



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de
Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

INFORME DE PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

NOMBRE DE PROYECTO:
**DESARROLLO Y DOCUMENTACIÓN DE CURSO EN LÍNEA EN
ELECTRÓNICA: NIVEL BÁSICO**

PRESENTA:
EUSTAQUIO VAZQUEZ CRUZ

CARRERA:
INGENIERÍA MECATRÓNICA

NUMERO DE CONTROL:
16370930

DEPARTAMENTO:
METAL –MECÁNICA

ASESOR INTERNO:
MTRA. HAYDEE PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





AGRADECIMIENTOS

A mi madre principalmente ya que ella ha sido el motor que me ha impulsado a lo largo de toda mi vida académica, y ha fungido como apoyo incondicional en los momentos donde no encontraba la motivación y el camino se volvía turbulento, me brindaste tu apoyo e hiciste ver lo bueno de la vida y que con la ayuda de Dios toda barrera se puede romper, a ti madre te dedico esta pequeña meta alcanzada, y los logros que me depare el futuro.

A Dios porque sin el todo esto no fuera posible, y que gracias a él podemos gozar de salud y bienestar y que ha puesto los medios para que las metas se logren, y que siempre ha estado en esos momentos en que no encontramos suelo firme en donde caminar y nos brinda esa paz mental para poder salir de esas situaciones.

A mis hermanas que siempre me han alentado a no decaer, si no seguir y persistir por las metas y objetivos que se planteen, y no ver los errores que se cometen en la vida como fracasos si no como aprendizajes.

A mis maestros que gracias a ellos que han compartido los conocimientos que han adquirido a lo largo de sus vidas en todo lapso de tiempo que duro la carrera.

A mis asesores por guiarme paso a paso en el desarrollo de este proyecto.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





RESUMEN

EL presente proyecto que se realizó para la empresa TMC Automatización S. de R.L. de C.V. se realizó con el objetivo de desarrollar y documentar un curso acerca de Electrónica y de esta manera brindar información acerca de los fundamentos y conceptos básicos que rigen esta materia.

Este proyecto abarca la información de los temas que se trataron desde concepto básicos en electricidad y física hasta conceptos en los que se fundamenta la electrónica. Así como también una explicación detallada acerca de los elementos más comunes que se utilizan en la electrónica, elementos que actualmente forman parte de un conjunto de elementos que permite el funcionamiento de equipos electrodomésticos y/o electrónicos que utilizamos en la vida cotidiana.

Con el apoyo de algunas fuentes de información como lo son libros foros de internet y algunas páginas de internet, así como también conocimientos que se fueron adquiriendo a lo largo del tiempo que duro la carrera, se llevó a cabo este curso, de igual forma se compararon las fuentes consultadas todo con el fin de que el lector final del contenido se le facilite digerir los conceptos planteados y mostrados en el curso.

En este proyecto podremos observar una descripción detallada de los conceptos en los que se basa la electrónica en un nivel básico, así como también algunas fórmulas en las cuales se fundamentan las funciones de los elementos electrónicos más comunes.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





INDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
GENERALIDADES DEL PROYECTO	11
INTRODUCCION	11
PROBLEMA A RESOLVER	12
DELIMITACIONES	12
OBJETIVOS:	12
OBJETIVO GENERAL:	12
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	12
JUSTIFICACION	13
DESARROLLO DEL CURSO	14
UNIDAD 1. CONCEPTOS BASICOS	14
1.-FÍSICA BÁSICA	14
1.1.- Que es la materia en física	14
1.1.1.- Estructura de la materia	14
1.2.- Magnitudes físicas	15
1.2.1.- Sistema Internacional de Unidades (S.I)	15
1.2.2.- Magnitudes fundamentales del S.I	16
1.2.3.- Magnitudes derivadas	17
1.3.- Múltiplos y submúltiplos	18
2.- DEFINICIÓN DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA	19
2.1.- Que es electricidad	19
2.1.1.- Carga eléctrica	20
2.1.2.- Corriente eléctrica	20
2.1.3.- Campos eléctricos	20
2.1.4.- Potencial eléctrico	20
2.1.5.- Magnetismo	20
2.2.- Que es electrónica	21



2.3.- Diferencias entre electrónica y electricidad.....	21
3.- GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.....	22
3.1.- Corriente continua	23
3.2.- Corriente alterna.....	23
4.- VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA	24
4.1.- Tensión: Diferencia de potencial	24
4.4.- Intensidad de corriente: Amperio	26
4.5.- Resistencia eléctrica	26
4.5.1.- Tabla de resistividad de los materiales	27
4.5.2.- Tipos de resistencias	28
4.5.3.- Resistencias fijas	29
4.5.4.- Código de colores de resistencias.....	30
4.5.5.- Resistencias Variables: Potenciómetro.....	32
UNIDAD 2.- CIRCUITOS ELECTRICOS.....	33
1.- LEY DE OHM	33
1.1.- ¿Qué declara esta ley?	33
1.2.- La ley de Ohm y la potencia eléctrica.....	34
1.3.- Aplicaciones de la ley de ohm	34
2.- CIRCUITOS ELÉCTRICOS	35
2.1.- Circuito Serie.....	35
2.1.1.- Características.....	35
2.2.- Circuito Paralelo	36
2.2.1.- Características.....	36
2.3.- Circuito Mixto	36
3.- DIVISOR DE TENSIÓN	37
3.1.- Formula.....	38
3.1.1.- Simplificaciones	38
4.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE CIRCUITOS.....	39



5.- LEY DE KIRCHHOFF	39
5.1.- Primera Ley de Kirchhoff	39
5.1.1.- Enunciado de la primera Ley de Kirchhoff	40
5.2.- Segunda Ley de Kirchhoff	41
5.2.1.- Enunciado de la segunda Ley de Kirchhoff	41
6.- EL CONDENSADOR (CAPACITOR)	45
6.1.- Funcionamiento de un condensador	45
6.1.1.- Principio de Funcionamiento Dieléctrico del Condensador	46
6.2.- Tipos de condensadores	47
6.3.- Unidades de medida de los condensadores	49
6.4.- Identificación del valor de un condensador	49
6.5.- Asociación de condensadores	56
6.5.1.- Capacitores en Serie	56
6.5.2.- Capacitores en Paralelo	57
7.- INDUCTORES (BOBINA)	58
7.1.- Funcionamiento de un inductor	58
7.2.- Tipos de inductores	58
7.3.- Unidades de medida de inductores	59
7.4.- Identificación del valor de un inductor	59
7.5.- Asociación de inductores	65
7.5.1.- Inductores en serie	65
7.5.2.- Inductores en paralelo	65
UNIDAD 3.- SEMICONDUCTORES	66
1.- MATERIALES CONDUCTORES	66
2.- MATERIALES SEMICONDUCTORES	66
2.1.- Germanio	67
2.2.- Silicio	67
3.- AISLANTES	68



4.- MATERIALES SEMICONDUCTORES SEGÚN SU PUREZA	68
4.1.- Intrínsecos	69
4.2.- Extrínsecos	69
5.- MODELO ATÓMICO	70
5.1.- Número atómico	71
5.2.- Capas y órbitas de los electrones	71
5.2.1.- Niveles de energía	72
5.2.2.- Número de electrones en cada capa	72
5.3.- Electrones de valencia	73
5.4.- Ionización	73
6.- BANDAS DE ENERGÍA	74
7.- ENLACES QUÍMICOS	75
7.1.- Enlaces covalentes	75
8.- MATERIALES N Y P	76
8.1.- Materiales extrínsecos N y P	76
8.2.- Semiconductor tipo N:	76
8.3.- Semiconductor tipo P:	77
UNIDAD 4. EL DIODO	79
1.- EL DIODO	79
1.1.- Estructura	79
1.1.1.- Composición de un diodo	79
1.2.- Funcionamiento de un diodo	80
1.2.1.- Polarización directa	80
1.2.2.- Polarización indirecta o inversa	81
2.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE UN DIODO	82
3.- MODELOS DEL DIODO	83
3.1.- El modelo ideal de un diodo	83
3.2.- El modelo práctico de un diodo	84



3.3.- El modelo completo o real del diodo	85
4.- TIPOS DE DIODOS.....	86
4.1.- Rectificadores	87
4.1.1.- Circuitos rectificadores de media onda.....	87
4.1.2.- Circuitos rectificadores de onda completa.....	88
4.2.- Diodos emisores de luz	88
4.3.- Fotodiodo	89
4.4.- Schottky.....	89
4.5.- Zener.....	89
4.6.- Diodo varicap	90
4.7.- Diodo Túnel o Esaki.....	90
4.8.- Diodo PIN.....	91
5.- PRUEBAS A UN DIODO	92
5.1.- Posición de prueba de un diodo con un multímetro digital	92
5.2.- Cuando el diodo está funcionando	93
5.3.- Cuando el diodo está defectuoso	94
5.4.- Verificación de un diodo con la función OHMs.....	95
6.- LA HOJA DE DATOS DE UN DIODO	95
6.1.- Valores nominales máximos absolutos	97
6.2.- Características térmicas.....	97
6.3.- Características eléctricas.....	98
UNIDAD 5. EL TRANSISTOR.....	99
1.- EL TRANSISTOR.....	99
1.1.- Clasificación de los transistores	99
2.- EL TRANSISTOR DE UNIÓN BIPOLAR (BJT)	100
2.1.- Estructura.....	100
2.1.1.- Composición de un transistor BJT	101
2.2.- Funcionamiento de un transistor.....	102



