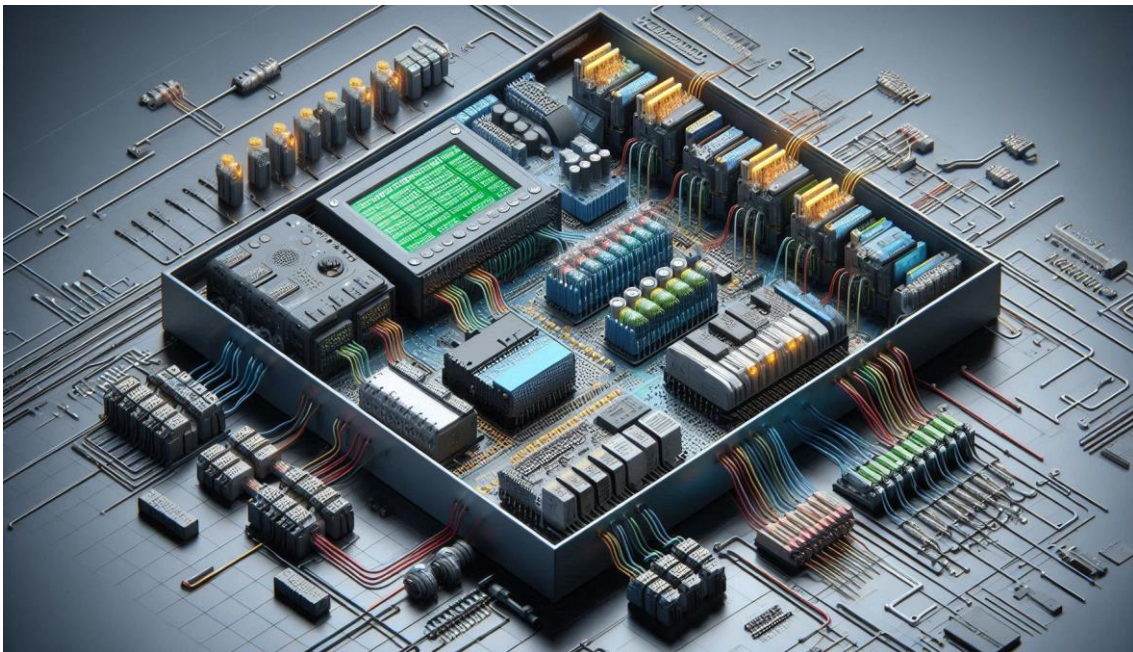
Mejoras en la robustez y durabilidad

Los PLC están diseñados para trabajar en entornos industriales rigurosos, con protección frente a condiciones adversas como el polvo, la humedad y las vibraciones.

Integración con tecnologías de la Industria 4.0

Los autómatas programables modernos se están adaptando a las nuevas exigencias de la industria digital, permitiendo la recolección de datos en tiempo real y la implementación de sistemas de mantenimiento predictivo y análisis avanzados.

4.2 La estructura de los autómatas



INTRODUCCIÓN

Los autómatas programables (PLC) son dispositivos esenciales en la automatización industrial debido a su capacidad para controlar y supervisar procesos de forma flexible y eficiente. Para comprender mejor su funcionamiento, es fundamental

analizar tanto su estructura interna como externa, así como los elementos clave que intervienen en la ejecución de programas. Esta sección examina los componentes básicos de los PLC, su arquitectura y cómo gestionan las instrucciones en tiempo real a través del ciclo de exploración.

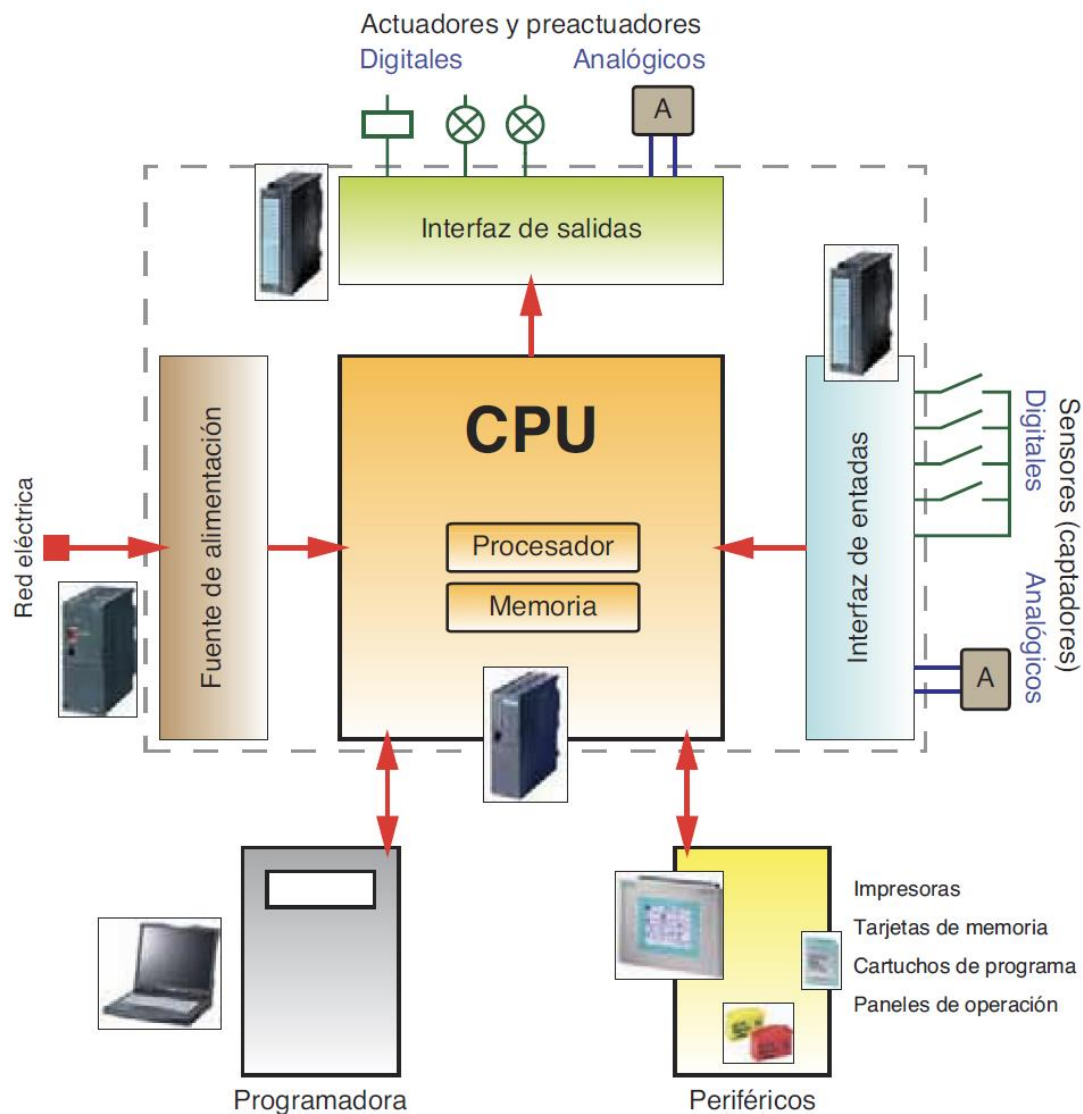


Figura 4.4 Estructura general de un PLC

4.2.1 Estructura Interna del PLC

La estructura interna de un autómata programable está formada por una serie de módulos y componentes que permiten la ejecución de tareas de control de manera precisa y eficiente. Los principales elementos que constituyen la estructura interna de un PLC se muestran en la siguiente figura 4.5

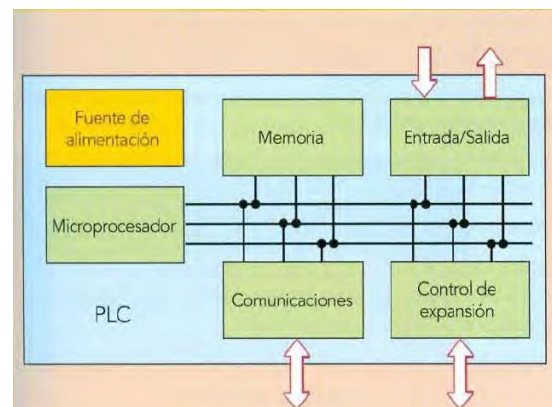


Figura 4.5 Estructura interna un PLC



Unidad Central de Procesamiento (CPU)

La CPU es el cerebro del autómata programable. Es responsable de procesar las instrucciones del programa de control, ejecutar las operaciones lógicas y matemáticas, y coordinar la comunicación entre los distintos módulos del sistema. La CPU también administra el ciclo de exploración, que garantiza que todas las señales de entrada y salida sean monitoreadas y actualizadas en tiempo real.

Memoria

La memoria del PLC almacena tanto los programas de control como los datos generados durante la operación. Se divide en:

- Memoria de programa: Almacena el código que define el comportamiento del autómata.
- Memoria de datos: Guarda los valores de las variables de entrada/salida, temporizadores, contadores y registros internos que cambian durante el ciclo de operación.
- Memoria ROM: Almacena el sistema operativo del PLC y suele ser inalterable.
- Memoria RAM: Se utiliza para el almacenamiento temporal de datos y es volátil.

Bloque de comunicaciones

Este módulo permite la conexión del PLC con otros sistemas de control, sensores, actuadores o con redes industriales. Proporciona interfaces

para que el PLC se comunique con dispositivos externos, otros PLC o sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), utilizando protocolos como Modbus, Ethernet/IP o Proficuas, entre otros.

Módulo de entradas y salidas (I/O)

Las entradas y salidas son los puntos a través de los cuales el autómata interactúa con el entorno físico. Las entradas reciben señales de dispositivos como sensores, interruptores o pulsadores, mientras que las salidas envían señales de control a actuadores como motores, válvulas o luces indicadoras. Estos módulos pueden ser digitales o analógicos, dependiendo del tipo de señal que gestionen.

Control de expansión

En sistemas grandes, los PLC a menudo necesitan ampliar su capacidad mediante módulos de expansión. Estos módulos permiten agregar más entradas, salidas o funcionalidades especializadas sin necesidad de cambiar la CPU o reconfigurar todo el sistema.

4.2.2 Estructura Externa del PLC

Los PLC pueden clasificarse según su estructura externa en dos tipos principales: compactos y modulares.