2.2.1.- Zona de saturación:	102
2.2.2.- Zona activa:	102
2.2.3.- Zona de corte:	102
2.3- Configuraciones básicas.....	103
2.3.1.- Emisor Común	103
2.3.2.- Base común.....	103
2.3.3.- Colector común.	104
3.- CIRCUITOS DE POLARIZACIÓN	104
3.1.- Polarización de la base.....	106
3.1.1.- Ventajas	106
3.1.2.- Desventajas	106
3.2.- Polarización de colector.....	107
3.2.1.- Ventajas	107
3.2.2.- Desventajas	107
3.3.- Polarización de emisor	108
3.3.1.- Ventajas	109
3.3.2.- Desventajas	109
4.- RECTA DE CARGA	109
5.- PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (HOJAS DE DATOS).....	110
6.- EL TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO (FET)	112
6.1.- Diferencias entre el BJT y FET	113
6.2.- Estructura y polarización	114
6.2.1.- Símbolos de JFET	115
6.2.2.- Polarización de un JFET	115
7.- CIRCUITOS DE POLARIZACIÓN	117
7.1.- Circuito con Autopolarización.....	118
7.2.- Polarización con divisor de voltaje	119
8.- PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (HOJAS DE DATOS).....	120



9.- PRUEBA DE UN TRANSISTOR CON UN MULTÍMETRO DIGITAL	122
9.1.- Posiciones de prueba en un diodo con el multímetro digital.....	122
9.2.- Cuando el transistor no está defectuoso	123
9.3.- Cuando el transistor está defectuoso	124
9.4.- Verificación de un transistor con la función OHM (medición de resistencia) 	125
CONCLUSIONES.....	126
COMPETENCIAS DESARROLADAS Y/O APLICADAS	127
FUENTES DE INFORMACION.....	128



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCION

La electrónica tiene muchas áreas que debemos analizar a detalle, pero para ello lo primero que debemos realizar es la concepción de los conceptos básicos en los cuales se fundamenta esta disciplina, todo con el fin de que en cursos posteriores de un nivel más avanzado se nos sea fácil digerir los conceptos que se lleguen a tratar, gracias a los temas que se mostraran en el siguiente curso, el cual está comprendido en 5 capítulos o unidades en el primer capítulo o unidad, analizaremos algunos temas que nos inducirán en los conceptos básicos que involucra la electrónica, así como los principios eléctricos, electromagnéticos y electrónicos que los rigen.

Para el segundo capítulo o unidad daremos a conocer los fundamentos de los circuitos eléctricos, así como algunas de las leyes más conocidas en las cuales se fundamenta su funcionamiento también abarcaremos algunas de las unidades de medida más utilizadas en el campo de la electricidad y electrónica, y observaremos los tipos de circuitos que se ocupan en electricidad y electrónica.

En el tercero daremos una explicación breve y concisa de los diferentes tipos de elementos semiconductores que se ocupan en el campo de la electrónica y los efectos que tienen al utilizarlos o aplicarlos en circuitos eléctricos o electrónicos.

Para el penúltimo capítulo o unidad daremos a conocer uno de los dispositivos electrónicos más importantes de las últimas décadas, estamos del dispositivo semiconductor “diodo”, daremos a conocer temas importantes como lo son su principio de funcionamiento estructura, etc.

Ya para la última unidad o capítulo hablaremos de otro de los dispositivos más comúnmente utilizados en la industria de la electrónica, también dispositivo semiconductor hablamos del transistor, analizaremos a detalle el principio de su funcionamiento, así como parámetros a tomar en cuenta al momento de elegir un transistor y el tipo de transistor requerido para la aplicación en la cual se desee ocupar.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





PROBLEMA A RESOLVER

Este curso se enfocará en la recopilación, análisis, construcción, desarrollo y documentación de un curso enfocado al módulo de Electrónica en nivel básico con el fin de otorgar al interesado en el módulo, las bases y conceptos básicos que rigen y fundamentan esta amplia área de electrónica.

DELIMITACIONES

Derivado de las condiciones provocadas por la pandemia actual de Covid-19, el curso se realizará a distancia por lo que no se podrá realizar de forma presente dentro de las instalaciones de la empresa por lo tanto solo se podrá dar a conocer información teórica del tema de electrónica, puesto que en algunos casos no se podrá realizar de manera física algunos procesos debido a que no se pueda tener equipo necesario para su correcta realización, pero se contará con la supervisión a distancia del asesor externo.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

1. El objetivo principal es dar a conocer el tema de electrónica a nivel básico, esto a través de una serie de documentos expedidos en formato Word, Power Point y videos explicativos, de la información recabada de distintas fuentes y de conocimientos propios adquiridos a lo largo de la estancia en la carrera.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Análisis, Recopilación, Construcción y Documentación de un curso.
2. Documentar toda la información obtenida de indagaciones y del aprendizaje durante el transcurso de la carrera.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





3. Que el lector interesado en el contenido, tenga la facilidad de poder tener amplia información acerca de los principios de la electrónica básica.
4. Exponer temas que rigen y fundamentan a la electrónica y las áreas de estudio que se involucran directamente como lo son electricidad y física.
5. Comparar fuentes de información y conceptos que se manejan por las mismas, con el fin de llegar a una idea en común y específica.
6. Brindar a la persona interesada en el tema los conceptos básicos y comprensibles de manera que muestre interés por los temas expuestos.
7. Fomentar el aprendizaje de los conceptos básicos, es decir las bases de la electrónica.

JUSTIFICACION

En el presente proyecto se pretende obtener una amplia información acerca de los principios de la electrónica básica, a través de la documentación del tema anteriormente mencionado puesto que en la actualidad la mayor parte de los dispositivos que utilizamos funcionan a través de componentes electrónicos, y por ello es de suma importancia conocer los principios que rigen a esta materia, así como comprender la razón de su funcionamiento de los dispositivos que nos rodean. Al realizar el presente proyecto se buscaría también realizar el análisis del proceso teórico y práctico tanto de aprendizaje durante la realización de las residencias, así como lo que se ha aprendido durante el transcurso de la carrera.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





DESARROLLO DEL CURSO

UNIDAD 1. CONCEPTOS BASICOS

1.-FÍSICA BÁSICA

1.1.- Que es la materia en física

La materia es todo lo que nos rodea. Posee masa y ocupa un lugar en el espacio. La materia puede describirse midiendo el valor de sus propiedades; por ejemplo: la densidad, el color, la masa, el volumen, etc.

Estas propiedades de la materia se clasifican en propiedades generales y propiedades características. Las propiedades generales son comunes a todo tipo de materia y no nos sirven para identificarla (masa, volumen, longitud, temperatura) mientras que las propiedades características tienen un valor propio para cada sustancia y nos sirven para identificarlas (densidad, color, conductividad, temperatura de fusión).

En el contexto de la física moderna se entiende por materia cualquier campo, entidad, o discontinuidad traducible a fenómeno perceptible que se propaga a través del espacio-tiempo a una velocidad igual o inferior a la de la luz y a la que se pueda asociar energía. Así todas las formas de materia tienen asociadas una cierta energía, pero sólo algunas formas de materia tienen masa.

Clásicamente se consideraba que la materia tenía tres propiedades que juntas la caracterizan: que ocupa un lugar en el espacio y que tiene masa y duración en el tiempo.

1.1.1.- Estructura de la materia

La materia está constituida por partículas muy pequeñas que no pueden verse ni siquiera con el microscopio más potente. En principio, podemos decir que son las unidades básicas o ladrillos a partir de los cuales se constituye la materia. La mayoría de estas partículas son moléculas, pero también existen otro tipo de partículas que forman la materia: los átomos y los iones.

Los átomos se reúnen o asocian dando lugar a tres tipos de agregados, gas, líquido y sólido. El estado de agregación depende de las fuerzas interatómicas, es decir del tipo de enlace, de la presión y de la temperatura.





1.2.- Magnitudes físicas

Toda magnitud física debe llevar asociadas sus unidades. Es fundamental para el método científico que las medidas sean reproducibles y, para que esto sea posible, las magnitudes con sus unidades han de ser expresadas de una manera concisa y no ambigua. (QUIMICA.ES, 2022)

Se denomina magnitud física a todo observable que se puede medir. De esta definición se puede estimar que el objeto de la física es alterable, en función de que los fenómenos físicos observados sean medibles o no; de forma que el progreso en las tecnologías de instrumentación de medida, sin duda aumentan el dominio de la física tomando conceptos y leyes, derivadas de estas nuevas medidas.

La longitud, tiempo, velocidad, aceleración, fuerza, masa, color, etc. son ejemplos de magnitudes físicas. La belleza, el sabor, el olor, el amor, la satisfacción, etc. son observables que no constituyen magnitudes físicas ya que no se pueden medir.

Las magnitudes pueden clasificarse en escalares, vectoriales y tensoriales, a su vez, las primeras, se pueden clasificar en extensivas e intensivas. Son magnitudes escalares aquellas que quedan determinadas por un número real, acompañado de un estado elegido de esta magnitud, de entre las magnitudes escalares extensivas se encuentran la masa, energía, tiempo, carga eléctrica, volumen, la cantidad de sustancia, resistencia eléctrica, etc. y de entre las unidades escalares intensivas, se encuentran la temperatura, densidad, volumen específico, carga específica, etc.