PLC compactos

Son autómatas en los que todos los componentes (CPU, memoria,

entradas/salidas, y módulos de comunicación) están integrados en una sola unidad. Son adecuados para aplicaciones sencillas, donde la expansión no es necesaria. Los PLC compactos ofrecen una solución económica y fácil de instalar, pero su capacidad de adaptación es limitada.



Figura 4.6 PLC Compacto Simatic S7-1200

SIEMENS

PLC modulares

En este tipo de autómatas, los diferentes componentes (CPU, módulos de entradas/salidas, fuente de alimentación, etc.) están dispuestos en módulos separados que se conectan entre sí a través de un bastidor o riel. Este diseño modular permite que el sistema crezca y se adapte según las necesidades específicas de la aplicación, lo que los hace ideales para procesos industriales más complejos que requieren mayor flexibilidad y escalabilidad.



Figura 4.7 PLC Modular SIMATIC S7-300
SIEMENS

4.2.3 Memoria de los Autómatas

La memoria de los PLC es un elemento esencial para almacenar tanto el programa de control como los datos que se generan durante la

ejecución. Existen varios tipos de memoria, cada una con una función específica:

Memoria ROM (Read-Only Memory)



Almacena el firmware o el sistema operativo del PLC, que es el conjunto de instrucciones básicas que permiten el funcionamiento del autómatas. Esta memoria no puede ser modificada por el usuario.

Memoria RAM (Random Access Memory)

Se utiliza para almacenar datos temporales, como los valores de las entradas/salidas o los temporizadores. Dado que es volátil, su contenido se pierde al apagar el PLC, aunque los autómatas más avanzados cuentan con baterías para preservar estos datos durante cortes de energía.

Memoria EEPROM o Flash

Permite almacenar de forma permanente los programas escritos por el usuario, sin riesgo de pérdida en caso de fallo eléctrico. Es útil para aplicaciones que requieren que el programa de control se mantenga inalterado a lo largo del tiempo.

4.2.4 Ejecución de Programas y Ciclo de Exploración

La ejecución de un programa en un PLC sigue un proceso cíclico conocido como ciclo de exploración o ciclo de escaneo, el cual se compone de varias fases secuenciales que se repiten continuamente mientras el PLC está en operación

Lectura de entradas

En esta fase, el PLC lee las señales que provienen de los dispositivos de

entrada y las almacena en su memoria de datos. Estas señales serán utilizadas para determinar las acciones a tomar en el programa.

Ejecución del programa

Una vez que se han registrado las entradas, la CPU ejecuta el programa de control línea por línea, realizando las operaciones lógicas y aritméticas necesarias. Dependiendo de las condiciones de las entradas, el PLC decidirá las acciones que debe tomar con respecto a las salidas.

Actualización de salidas

Tras la ejecución del programa, el PLC actualiza el estado de las salidas, enviando señales a los actuadores o dispositivos de salida correspondientes (motores, válvulas, etc.).

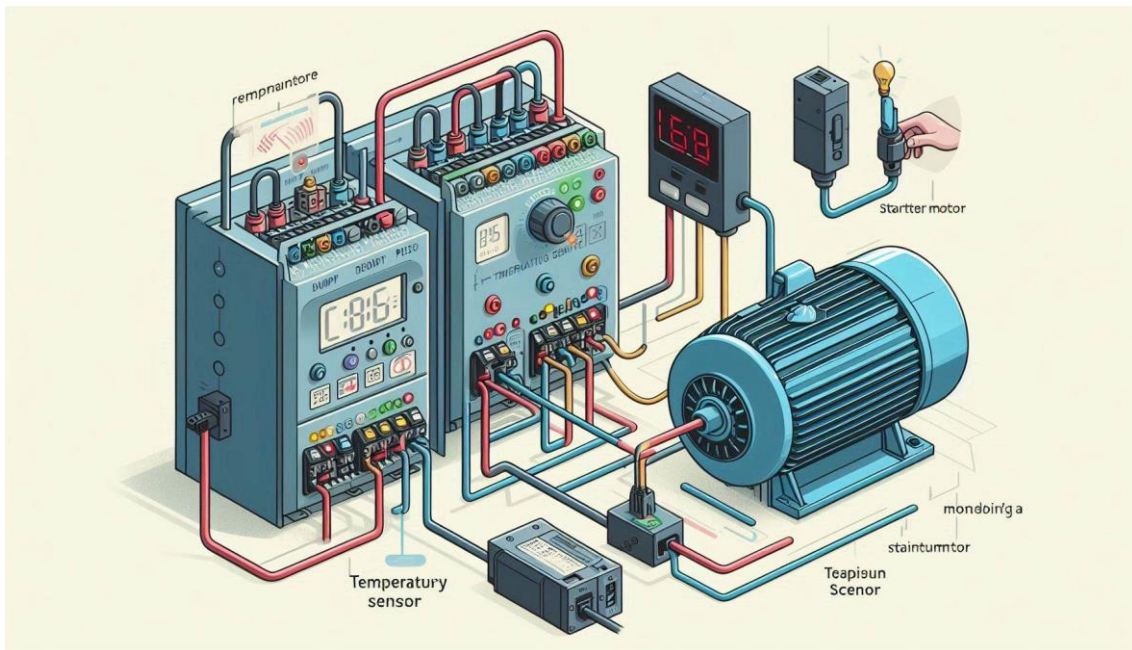
Diagnóstico y comunicación

Durante el ciclo, el PLC también realiza tareas de autodiagnóstico para verificar que todos sus componentes estén funcionando correctamente. Además, intercambia información con otros dispositivos o sistemas si está conectado a una red.

Reinicio del ciclo

Al finalizar la actualización de salidas, el PLC repite el ciclo, volviendo a leer las entradas y ejecutando nuevamente el programa. El tiempo de ciclo varía según la complejidad del programa y el número de dispositivos conectados al PLC.

4.3 Entradas y Salidas de los PLC



INTRODUCCIÓN

En los autómatas programables (PLC), las entradas y salidas son los puntos de conexión entre el sistema de control y el entorno físico, permitiendo al PLC recibir información desde sensores o dispositivos y, a su vez, enviar comandos a actuadores o máquinas. Estos puntos de interacción pueden ser de dos tipos principales: digitales o analógicos, dependiendo de la naturaleza de las señales que gestionan. Esta sección explora las características de cada tipo de entrada y salida, así como sus aplicaciones más comunes en los sistemas industriales.

LAS ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

Son aquellas que gestionan señales que solo tienen dos estados posibles encendido o apagado, alto o bajo, 1 o 0. Estas señales binarias son típicas en situaciones donde los

dispositivos se encuentran en una condición claramente definida, como abierto/cerrado o activado/desactivado.

4.3.1 Entradas Digitales

Las entradas digitales permiten al PLC leer el estado de dispositivos binarios, tales como interruptores, botones, finales de carrera o sensores de proximidad. Cada entrada digital está asociada a una dirección específica en la memoria del PLC, y el estado de la señal de entrada se interpreta como un valor lógico "1" (si está activada) o "0" (si está desactivada).



Figura 4.8 Módulo de entradas digitales SIEMENS

Ejemplos de dispositivos de entrada digital

Interruptores de presión, Sensores de nivel, Sensores fotoeléctricos, Botones de parada de emergencia. Etc. Las entradas digitales típicamente funcionan con señales de 24 VDC o 120/230 VAC, aunque la especificación de voltaje depende del tipo de PLC y del sistema de control utilizado.

Conexión en Entradas a 24 Vcc

Conexión de Sensores Activos a una Entrada Digital

Los sensores activos suelen estar equipados con tres terminales: alimentación positiva (+VCC), tierra (GND) y señal de salida.

Pasos para la conexión:

1. **Alimentación del sensor:** Conectar el terminal de alimentación positiva del sensor al voltaje de alimentación adecuado, generalmente 24V DC, que es el estándar para muchos sensores industriales.

2. **Conexión a tierra (GND):** Conectar el terminal de tierra del sensor a la tierra del sistema o al borne de GND del PLC.
3. **Señal de salida:** Conectar la señal de salida del sensor a la entrada digital del PLC.

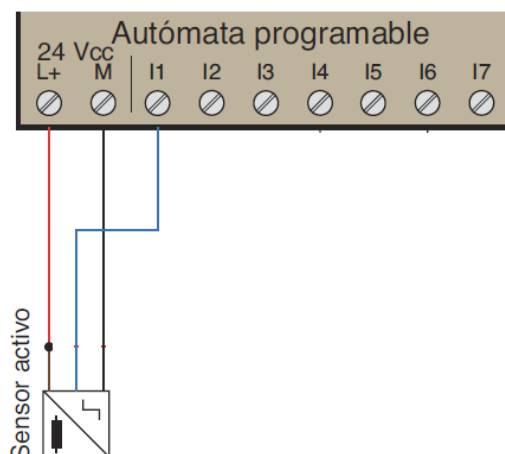


Figura 4.9 Conexión de Sensores Activos a una Entrada Digital

Conexión de Sensores Pasivos a una Entrada Digital

Los sensores pasivos generalmente tienen dos terminales: uno conectado a la señal de entrada del PLC y otro conectado a la fuente de alimentación o a la tierra, dependiendo de la configuración.

Pasos para la conexión:

1. **Fuente de alimentación:** Conectar uno de los terminales del sensor pasivo al voltaje de alimentación o a la tierra, dependiendo de si la entrada digital del PLC requiere una señal PNP (sourcing) o NPN (sinking).
2. **Conexión de señal:** El otro terminal del sensor pasivo se conecta directamente a la entrada digital del PLC.

Cuando el sensor cierra el circuito, la entrada recibirá la señal esperada (ya sea tierra o voltaje positivo).

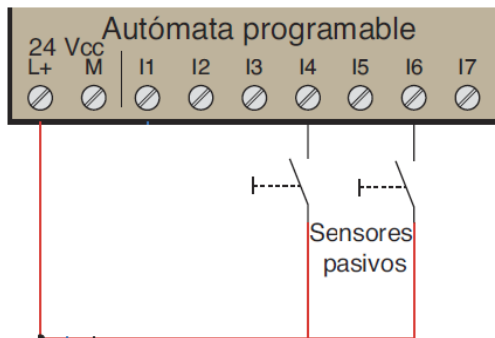


Figura 4.10 Conexión de Sensores Pasivos a una Entrada Digital

Conexión en Entradas a 120-230 VAC

Se conecta a la red de corriente alterna que alimenta la instalación. No son tan habituales como las de 24 Vcc, pero algunos fabricantes desarrollan este tipo de entradas, sobre todo, para ser utilizadas en instalaciones de viviendas.