Las magnitudes vectoriales necesitan además el conocimiento de una dirección y un sentido, entre las cuales, se encuentran, la velocidad, aceleración, fuerza, cantidad de movimiento, campo eléctrico, etc.

Las magnitudes tensoriales son las que el valor observado de dicha magnitud depende de la dirección en que es observada. Entre dichas magnitudes se encuentran el tensor de inercia, el tensor de esfuerzos, el tensor de deformaciones, el tensor conductividad térmica, el índice de refracción, el tensor dieléctrico en medios variables. (SABATER, 2021)

1.2.1.- Sistema Internacional de Unidades (S.I)

El Sistema Internacional de Unidades fue creado en 1960. Tiene la ventaja de que todas sus unidades básicas están basadas en fenómenos físicos, a excepción de la unidad de masa, que se define en referencia a un patrón de platino iridiado (imagen del banner de esta sección) que se conserva en una caja fuerte de la Oficina de Pesos y Medidas.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





1.2.2.- Magnitudes fundamentales del S.I

El sistema internacional (S.I.) está formado por las unidades del sistema “mksA” racionalizado (metro, kilogramo, segundo, amperio), y lleva definiciones adicionales para la unidad de temperatura, la unidad de intensidad luminosa y la unidad de cantidad de sustancia. Las unidades fundamentales mecánicas son el metro (m) para la longitud, el kilogramo (kg) para la masa y el segundo (s) para el tiempo, las cuales se encuentran en la tabla 1. (SABATER, 2021)

MAGNITUD	NOMBRE	SIMBOLO
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Corriente Eléctrica	Amperio	A
Temperatura	Kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	Candela	cd

Metro (m): es la longitud del trayecto del recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de $1/299.792.458$ segundos.

Kilogramo (kg): es la unidad de masa. Es la única unidad básica que tiene un prefijo de múltiplo (kilo) en el nombre, que se ha respetado por razones históricas. Los múltiplos y submúltiplos de esta unidad se forman anteponiendo prefijos a la palabra gramo y sus símbolos al símbolo g.

Segundo (s): es la unidad de tiempo que expresa la duración de $9.192.631.770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

Ampere (A): es la unidad de corriente eléctrica. Es la intensidad de una corriente constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados a una distancia de un metro uno del otro en el vacío, produce entre estos conductores una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newton por metro de longitud.

Kelvin (K): es la unidad de temperatura termodinámica, y es la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. Un intervalo de temperatura puede también expresarse en grados Celsius °C.

Candela (cd): es la unidad de intensidad luminosa. Representa la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hertz y que tiene una dirección de $(1/683)$ watt por estereorradián.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Mol (mol): es la unidad de cantidad de materia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12. Cuando se use el mol, deben especificarse las entidades de los elementos que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas, o grupos especificados de esas partículas.

1.2.3.- Magnitudes derivadas

Las unidades SI derivadas se expresan algebraicamente en términos de unidades base u otras unidades derivadas (incluyendo el radián y el estereorradián que son dos unidades suplementarias). Los símbolos de las unidades derivadas se obtienen mediante operaciones matemáticas de multiplicación y división, algunas de las más comunes se presentan en la tabla 2. (SABATER, 2021)

CANTIDAD DERIVADA	NOMBRE ESPECIAL	SIMBOLO
Angulo plano	radián	rad
Angulo sólido	estereorradián	sr
Frecuencia	Hertz	Hz
Fuerza	newton	N
Presión	pascal	Pa
energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J
poder, flujo radiante	watt	W
carga eléctrica, cantidad de electricidad	coulomb	C
potencial eléctrico, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	volt	V
capacitancia	farad	F
resistencia eléctrica	ohm	Ω
conductancia eléctrica	siemens	S
flujo magnético	weber	Wb
densidad de flujo magnético	tesla	T
inductancia	Henry	H
temperatura Celsius	grado Celsius	°C
flujo luminoso	lumen	lm
iluminación	lux	lx



1.3.- Múltiplos y submúltiplos

El Sistema Internacional, al igual que el resto de sistemas admiten múltiplos y submúltiplos de las unidades, para ello se añaden al nombre de la unidad el prefijo adoptado, por acuerdo internacional, los cuales se encuentran en la tabla 3.

<i>Factor</i>	<i>Prefijo</i>	<i>Símbolo</i>
10^{24}	Yolta	Y
10^{21}	Zetta	Z
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T
10^6	Mega	M
10^9	Giga	G
10^3	Kilo	K
10^2	Hecto	H
10	Deca	Da
10^{-1}	Deci	D
10^{-2}	Centi	C
10^{-3}	Mili	M
10^{-6}	Micro	M
10^{-9}	Nano	N
10^{-12}	Pico	P
10^{-15}	Femto	F
10^{-18}	Atto	A
10^{-21}	Zepto	Z
10^{-24}	Yocto	Y

Algunos múltiplos o submúltiplos de las unidades del Sistema Internacional tienen un nombre propio, de los cuales los más habituales son los que se encuentran reflejados en la tabla 4.



<i>Unidad</i>	<i>Nombre con prefijo</i>	<i>Equivalente S.I.</i>
Micra (μ)	Micrómetro (μm)	10^{-6} m
milimicra ($\text{m}\mu$)	Nanómetro (nm)	10^{-9} m
Ångström (Å)	-	10^{-10} m
Fermi	Femtometro (fm)	10^{-15} m
Tonelada	Megagramo (Mg)	10^3 kg
Bar	Megabaria (Mbaria)	10^5 Pa

2.- DEFINICIÓN DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

2.1.- Que es electricidad

Se le conoce electricidad como un conjunto de fenómenos físicos vinculados a la presencia y transmisión de cargas eléctricas. Esta forma de energía se manifiesta con el movimiento de partículas cargadas en la superficie de un material conductor. Las partículas cargadas pueden ser, electrones, protones o iones. (Martínez, 2021) Se puede analizar desde dos puntos de vista:

Desde una escala macroscópica: lo que una persona puede observar.

Desde una escala microscópica: para poder observar lo que sucede es necesario utilizar aparatos especiales. El conjunto de las cosas que pasan a escala microscópica corresponde a lo que podemos ver a escala macroscópica. Desde el punto de vista macroscópico, con este término nos referimos a la fuerza electromagnética. Es decir, a todos los fenómenos físicos a gran escala que involucra una de las interacciones fundamentales. En especial, a la energía electrostática.

Desde el punto de vista microscópico, estos fenómenos eléctricos se deben a la interacción entre partículas cargadas a una escala muy pequeña, una escala molecular.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





2.1.1.- Carga eléctrica.

Toda la materia conocida está formada por átomos que poseen igual cantidad de electrones (con carga eléctrica negativa) y de protones (con carga eléctrica positiva). Los átomos y las moléculas pueden cargarse eléctricamente y ello influye en el modo en que se atraen o repelen y en la configuración de la materia que conforman.

2.1.2.- Corriente eléctrica.

Las partículas cargadas eléctricamente, usualmente los electrones, pueden fluir por un material conductor, como un cable. Esta transmisión de cargas eléctricas es lo que se denomina corriente eléctrica.

2.1.3.- Campos eléctricos.

Los campos eléctricos producen trabajo, medido en voltios, sobre las partículas que se mueven inmersas en ellos. El potencial eléctrico en un punto del espacio es el trabajo que se debe realizar por unidad de carga, para mover esta carga a través de un campo eléctrico desde un punto de referencia hasta el punto considerado.

2.1.4.- Potencial eléctrico.

Los campos eléctricos pueden realizar distintos trabajos, medidos en voltios. A eso se le denomina potencial eléctrico.

2.1.5.- Magnetismo.

Las cargas eléctricas en movimiento generan campos magnéticos, afectando (atrayendo o repeliendo) a los materiales magnéticos y a las cargas en movimiento que se encuentren en él y pudiendo, bajo ciertas condiciones, generar ellos mismos una corriente eléctrica.

Hay dos tipos:

Estática. Este tipo se produce frotando dos o más objetos y haciendo fricción

Dinámica, que es el flujo de carga a través de un conductor.

La electricidad estática se produce al acumular partículas cargadas en la superficie de un material. Generalmente es causada al frotar materiales. El resultado de una acumulación de cargas estáticas es que los objetos pueden ser atraídos entre sí.

Incluso pueden provocar que una chispa salte de uno a otro. La electricidad dinámica se produce al mover un flujo de electrones.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





2.2.- Que es electrónica

Se le conoce a la electrónica como el estudio y aplicación del comportamiento de los electrones en diversos medios, como el vacío, los gases y los semiconductores, sometidos a la acción de campos eléctricos y magnéticos. La electrónica es una vertiente de la física. A través de ella se obtiene o transforma información por medio de dispositivos que son capaces de aprovechar flujo de corriente eléctrica. A ella le debemos unos cuantos logros, como la automatización y el desarrollo tecnológico de las comunicaciones tal y como la entendemos hoy en día. La electrónica siempre persigue mostrar algo o informar.

2.3.- Diferencias entre electrónica y electricidad

La electricidad es el fenómeno físico que se crea al conectar un elemento (como una resistencia, condensador, bombilla, etc.) a una batería o fuente de alimentación (que es lo que genera esa fuerza de atracción entre sus partes). También aparece de forma natural en las tormentas eléctricas. Esas descargas eléctricas naturales se denominan rayos.