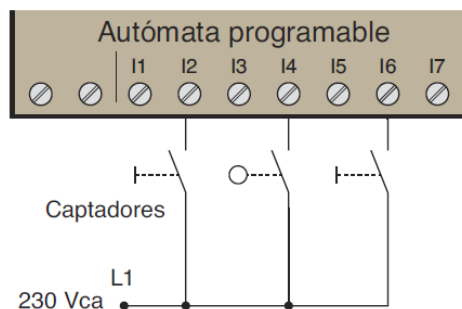


Figura 4.11 Conexión en Entradas a 120-230 VAC

4.3.2 Salidas Digitales

Las salidas digitales permiten al PLC controlar dispositivos que operan en un estado de encendido o apagado. Estas salidas envían señales binarias para activar o desactivar actuadores como relés, lámparas indicadoras, motores pequeños o electroválvulas. De manera similar a las entradas digitales, las salidas están asignadas a direcciones de memoria específicas que el programa del PLC puede activar o desactivar según las condiciones definidas.

Ejemplos de dispositivos de salida digital

Lámparas indicadoras, Relés de potencia, Motores pequeños (a través de contactores), Electroválvulas, Las salidas digitales pueden ser de dos tipos:

Salidas de transistor

Usadas en aplicaciones de baja corriente y alta velocidad. Estas salidas, también denominadas a colector abierto, se utilizan para activar actuadores de corriente continua. El diagrama se puede visualizar en la figura 4.12

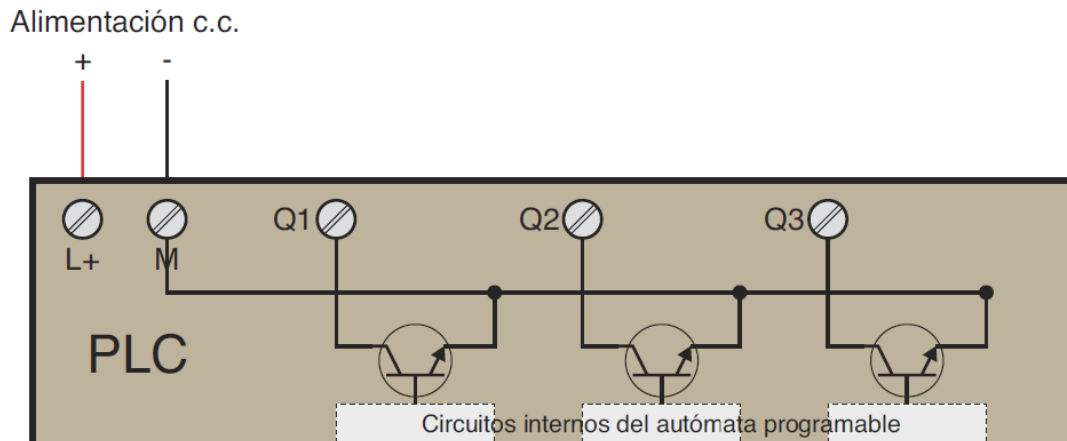


Figura 4.12 Módulo de salidas con transistores

Salidas de relé

Usadas en aplicaciones que requieren mayor corriente y aislamiento eléctrico.

Las salidas a relés son libres de tensión, lo que permite su uso con cualquier tipo de corriente, ya sea continua (CC) o alterna (CA), y para diversas tensiones, incluso dentro de una misma aplicación como se observa en la figura 4.13.

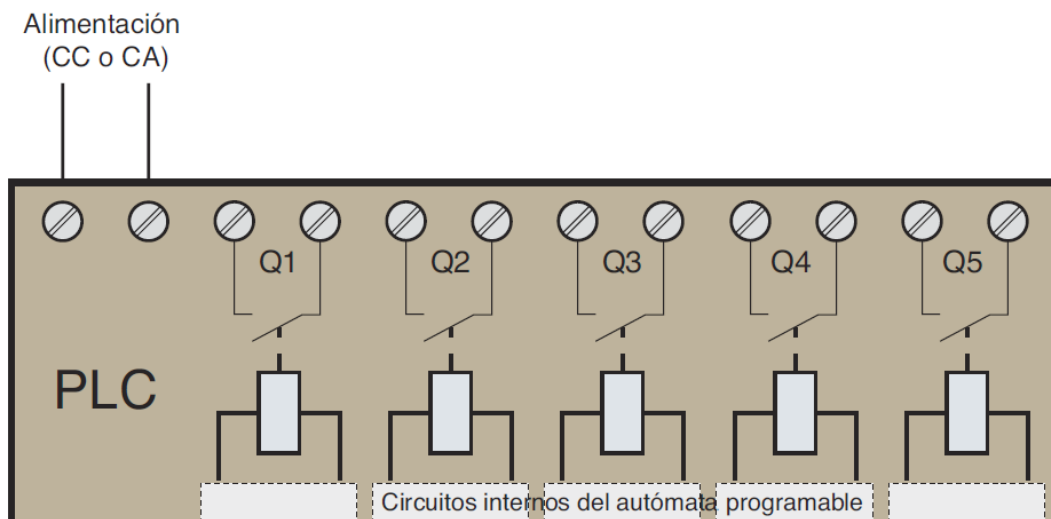


Figura 4.13 Módulo de salidas con relés

Es común que los contactos de los relés de salida estén conectados a un borne común. Esto significa que todos los actuadores conectados a

ese bloque común de relés deben ser del mismo tipo de corriente y operar a la misma tensión como se observa en la figura 4.14.

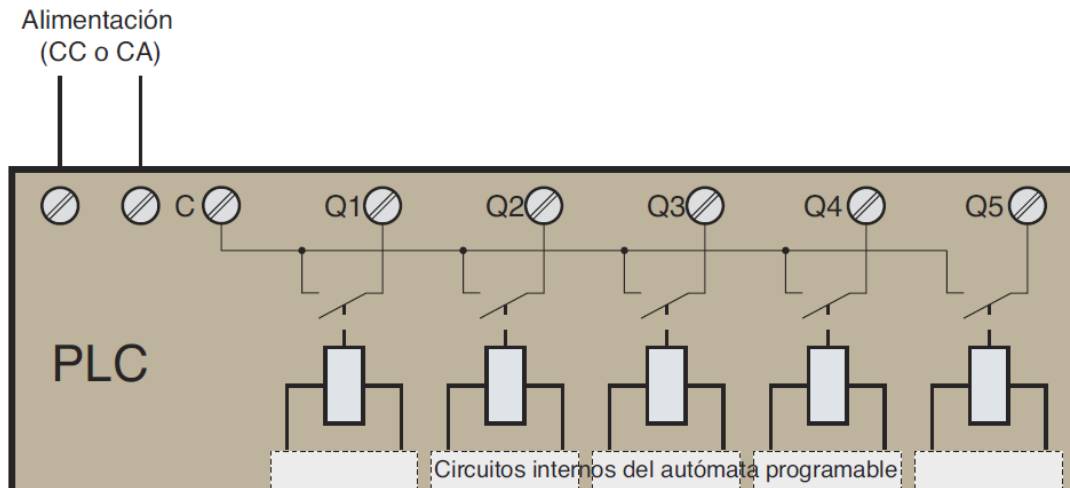


Figura 4.14 Módulo de salidas a relés con un borne común

ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS

A diferencia de las señales digitales, las entradas y salidas analógicas son capaces de manejar un rango continuo de valores. En lugar de limitarse a solo dos estados (1 o 0), las señales analógicas pueden representar variables que cambian gradualmente, como temperatura, presión, nivel de líquido, velocidad, entre otros.

4.3.3 Entradas Analógicas

Las entradas analógicas permiten al PLC recibir información de dispositivos que generan señales proporcionales a una magnitud física, como un sensor de temperatura que emite una señal de voltaje o corriente en función de la temperatura medida. Estas señales se suelen expresar en rangos como 0-10 V o 4-20 mA, donde el valor de la señal representa directamente el valor de la variable medida. Los rangos estandarizados son los siguientes.

Estándar	Rango
Tensión (Voltios)	
0 a 10 Vcc	0 - 10 V
-10 a +10 Vcc	-10 - +10 V
2 a 10 Vcc	2 - 10 V
Corriente (mA)	
4 a 20 mA	4 - 20 mA
0 a 20 mA	0 - 20 mA
1 a 5 mA	1 - 5 mA
0 a 5 mA	0 - 5 mA

Tabla 4.1 Estándares de tensión y corriente para las señales analógicas

Una entrada analógica está equipada con un convertidor A/D (analógico a digital), que convierte la señal analógica en un valor numérico que el PLC puede procesar en su programa.

Ejemplos de dispositivos de entrada analógica

Sensores de temperatura (termopares, RTD), Sensores de presión, Transductores de nivel Caudalímetros.

Conexión de un Sensor de 3 Hilos

1. Fuente de Alimentación: Conectar el terminal de VCC a una fuente de alimentación, típicamente 24 VDC.
2. Conexión a Tierra (GND): El terminal de GND del sensor se conecta a la tierra común del sistema o a la tierra del PLC.
3. Señal de Salida (OUT): El terminal de salida de señal (OUT) se conecta a la entrada analógica del PLC. La señal de salida puede ser de voltaje (0-10 V) o de corriente (4-20 mA), según el tipo de sensor.

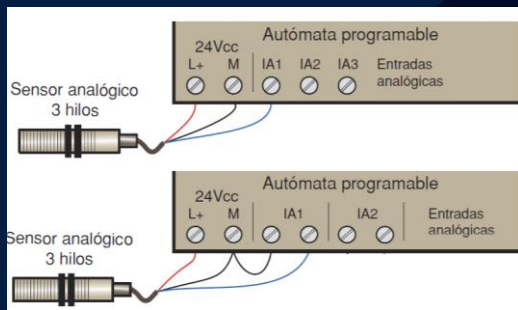


Figura 4.15 Conexión de un Sensor de 3 Hilos

Conexión de un Sensor de 2 Hilos

1. Fuente de Alimentación: El sensor se conecta a una fuente de alimentación de 24 VDC o la que sea adecuada para el sensor.
2. Conexión a la Entrada Analógica: Un terminal del

sensor se conecta a la fuente de alimentación (+24 V).