Como se puede intuir, la electrónica trabaja con electricidad. Pero no todos los circuitos eléctricos conllevan a que exista electrónica. Por ejemplo, un circuito que solo lleve elementos pasivos (resistencias, condensadores y bobinas) no es un circuito electrónico. Para que sea electrónico tiene que llevar elementos activos como un transistor, diodos, circuitos integrados, etc.

La diferencia entre elementos pasivos y activos es que los pasivos no realizan un control del circuito, sino que suelen ser los receptores. Estos almacenan o disipan energía. En cambio, los activos, sí que hacen un control del flujo de electrones.

Estos elementos activos están compuestos por semiconductores, que hacen posible ese control en el flujo de electrones del circuito (electricidad). Los semiconductores son elementos que se comportan como conductores o aislantes según un campo magnético, eléctrico, presión, etc. De esta manera, si se controla la variable adecuada, se puede dirigir cuando actúa como aislante y cuando como conductor. También, gracias a estos elementos, se pueden ampliar señales, que es otra función bastante común. (CEAC, 2021)

Los elementos activos son la base de toda la tecnología que tenemos hoy en día como puede ser un móvil, un ordenador, etc. Con estos elementos se puede procesar la información gracias a que los transistores o diodos (por ejemplo) pueden comportarse como interruptores.





De esta manera se puede hacer un procesamiento digital de la señal que es con lo que trabajan todos los aparatos mencionados anteriormente.

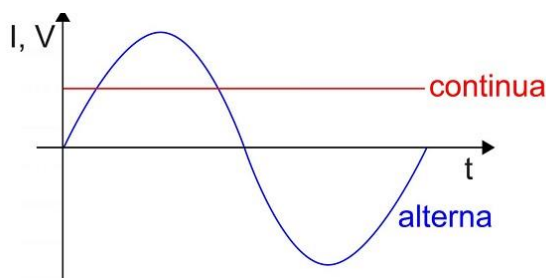
La electricidad trabaja con conductores y la electrónica con semiconductores que tienen unas propiedades diferentes.

La electrónica ha permitido la miniaturización de los aparatos, la posibilidad de automatización y programación de procesos y un gran desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación.

A modo resumen, se puede decir que, tanto en la electricidad como en la electrónica, se trabajan con voltajes y corrientes, y las dos trabajan con campos electromagnéticos. Y en cambio, la electricidad se utiliza para la generación, distribución y conversión de energía, y la electrónica, la utilizamos para el procesamiento, medición y tratamiento de señales. Además, de que por lo que respecta a las unidades utilizadas también son diferentes, así para electricidad utilizamos los A, V o kV, mientras que en electrónica las unidades utilizadas son en mA, V o μ V. Con un circuito eléctrico no es posible enviar información. Con un circuito electrónico se envía información de un lugar a otro, gracias a su característica de poder controlar el flujo de la corriente. La electricidad está asociada a la utilización de elementos pasivos (resistencias / resistores, condensadores / capacitores, bobinas / inductores), la electrónica está asociada a la utilización de elementos activos (transistores, amplificadores operacionales, SCR, TRIACs, etc.)

3.- GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

La corriente eléctrica puede manifestarse de dos modos diferentes: de forma continua o alterna. La diferencia entre corriente continua y alterna radica en la fuente que la produce, aunque los efectos se manifiestan de idéntico modo.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





3.1.- Corriente continua

Es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua. La corriente directa (CD) o corriente continua (CC) es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM). En otras palabras, la corriente directa es un flujo eléctrico que se mantiene constante y no hay cambios en el voltaje.

Si bien se consideró que la corriente directa no era tan eficiente como la corriente alterna, la realidad es que hoy en día este tipo de corriente tiene aplicaciones prácticas, especialmente en el mundo de la electrónica.

El flujo de cargas se produce a través de un conductor, como podría ser un hilo metálico. El flujo también se podría establecer a través de un semiconductor, un aislante o incluso al vacío como ocurre en un tubo de rayos catódicos. En este tipo de corriente eléctrica (corriente continua) las cargas eléctricas fluyen siempre en el mismo sentido, siendo un rasgo característico frente la corriente alterna.

3.2.- Corriente alterna

Es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos. La corriente que fluye por las líneas eléctricas y la electricidad disponible normalmente en las casas procedente de los enchufes de la pared es corriente alterna. Una de las ventajas de la corriente alterna es su relativamente económico cambio de voltaje. Además, la pérdida inevitable de energía al transportar la corriente a largas distancias es mucho menor que con la corriente continua.

La corriente alterna se produce en los generadores de c. a. El proceso ocurre cuando una bobina se mueve frente a un imán, los electrones se mueven en el hilo de la bobina.

Producimos corriente eléctrica moviendo un conductor respecto de un imán o también, dado que es lo mismo, moviendo el imán respecto al conductor. El conductor se enrolla formando una bobina para que el efecto se produzca en mayor número de hilos.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





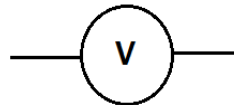
La intensidad de una corriente alterna se debe al mayor o menor número de electrones que oscilan en cada sección del conductor. Su medida la da la carga en culombios que atraviesan la sección del conductor en un segundo, y su unidad es el amperio.

La corriente alterna se puede trasladar a grandes distancias, minimizando el efecto de la resistencia de los cables, bajando la intensidad a la que se traslada. Al mismo tiempo que se baja la intensidad se sube el potencial, por eso se transporta en líneas de alta tensión. Para subir y bajar el voltaje se usan transformadores.

4.- VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA

4.1.- Tensión: Diferencia de potencial

La diferencia de potencial, voltaje o tensión eléctrica es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo (en Julios) por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas.



El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor.

La diferencia de potencial entre dos puntos de una fuente de FEM se manifiesta como la acumulación de cargas eléctricas negativas (iones negativos o aniones), con exceso de electrones en el polo negativo (–) y la acumulación de cargas eléctricas positivas (iones positivos o cationes), con defecto de electrones en el polo positivo (+) de la propia fuente de FEM.

¿Qué es una FEM?

Como fuente de fuerza electromotriz se entiende cualquier dispositivo capaz de suministrar energía eléctrica dinámica, ya sea utilizando medios químicos, como las baterías, o electromecánicos, como ocurre con los generadores de corriente eléctrica.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





FORMULA:

La unidad para el potencial eléctrico en el Sistema Internacional de Unidades es el volt (V).

$$1 V = \frac{1 J}{C}$$

La diferencia de potencial de dos cargas situadas a cierta distancia es igual al trabajo por unidad de carga eléctrica en el momento en que una de las cargas se mueve hasta el punto en el que está situada la segunda carga bajo la influencia del campo eléctrico.

4.2.- Energía Potencial Eléctrica

En física, la energía potencial eléctrica es la energía potencial de un campo electrostático. Esto significa que, si se sitúa una carga eléctrica puntual en un punto, ésta ejercerá una fuerza conservativa sobre cualquier otra carga presente. En este caso la energía potencial de una carga eléctrica depende del conjunto de cargas que tiene alrededor. (Planas, 2021)

La energía potencial eléctrica de un sistema de dos cargas separadas a cierta distancia entre ellas se define como el trabajo generado por la fuerza eléctrica que ejercen entre ellas para separarse una distancia infinita entre ellas.

Básicamente corresponde a la energía que posee una carga por el solo hecho de estar dentro de un campo eléctrico a cierta distancia de la carga fuente e indica la energía cinética potencial que la carga puede expresar si se deja libre para moverse.

FORMULA:

La energía potencial eléctrica de una carga eléctrica puntual con carga (q) sometida a la presencia de otra carga puntual con carga (Q) separadas entre ellas es:

$$E_p = \frac{K \cdot Q \cdot q}{r}$$

donde:

E_p = representa la energía potencial eléctrica. En el sistema internacional de medidas se expresa en Julios (J).

K= es la constante de la ley de Coulomb. El valor de k en el vacío es cercano a:

$$\frac{9 \times 10^9 N \cdot m^2}{C^2}$$

Q y q= son los valores de las dos cargas puntuales expresadas en Culombios (C).

r= es la distancia que las separa expresada en metros (m).

Si las cargas tienen el mismo signo la energía potencial eléctrica es positiva, si hay una carga positiva y otra negativa, la energía potencial será negativa.

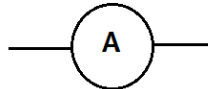




4.4.- Intensidad de corriente: Amperio

La intensidad de corriente (I) es la cantidad de carga eléctrica que atraviesa la sección de un conductor en un segundo.

Una corriente eléctrica se produce cuando hay una diferencia de potencial entre los extremos de un conductor eléctrico. La tensión eléctrica provoca que las cargas experimenten fuerzas de atracción y repulsión y que se muevan cuya intensidad se mide en amperios (A) en el Sistema Internacional de Unidades. (Planas, 2021)



FORMULA:

La intensidad viene dada por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Donde:

I : Intensidad en Amperios (A).

Q : Carga eléctrica en Culombios (C).

t : Tiempo en segundos (s).