3. El otro terminal del sensor se conecta a la entrada analógica del PLC.

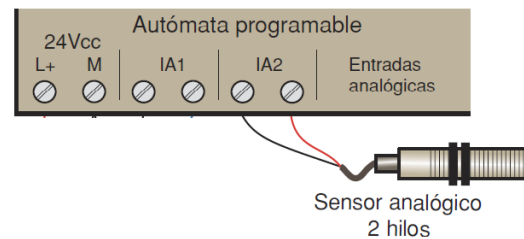


Figura 4.16 Conexión de un Sensor de 2 Hilos

4.3.4 Salidas Analógicas

Las salidas analógicas permiten que el PLC controle dispositivos externos de manera continua. En lugar de enviar una señal de encendido o apagado, las salidas analógicas generan una señal de voltaje o corriente dentro de un rango determinado ver tabla 4.1. Este tipo de control es útil en aplicaciones donde es necesario un ajuste gradual o suave, como en el control de velocidad de motores o la regulación de válvulas.

Ejemplos de dispositivos de salida analógica:

Convertidores de frecuencia para el control de velocidad de motores, Válvulas de control proporcional, Reguladores de temperatura, Controladores de presión, etc.

4.4 Programación de los autómatas



INTRODUCCIÓN

La programación de los autómatas programables (PLC) es el proceso mediante el cual se desarrollan instrucciones lógicas que permiten controlar máquinas y procesos industriales. Esta programación implica definir cómo deben reaccionar las salidas del PLC ante los cambios en las entradas. Para llevar a cabo esta tarea, los autómatas ofrecen diferentes modos de trabajo y herramientas de programación, así como una variedad de lenguajes de programación que permiten a los técnicos e ingenieros implementar las lógicas de control.

4.4.1 Modos de Trabajo de los Autómatas

Los modos de trabajo de un autómata definen cómo interactúa el PLC con su entorno y el programa

cargado en su memoria. Los modos principales son:

Modo RUN (Ejecutar)

El modo RUN es el estado operativo del PLC, en el cual el autómata ejecuta el programa que se ha cargado en su memoria. En este modo, el PLC lee continuamente las entradas (como sensores), procesa las instrucciones lógicas del programa y genera las salidas correspondientes (por ejemplo, activando actuadores).

Características del modo RUN

El PLC ejecuta el ciclo de escaneo es decir realiza la lectura de entradas, ejecución de programa, actualización de salidas. No es posible modificar el programa mientras el autómata se encuentra en este modo. Los técnicos utilizan

este modo cuando el sistema está en funcionamiento y necesita operar de manera continua.

Modo PROG (Programación)

El modo PROG es utilizado cuando se desea programar, editar o cargar un nuevo programa en el PLC. En este estado, el autómata no ejecuta el programa, por lo que no controla las salidas ni responde a las entradas.

Características del modo PROG

Permite cargar o modificar el programa sin que se ejecute en tiempo real. El autómata deja de controlar las salidas para evitar cambios no deseados durante la programación. Este modo se utiliza generalmente durante la configuración inicial, el ajuste de parámetros o para realizar mantenimiento.

Otros PLC también pueden ofrecer un modo MONITOR que permite visualizar el estado de ejecución del programa sin detener el proceso.

4.4.2 Instrumentos para la Programación

Para programar un autómata, se requieren herramientas físicas y software especializados. Estas herramientas permiten escribir, depurar y cargar el programa en el PLC.

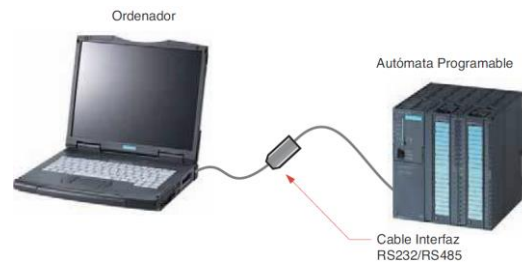


Figura 4.17 Instrumentos para la Programación

Computadora (PC)

Una computadora es fundamental para la programación de PLCs. En ella se instala el software de programación específico para el tipo de autómata que se está utilizando. La computadora actúa como una interfaz entre el programador y el PLC, permitiendo escribir y editar el programa, probar la lógica, y luego cargar el programa en el autómata.

Software de Programación

El software de programación es la aplicación que se utiliza en la computadora para desarrollar, simular y cargar el programa en el PLC. Cada fabricante de autómatas programables tiene su propio software. Algunos ejemplos son:

- **TIA Portal** para PLCs Siemens.
- **RSLogix 5000** para PLCs Allen-Bradley.
- **CX-Programmer** para PLCs Omron.

El software ofrece un entorno gráfico o textual para crear el programa, simular su funcionamiento, y diagnosticar errores antes de cargarlo al autómata.



Figura 4.18 Software de Programación

Cables de Comunicación y Dispositivos de Conexión

Para transferir el programa desde la computadora al PLC, se utilizan cables de comunicación específicos, que dependen del modelo y del fabricante del autómata. Estos pueden ser cables USB, Ethernet o seriales. En los sistemas modernos, la transferencia de programas puede realizarse también de forma inalámbrica o a través de redes industriales.

4.4.3 Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación de los PLC son estándares que permiten definir la lógica que el autómata debe seguir. Se dividen en dos grandes categorías: lenguajes textuales y lenguajes gráficos. Los más comunes están definidos en la norma IEC 61131-3, que regula los lenguajes de programación para sistemas de control industrial.

Categoría	lenguajes de programación
Textuales	Lista de instrucciones
	Programación estructurada
Gráficos	Diagramas de contactos
	Diagramas de bloques funcionales

Tabla 4.2 lenguajes de programación

Lista de Instrucciones IL

Es un lenguaje de bajo nivel, similar al ensamblador, en el que las instrucciones se introducen en forma secuencial, utilizando comandos simples para cada operación (carga, suma, comparación, etc.). Es muy eficiente en términos de recursos, pero menos intuitivo que los lenguajes gráficos.

Texto Estructurado ST

Es un lenguaje de alto nivel, similar a lenguajes de programación tradicionales como Pascal o C. Permite utilizar estructuras de control como bucles, condiciones, y funciones, lo que lo hace ideal para la programación de tareas complejas y algoritmos.

Es el más poderoso para programas que requieren cálculos matemáticos complejos y tareas repetitivas.

Diagrama de Contactos LD

Es uno de los lenguajes más utilizados en la programación de PLCs, especialmente por su similitud con los esquemas de control eléctrico. Se utiliza para representar de forma gráfica la lógica de control a través de escaleras formadas por contactos (entradas) y bobinas (salidas).

Es ideal para programadores con conocimientos en electricidad industrial, ya que representa simbólicamente el flujo de corriente en un circuito de relés.



Diagrama de Funciones Secuenciales SFC

Es un lenguaje gráfico que permite representar procesos secuenciales mediante pasos (estados) y transiciones. Se utiliza comúnmente para controlar procesos donde las acciones deben seguir una

secuencia predefinida, como en líneas de producción o sistemas de automatización compleja.

El SFC es adecuado para aplicaciones donde la secuencia de operaciones debe ser clara y fácil de seguir.

PRÁCTICA 4

Tema: Arranque Directo de Motor con PLC LOGO!

Resultado de aprendizaje:

El estudiante será capaz de configurar y programar un PLC LOGO! para realizar el arranque directo de un motor trifásico mediante el uso de relés de contacto y salidas digitales. Los estudiantes comprenderán el funcionamiento básico de un PLC en el control de motores y aplicarán un diagrama de contactos (Ladder) para el arranque y paro del motor. Además, realizarán la conexión eléctrica del motor y los componentes asociados.

Objetivo:

Configurar, programar y probar el arranque directo de un motor trifásico utilizando un PLC LOGO! y controlen su funcionamiento a través de botones de arranque y paro. Los estudiantes deberán programar el PLC mediante un diagrama de escalera, realizar las conexiones adecuadas del motor, contactor, y pulsadores, y verificar el correcto funcionamiento del sistema.

Equipos y materiales:

- PLC LOGO!
- Software LOGO! Soft Comfort instalado en una computadora para la programación del PLC.
- 1 Motor trifásico de inducción (pequeña potencia, entre 0.5 HP y 1 HP).
- Pulsadores
- 1 Disyuntor termomagnético (de acuerdo con la corriente del motor).
- 1 Relé térmico para protección contra sobrecargas.



BIBLIOGRAFÍA



- Duran, J., Martínez, H., Gámez, J., Domingo, J., Grau, A. (2011). *Automatismos eléctricos e industriales*. Altamar S.A.
- Martin, J., Pilar, M., (2009). *Automatismos Industriales*. Editex S.A.
- AENOR. (2020). *Norma UNE 20434: Conductores eléctricos aislados. Identificación de conductores*. Asociación Española de Normalización.
- Cuervo, C., & Gómez, J. (2019). *Automatización industrial: Teoría y práctica*. Editorial Técnicas.
- García, P. (2020). *Circuitos eléctricos básicos: Diseño, protección y montaje*. McGraw-Hill Education.
- López, F. (2018). *Protección y control en instalaciones eléctricas: Interruptores y contactores*. Alfaomega Grupo Editor.
- Martínez, A. (2019). *Simbología eléctrica y electrónica para automatización industrial*. Marcombo.
- Rodríguez, J. (2021). *Montaje y mantenimiento de cuadros eléctricos industriales*. Editorial Paraninfo.
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2016). *Sistemas de control moderno (12ª ed.)*. Pearson Educación.
- Petruzella, F. D. (2016). *Controladores lógicos programables (5ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Siemens AG. (2020). *Manual del usuario: LOGO! 8 Modular PLC System*. Siemens Industry Automation.
- Olaya Martínez, A. (2019). *Automatización industrial: Fundamentos y aplicaciones con PLC*. Alfaomega Grupo Editor.
- Bolzern, P., Scattolini, R., & Schiavoni, S. (2012). *Automatización de procesos: Teoría y práctica*. Reverté.
- Rockwell Automation. (2021). *Controladores programables: Principios básicos de programación y uso*. Rockwell Automation Press.
- Lipták, B. G. (2013). *Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization (4ª ed.)*. CRC Press.



**INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO**

ISBN: 978-9942-686-14-5



Educación gratuita y de calidad