4.5.- Resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica es una escala de magnitud física que mide la tendencia de un cuerpo a oponerse al paso de una corriente eléctrica cuando se somete a una tensión eléctrica. Este término también se utiliza para referirse un elemento de un circuito eléctrico que dificulta la circulación de las cargas eléctricas. (Planas, 2021)



La resistencia al paso de la corriente se debe a que las cargas eléctricas (iones o electrones) que fluyen a través de un conductor eléctrico chocan contra átomos del propio conductor. Al chocar, parte de su energía cinética se convierte en calor. Es decir, uno de los efectos del paso de corriente en un conductor es su calentamiento. Este efecto se llama efecto Joule.

La resistencia de un conductor depende del material con el que esté fabricado, su tamaño y su temperatura. Al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia. Igualmente, al bajar la temperatura, la resistencia disminuye.



FORMULA:

La resistencia R es la inversa de la conductancia eléctrica G, definida para un conductor cilíndrico como:

$$R = \frac{1}{G}$$

La resistencia para circuitos de corriente alterna y para campos electromagnéticos alternos se describe en términos de impedancia e impedancia característica. El dispositivo que mide la resistencia eléctrica es el ohmímetro.

4.5.1.- Tabla de resistividad de los materiales

MATERIAL	RESISTIVIDAD A 23°C (ohmios-metro)
PLATA	1.59×10^{-8}
COBRE	1.68×10^{-8}
ORO	2.20×10^{-8}
ALUMINIO	2.65×10^{-8}
TUNGSTENO	5.6×10^{-8}
HIERRO	9.71×10^{-8}
ACERO	7.2×10^{-7}
PLATINO	1.1×10^{-7}
PLOMO	2.2×10^{-7}
NICROMIO	1.5×10^{-6}
CARBON	3.5×10^{-5}
GERMANIO	4.6×10^{-1}
SILICIO	6.4×10^2
PIEL HUMANA	5×10^5 <i>aprox</i>
VIDRIO	10^{10} a 10^{14}
HULE	10^{13} <i>aprox</i>
SULFURO	10^{15}
CUARZO	7.5×10^{17}



4.5.2.- Tipos de resistencias

Las resistencias se pueden clasificar en tres grupos:

- Lineales fijas: su valor no cambia y está predeterminado por el fabricante.

Algunos tipos de resistencias fijas según su material:

- Carbón
- Aglomeradas
- De capa
- Metálicas
- Bobinadas

- Variables: su valor puede variar dentro de un rango predefinido.

Dentro de estas resistencias variables podemos encontrar 3 tipos diferentes.

- Potenciómetros
- Trimmers
- Reóstatos

Dentro de las resistencias variables podemos encontrar diferentes tipos según el material o su composición.

- Carbón
- Metálica
- Cermet
- Bobinadas
- Potencia
- Precisión

- No lineales: su valor varío de forma no lineal dependiendo de distintas magnitudes físicas (temperatura, luminosidad, etc.).

Entre las más comunes se pueden destacar las siguientes:

- Termistores
- Varistores
- Fotoresistores



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





4.5.3.- Resistencias fijas

En principio, las resistencias fijas pueden ser divididas en dos grandes grupos:

Bobinados:

Están fabricados con hilos metálicos bobinados sobre núcleos cerámicos. Como regla general, se suelen utilizar aleaciones del Níquel. Podemos distinguir dos subgrupos:

Resistores bobinados de potencia: Son robustos y se utilizan en circuitos de alimentación, como divisores de tensión. Están formados por un soporte de porcelana o aluminio aglomerado, sobre el que se devana el hilo resistivo. La protección la aporta el proceso final de cementado o vitrificado externo. Las tolerancias son inferiores al 10 % y su tensión de ruido es prácticamente despreciable.

Para garantizar su fiabilidad es conveniente que el diámetro no sea excesivo y que no se utilicen a más del 50 % de su potencia nominal.

Resistores bobinados de precisión: La precisión del valor óhmico de estos componentes es superior a + 1 por 100. Su estabilidad es muy elevada y presentan una despreciable tensión de ruido. El soporte, cerámico o de material plástico (baquelita), presenta gargantas para alojar el hilo resistivo. El conjunto se impregna al vacío con un barniz especial. Son estabilizados mediante un tratamiento térmico y se obtienen tolerancias del + 0,25 %, + 0,1 % y + 0,05 %.

No bobinados:

En estas resistencias el material resistivo se integra en el cuerpo del componente. Están previstos para disipar potencias de hasta 2 vatios. Son más pequeños y económicos que los bobinados, y el material resistivo suele ser carbón o película metálica. Dentro de este apartado caben resistores destinados a diversas finalidades, los cuales ofrecen características básicas muy dispares.

Veamos ahora algunos tipos de resistencias no bobinadas:

Resistencias aglomeradas o de precisión: son pequeños, económicos y de calidad media. Los valores de tensión de ruido y coeficientes de temperatura y tensión son apreciables. Bien utilizados, tienen buena estabilidad. Se fabrican con una mezcla de carbón, aislante y aglomerante. Dependiendo de la cantidad de carbón, variará el valor óhmico de la resistencia. Son sensibles a la humedad y tienen una tolerancia entre el 5 y el 20 %. Se deben usar en circuitos que no necesiten mucha precisión y no usar más del 50 % de su potencia nominal.

Resistencias de capa de carbón por depósitos: están fabricados en un soporte vidrio sobre el que se deposita una capa de carbón y resina líquida. El valor óhmico lo determina el porcentaje de carbón de la mezcla. El soporte se divide en partes, que componen las resistencias.



Después se metalizan los extremos, para soldar los terminales, se moldea con una resina termoendurecible, se comprueba el valor del componente y se litografían los valores.

Resistores pirolíticos: Sobre un núcleo de material cerámico se deposita carbón por pirolisis. El núcleo se introduce en un horno al que se inyecta un hidrocarburo (metano, butano...). Este se descompone y el carbono se deposita en el núcleo; tanto más cuanto mayor cantidad de hidrocarburo se inyecte en el horno. Después de un proceso de esmaltado, se realiza el encasquillado de terminales, quedando preparado el resistor para el espiralado de la superficie resistiva. Para que haya un buen encasquillado, la metalización de los extremos se realiza con oro, plata o estaño. El valor óhmico es función del espesor de la capa espiral. Dicho espesor condiciona el coeficiente de temperatura. De ahí que se tienda a espesores más gruesos y a espiralados de mayor longitud para incrementar la estabilidad del componente.

Finalmente se sueldan los terminales, se aísla la superficie mediante sucesivas capas de pintura y se inscribe la codificación de sus valores característicos.

Resistencias de capa metálica: Están fabricados con una capa muy fina de metal (oro, plata, níquel, cromo u óxidos metálicos) depositados sobre un soporte aislante (de vidrio, mica,). Estas resistencias tienen un valor óhmico muy bajo y una estabilidad muy alta.

Resistencias de película fotograbada: Puede ser por depósito de metal sobre una placa de vidrio o por fotograbado de hojas metálicas. Este tipo de resistencias tiene un elevado valor de precisión y estabilidad.

Resistencias de película gruesa Vermet: El soporte es una placa cerámica de reducido espesor, sobre la que se deposita por serigrafía un esmalte pastoso conductor. El esmalte recubre los hilos de salida que ya se encontraban fijados sobre la placa soporte. Al introducir el conjunto en un horno, el esmalte queda vitrificado.

4.5.4.- Código de colores de resistencias

El código de colores es una herramienta útil que nos permite indicar y conocer el valor nominal de una resistencia, como norma general tenemos que la resistencia consta de 3 bandas de valor y de igual o diferente color y una de tolerancia. El código empleado es el siguiente: (López, 2021)



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

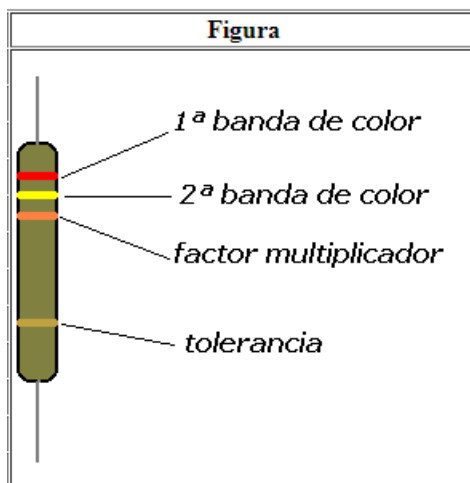
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Color	1ª y 2ª bandas de color	Factor multiplicador	Tolerancia
Negro	0	x 1	-
Marrón	1	x 10	± 1 %
Rojo	2	x 100	± 2 %
Naranja	3	x 1000	-
Amarillo	4	x 10000	-
Verde	5	x 100000	± 0'5 %
Azul	6	x 1000000	-
Violeta	7	x 10000000	-
Gris	8	x 100000000	-
Blanco	9	x 1000000000	-
Oro	-	: 10	± 5 %
Plata	-	: 100	± 10 %

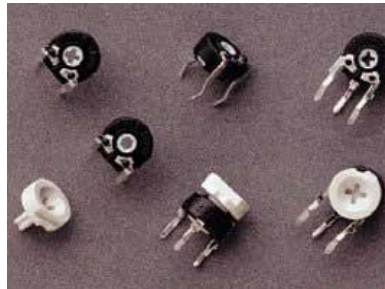
Figura





4.5.5.- Resistencias Variables: Potenciómetro

Este tipo de resistencias presentan la particularidad de que su valor puede modificarse a voluntad. Para variar el valor óhmico disponen de un cursor metálico que se desliza sobre el cuerpo del componente, de tal forma que la resistencia eléctrica entre el cursor y uno de los extremos del resistor dependerá de la posición que ocupe dicho cursor. En esta categoría cabe distinguir la siguiente clasificación: *Resistencias ajustables*: Disponen de tres terminales, dos extremos y uno común, pudiendo variarse la resistencia (hasta su valor máximo), entre el común y cualquiera de los dos extremos. Son de baja potencia nominal.



Resistencia variable (potenciómetro): Su estructura es semejante a la de los resistores ajustables, aunque la disipación de potencia es considerablemente superior. Se utilizan básicamente para el control exterior de circuitos complejos. Los potenciómetros pueden variar su resistencia de forma lineal (potenciómetros lineales) o exponencial (potenciómetros logarítmicos).





UNIDAD 2.- CIRCUITOS ELECTRICOS

1.- LEY DE OHM

La ley de ohm es una ley que se encarga de explicar el comportamiento de la electricidad a través de tres conceptos importantes. Como son la corriente, el voltaje y la resistencia eléctrica. Esta ley la propuesta el físico y matemático Georg Simón Ohm el símbolo por el que se le conoce es Ω y es conocida como una de las leyes fundamentales para la electricidad y electrónica.

1.1.- ¿Qué declara esta ley?

La ley de ohm dice que la corriente que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia. A pesar de la complejidad de la explicación es muy simple de entender utilizando la formula y dividiéndola en partes. (Planas, 2021)

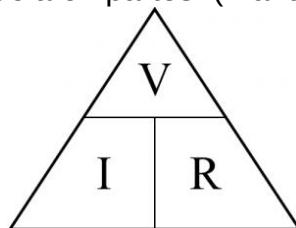


Figura 1 Triangulo de ohm

Formula

$$V = I * R$$

donde:

V: es el voltaje. Por voltaje en cambio nos referimos a la diferencia de potencial entre un punto con respecto a otro expresado en Voltios (V).

I: es la intensidad de una corriente eléctrica que atraviesa un conductor expresada en Amperios (A).

R: es la resistencia eléctrica. Por resistencia nos referimos al obstáculo que la corriente encuentra en su camino, cuanto más alto sea, más difícil será que la corriente lo atraviese. La unidad de medida de la resistencia son los ohmios, simbolizados por la letra griega omega (Ω).

Si despejamos la formula podemos ser capaces de saber el valor de cualquiera de estos tres elementos antes de tener el circuito armado en nuestras manos y también podremos comprenderla de mejor manera



$$I = \frac{V}{R}$$

La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica

$$V = I * R$$

Para calcular el voltaje tenemos que multiplicar la corriente por la resistencia. Para el voltaje, en cambio, cuanto mayor sea, mayor será la fuerza de atracción que genera para mover las cargas, por lo que para el mismo valor resistivo será directamente proporcional a la corriente.

$$R = \frac{V}{I}$$

Para calcular la resistencia de un circuito tenemos que dividir al voltaje entre la corriente.

1.2.- La ley de Ohm y la potencia eléctrica

A veces se utiliza la fórmula de la potencia eléctrica aplicando la ley de Ohm. La fórmula de potencia es la siguiente (con unidad de vatios):

$$P = V * I \text{ (potencia = voltaje x corriente)}$$

y sus variantes:

$$V = \frac{P}{I} \quad \text{e} \quad I = \frac{P}{V}$$

Las dos variantes se pueden sustituir en la fórmula de la ley de Ohm. Por ejemplo, si partimos de la fórmula para calcular el voltaje y sustituimos tenemos la siguiente fórmula:

$$V = \left(\frac{P}{V} \right) * R$$

Aislando la potencia nos queda de la siguiente forma:

$$P = V^2 * R$$

1.3.- Aplicaciones de la ley de ohm

Las aplicaciones de esta ley son prácticamente ilimitadas ya que se ocupa en cualquier circuito que requiera de electricidad para funcionar. El ejemplo más común es un circuito con una resistencia y una fuente de alimentación de voltaje. Aun que en muchas ocasiones tendremos circuitos mucho más complejos solo es cuestión de simplificarlo hasta encontrar la resistencia total del circuito para que sea más fácil de calcular.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





2.- CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Se define un circuito eléctrico como un conjunto de elementos conectados entre sí por medio de conductores y que permiten el paso de la corriente eléctrica. Una corriente eléctrica es el movimiento de cargas eléctricas libres de forma ordenada. Normalmente estas cargas son electrones que se mueven del polo negativo al polo positivo. Dependiendo del movimiento que describen las cargas eléctricas distinguimos dos tipos de corrientes: la corriente continua y la corriente alterna. La intensidad de corriente indica la cantidad de electrones que circularán por una sección de un conductor durante un tiempo determinado. Se utilizan diagramas eléctricos o esquemas con símbolos electrónicos estandarizados para representar circuitos eléctricos. (Tecnología, 2021)

2.1.- Circuito Serie

Los elementos están conectados uno a continuación del otro de forma que por todos ellos pase la misma intensidad de corriente. La salida de uno a la entrada del siguiente y así sucesivamente hasta cerrar el circuito.

2.1.1.- Características

- La corriente es la misma a través de todos los componentes del circuito:

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 \dots \dots$$

- La tensión de la fuente es igual a la suma de las caídas de tensión

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 \dots \dots$$

- Habrà mayor tensión en el componente de mayor valor

- La resistencia total de todos los receptores conectados en serie en la suma de la resistencia de cada receptor.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots \dots$$

- Si un elemento de los conectados en serie deja de funcionar, los demás también. Si por un elemento no circula corriente, al estar en serie con el resto, por los demás tampoco ya que por todos pasa la misma corriente o intensidad (es como si se cortara el circuito).





2.2.- Circuito Paralelo

Los elementos tienen conectadas sus entradas a un mismo punto del circuito y sus salidas a otro mismo punto del circuito.

2.2.1.- Características

- La tensión en los elementos en paralelo es la misma que la tensión de la fuente

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 \dots \dots$$

- La corriente de la fuente se divide entre todas las resistencias del circuito

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \dots \dots$$

- La resistencia total o equivalente de los receptores conectados en paralelo se calcula con la siguiente fórmula:

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

- Si un receptor deja de funcionar, los demás receptores siguen funcionando con normalidad. Este es el principal motivo por lo que la mayoría de los receptores se conectan en paralelo en las instalaciones.

2.3.- Circuito Mixto

Existen a la vez elementos conectados en serie y en paralelo. Para la solución de circuitos en mixto se resolverán de forma alternada es decir si llegamos a tener resistencias en paralelo se resuelve esa parte como un circuito en paralelo y de igual forma si tenemos resistencias en serie se resuelve esa parte del circuito como si fuese un circuito en serie, todo esto con el fin de obtener una resistencia equivalente.

3.- DIVISOR DE TENSION

Un Divisor de Tensión o Divisor de Voltaje es un circuito que divide la tensión de entrada en el circuito en otras dos diferentes y más pequeñas de salida.
(PAGUAYO, 2022)

En electrónica y electricidad se usa para alimentar (proporcionar tensión de alimentación) a un aparato, con una tensión más pequeña que la que proporcionan las pilas o baterías disponibles (fuente de alimentación). En definitiva, sirve para obtener una tensión más pequeña partiendo de una tensión mayor.

Para tener un divisor de voltaje es necesario tener dos o más resistencias en serie, los componentes están conectados en una secuencia, mediante sus terminales (la salida de un componente se conecta a la entrada del siguiente, y así sucesivamente).

Un divisor de voltaje involucra aplicar una fuente de voltaje a través de una serie de dos resistencias. Lo puedes ver dibujado de diferentes formas, pero debería ser esencialmente el mismo circuito.

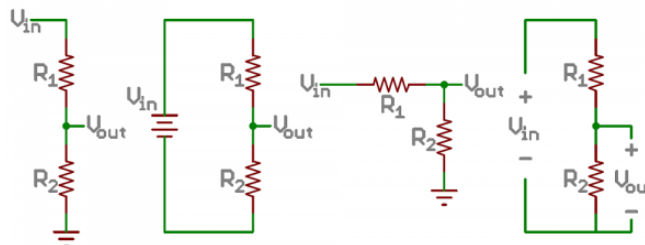


Figura 2 Ejemplos de esquemáticos de divisores de voltajes.

Vamos a referirnos a la resistencia más cerca del voltaje de entrada (V_{in}) como R_1 , y a la resistencia más cercana a la tierra como R_2 . La caída de voltaje a través de R_2 se llama V_{out} , ese es el voltaje dividido el cual es la razón de la existencia de nuestro circuito.

Por lo tanto, V_{out} es nuestro voltaje dividido. Eso es lo que va a terminar siendo una fracción del voltaje de entrada.



3.1.- Formula

La ecuación del divisor de voltaje asume que conoce tres valores del circuito anterior: Voltaje de Entrada (V_{in}), y los dos valores de las resistencias (R_1 y R_2). Dado esos valores, podemos usar esta ecuación para encontrar el voltaje de salida (V_{out}):

$$V_{out} = V_{in} * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Esta ecuación dice que el voltaje de salida es directamente proporcional al voltaje de entrada y a la razón de R_1 y R_2 .

3.1.1.- Simplificaciones

Hay algunas generalizaciones que son buenas a tener en mente cuando se usan divisores de voltaje. Estas son simplificaciones que hacen que sea un poco más fácil evaluar un circuito divisor de voltaje.

$$\text{Si } R_1 = R_2 \quad V_{out} = V_{in} * \frac{R}{2R} = \frac{V_{in}}{2}$$

Primero, si R_2 y R_1 son iguales, entonces el voltaje de salida es la mitad del de entrada. Esto es verdad sin importar el valor de las resistencias.

$$\text{Si } R_2 > R_1 \quad V_{out} \approx V_{in} * \frac{R_2}{R_2} = V_{in}$$

Si R_2 es mucho más grande (al menos un orden de magnitud) que R_1 , entonces el voltaje de salida puede ser muy cercano al de entrada. Va a haber muy poco voltaje a través de R_1 .

$$\text{Si } R_2 < R_1 \quad V_{out} \approx V_{in} * \frac{0}{R_1} = 0$$

A la inversa, si R_2 es más pequeña que R_1 , el voltaje de salida va a ser pequeño comparado con la entrada. La mayoría del voltaje de entrada estará a través de R_1 .



4.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE CIRCUITOS

La representación gráfica de circuitos eléctricos en general es una importante ayuda para su análisis, para la resolución de problemas que se pueden presentar y para conceptualizar su funcionamiento.

El procesamiento permite fundamentalmente visualizar en forma compacta todas las relaciones que se establecen entre los distintos valores de tensión, corriente y resistencias en todo el circuito, y en cada uno de sus componentes. Se puede así advertir rápidamente, por ejemplo, cómo cambian los valores de tensión y corriente en todo el circuito y en cada resistencia al variar una sola de ellas. Permite así comprender más rápidamente las relaciones que vinculan a todos los valores entre sí, evitando una focalización o aislamiento del análisis del circuito en componentes que pudieran considerarse, equivocadamente, como aislados de los restantes.

De este modo se puede advertir más claramente la idea de "estructura del circuito eléctrico", entendida como conjunto de relaciones entre sus partes que determinan su funcionamiento, concepto importante, al margen del infrecuente uso del término "estructura" en esta temática.

5.- LEY DE KIRCHHOFF

En el análisis de circuitos eléctricos no suele ser suficiente con emplear la ley de Ohm, para ello se acude a las leyes de Kirchhoff que complementan el análisis de circuitos como una herramienta eficaz para analizar y resolver una gran variedad de circuitos eléctricos. Las leyes de Kirchhoff se llaman así en honor al físico alemán Gustav Robert Kirchhoff quien introdujo la ley de corriente (o primera ley de Kirchhoff) y ley de tensión (o segunda ley de Kirchhoff). (COMPLETA, 2021)

5.1.- Primera Ley de Kirchhoff

En un circuito eléctrico, es común que se generen nodos de corriente. Un nodo es el punto del circuito donde se unen más de un terminal de un componente eléctrico. Si lo desea pronuncie "nodo" y piense en "nudo" porque esa es precisamente la realidad: dos o más componentes se unen entre sí (en realidad soldados entre sí).



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



5.1.1.- Enunciado de la primera Ley de Kirchhoff

“La corriente entrante a un nodo es igual a la suma de las corrientes salientes. Del mismo modo se puede generalizar la primera ley de Kirchhoff diciendo que las sumas de las corrientes entrantes a un nodo son iguales a la suma de las corrientes salientes.”

En la figura 3 se puede observar el más básico de los circuitos de CC (corriente continua) que contiene dos nodos.

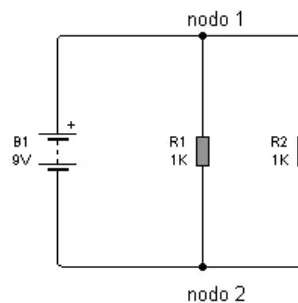


Figura 3 Circuito básico con dos nodos

Como podemos observar se trata de dos resistores de $1K\Omega$ (R1 y R2) conectados sobre una misma batería B1. La batería B1 conserva su tensión fija a pesar de la carga impuesta por los dos resistores; esto significa cada resistor tiene aplicada una tensión de 9V sobre él. La ley de Ohm indica que cuando a un resistor de $1K\Omega$ se le aplica una tensión de 9V, por él circula una corriente de 9 mA.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9}{1} = 0.009 A = 9 mA$$

Por lo tanto, podemos asegurar que cada resistor va a tomar una corriente de 9mA de la batería o que entre ambos van a tomar 18 mA de la batería. También podríamos decir que desde la batería sale un conductor por el que circulan 18 mA que al llegar al nodo 1 se divide en una corriente de 9 mA que circula por cada resistor, de modo que en el nodo 2 se vuelven a unir para retornar a la batería con un valor de 18 mA.

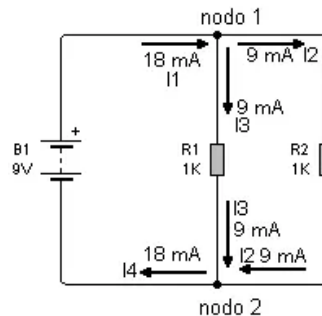


Figura 4 Aplicación de la primera ley de Kirchhoff

Es decir que en el nodo 1 podemos decir que

$$I_1 = I_2 + I_3$$

y reemplazando valores: que

$$18 \text{ mA} = 9 \text{ mA} + 9 \text{ mA}$$

y que en el nodo 2

$$I_4 = I_2 + I_3$$

Es obvio que las corrientes I_1 e I_4 son iguales porque lo que egresa de la batería debe ser igual a lo que ingresa.

5.2.- Segunda Ley de Kirchhoff

Cuando un circuito posee más de una batería y varios resistores de carga ya no resulta tan claro como se establecen las corrientes por el mismo. En ese caso es de aplicación la segunda ley de Kirchhoff, que nos permite resolver el circuito con una gran claridad.

5.2.1.- Enunciado de la segunda Ley de Kirchhoff

“En un circuito cerrado, la suma de las tensiones de batería que se encuentran al recorrerlo siempre serán iguales a la suma de las caídas de tensión existente sobre los resistores.”

En la figura siguiente se puede observar un circuito con dos baterías que nos permitirá resolver un ejemplo de aplicación.

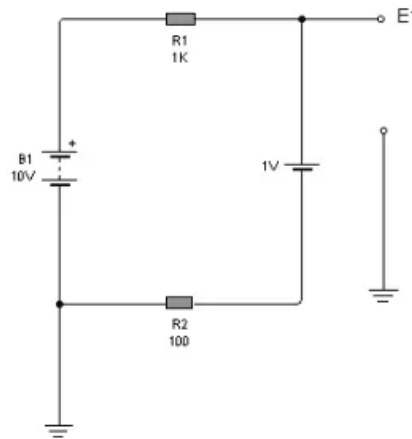


Figura 5 Circuito de aplicación de la segunda ley de Kirchhoff

Como podemos observar, nuestro circuito posee dos baterías y dos resistores y nosotros deseamos saber cuál es la tensión de cada punto (o el potencial), con referencia al terminal negativo de B1 al que le colocamos un símbolo que representa a una conexión a nuestro planeta y al que llamamos tierra o masa.

Las tensiones de fuente, simplemente son las indicadas en el circuito, pero si pretendemos aplicar las caídas de potencial en los resistores, debemos determinar primero cual es la corriente que circula por aquel. Para determinar la corriente, primero debemos determinar cuál es la tensión de todas nuestras fuentes sumadas. Si observamos las dos fuentes están conectadas de modos que sus terminales positivos están galvánicamente conectados entre sí por el resistor R1. esto significa que la tensión total no es la suma de ambas fuentes sino la resta. Con referencia a tierra, la batería B1 eleva el potencial a 10V, pero la batería B2 lo reduce en 1 V. Entonces la fuente que hace circular corriente es en total de $10 - 1 = 9V$. Los electrones que circulan por ejemplo saliendo de B1 y pasando por R1, luego pierden potencial en B2 y atraviesan R2. Para calcular la corriente circulante podemos agrupar entonces a los dos resistores y a las dos fuentes tal como lo indica la figura siguiente.

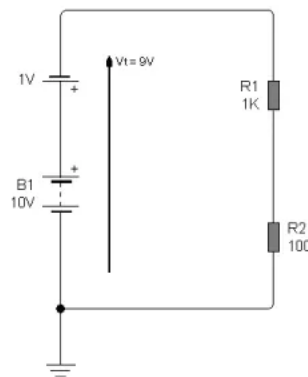


Figura 6 Reagrupamiento del circuito

Como podemos observar el circuito de la figura 5 no es igual al circuito de la figura 6 puesto que este reagrupamiento solo se genera para calcular la corriente del circuito original. De acuerdo a la ley de Ohm

$$I = \frac{V_t}{R_1 + R_2}$$

porque los electrones que salen de R1 deben pasar forzosamente por R2 y entonces es como si existiera un resistor total igual a la suma de los resistores

$$R_1 + R_2 = 1100 \text{ Ohms}$$

Se dice que los resistores están conectados en serie cuando están conectados de este modo, de forma tal que ambos son atravesados por la misma corriente igual a

$$I = \frac{(10 - 1)}{1000 + 100} = 0.00817 \approx 8.17 \text{ mA}$$

Ahora que sabemos cuál es la corriente que atraviesa el circuito podemos calcular la tensión sobre cada resistor. De la expresión de la ley de Ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

se puede despejar que

$$V = I * R$$

y de este modo reemplazando valores se puede obtener que la caída sobre R2 es igual a

$$V_{R2} = R_2 * I = 100 * 8.17 \text{ mA} = 817 \text{ mV}$$

y del mismo modo

$$V_{R1} = R_1 * I = 1000 * 8.17 \text{ mA} = 8.17 \text{ V}$$

Estos valores recién calculados de caídas de tensión pueden ubicarse sobre el circuito original con el fin de calcular la tensión deseada.

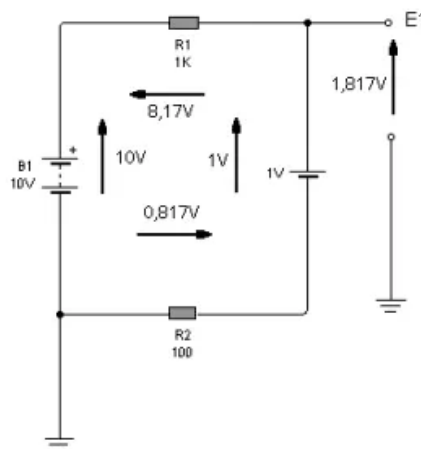


Figura 7 Circuito resuelto

Si observamos las cuatro flechas de las tensiones de fuente y de las caídas de tensión se puede verificar el cumplimiento de la segunda ley de Kirchhoff, ya que comenzando desde la masa de referencia y girando en el sentido de las agujas del reloj podemos decir que

$$10\text{ V} - 8,17\text{ V} - 1\text{ V} - 0,817\text{ mV} = 0\text{ V}$$

o realizando una transposición de términos y dejando las fuentes a la derecha y las caídas de tensión a la izquierda podemos decir que la suma de las tensiones de fuente

$$10\text{ V} - 1\text{ V} = 8,17\text{ V} + 0,817\text{ mV} = 8,987 \approx 9\text{ V}$$

Y además podemos calcular fácilmente que la tensión sobre la salida del circuito es de

$$0,817\text{ mV} + 1\text{ V} = 1,817\text{ V}$$

con la polaridad indicada en el circuito es decir positiva.

6.- EL CONDENSADOR (CAPACITOR)

Un condensador también conocido como capacitor, es uno de los componentes electrónicos pasivos como las resistencias. El condensador se utiliza generalmente para almacenar carga eléctrica. La carga del condensador se almacena en forma de “campo eléctrico”. Condensadores desempeñan un papel importante en muchos circuitos eléctricos y electrónicos. Generalmente, un condensador tiene dos placas de metal paralelas que no están conectadas entre sí. Las dos placas del condensador están separadas por un aislamiento no conductor, este medio se conoce comúnmente como dieléctrico. La forma de un condensador puede ser rectangular, cuadrada, redonda, cilíndrica o esférica. A diferencia de una resistencia, un condensador ideal no disipa energía. Para los diferentes tipos de condensadores están disponibles diferentes símbolos. (ONLINE, 2021)

6.1.- Funcionamiento de un condensador

El funcionamiento de un condensador se basa en dos laminas metálicas separadas por un aislante eléctrico o material dieléctrico. Cuando conectamos estas laminas a una fuente de energía o la sometemos a una diferencia de potencial, una lámina comienza a cargarse negativamente (se llena de electrones) haciendo que la otra tenga que liberar electrones, y quedando así cargada positivamente. Al desconectar la fuente de energía las placas se mantienen cargadas muy cerca entre una y otra gracias al material aislante. Esto hace que las cargas tiendan a atraerse y se mantengan en las placas, almacenando energía eléctrica para ser utilizada cuando se requiera.

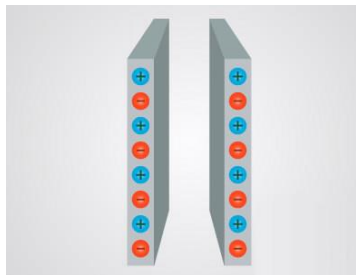


Figura 8

Al colocar un capacitor o condensador eléctrico en un circuito que tiene una corriente activa, los electrones del lado negativo se acumulan en la placa que se encuentra más cercana a ellos. Cuando la placa ya no puede sostenerlos, pasan al dieléctrico y a la otra placa, por lo que los electrones son desplazados devuelta al circuito, a través de una descarga.

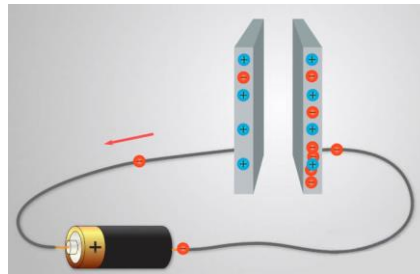


Figura 9

Las placas conductoras del capacitor están conectadas a las terminales del elemento pasivo y el material dieléctrico o aislante se coloca entre ambas placas, las cuales almacenan la carga eléctrica hasta que se conecta una carga en el capacitor. La carga que almacena un condensador o capacitor es directamente proporcional al voltaje o la tensión aplicados. Asimismo, su capacidad es proporcional al área de la placa e inversamente proporcional a la distancia existente entre ambas placas.

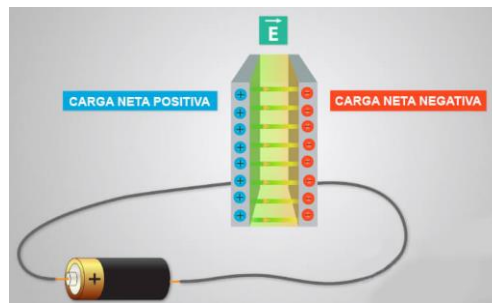


Figura 10

Otro factor importante de estos dispositivos es la capacitancia, es decir, la capacidad del componente para almacenar energía en forma de carga eléctrica. El valor de la capacitancia de un condensador eléctrico se mide en faradios y es la relación entre la carga eléctrica almacenada y la tensión (diferencia de potencial) entre ellos.

6.1.1.- Principio de Funcionamiento Dieléctrico del Condensador

Un dieléctrico contiene moléculas que son polares, lo que significa que pueden cambiar su orientación en función de las cargas de las dos placas. Entonces, las moléculas se alinean con el campo eléctrico de tal manera que permiten atraer más electrones a la placa negativa, mientras que repelen más electrones fuera de la placa positiva.

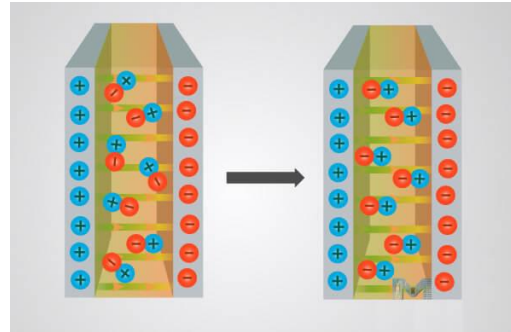


Figura 11

Ahora, una vez que esté completamente cargada, si retiramos la batería, mantendrá la carga eléctrica durante mucho tiempo, actuando como almacenamiento de energía.

Ahora, si acortamos los dos extremos del capacitor a través de una carga, una corriente comenzará a fluir a través de la carga. Los electrones acumulados de la primera placa comenzarán a moverse a la segunda placa, hasta que ambas placas vuelvan a ser eléctricamente neutras.

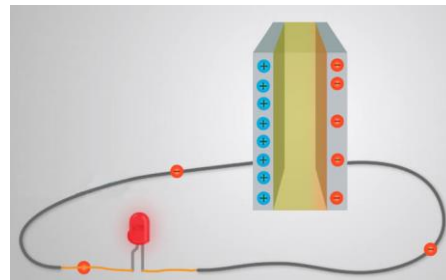


Figura 12

6.2.- Tipos de condensadores

Debido a sus múltiples usos y a la variedad de sus características eléctricas, físicas y económicas, actualmente hay una gran cantidad de tipos de capacitores. Existen capacitores hechos con placas de diversos materiales, con formas diversas y una amplia gama de dieléctricos. Entre los más comunes se encuentran el capacitor electrolítico, el capacitor cerámico, los capacitores en serie y paralelo y el capacitor de poliéster, entre otros. (R., 2021)

Capacitor electrolítico. Este condensador usa un electrolito que actúa como primera armadura o cátodo (electrodo negativo), el cual, al recibir una tensión adecuada, deposita una capa aislante sobre ánodo (es decir, la cuba o segunda armadura).



Suele usarse como oscilador, como generador de frecuencias o para modularla señal en fuentes de alimentación.

Los condensadores electrolíticos liberan en poco tiempo grandes cantidades de energía, por lo que es utilizado como capacitor de arranque de motores eléctricos que requieren una gran potencia inicial. Aunque su capacidad puede llegar a ser muy elevada, un capacitor electrolítico no funciona bien con una corriente alterna, pues la polarización inversa produce un corto circuito entre el electrolito y la cuba, por lo que la temperatura incrementa a tal grado que puede estallar.

Hay varios tipos de capacitores electrolíticos, de acuerdo con sus componentes (electrolitos y segunda armadura), entre ellos se encuentran el de aluminio y el de tantalio:

- **Condensador o capacitor de aluminio:** es un condensador polarizado en el cual el electrolito es una disolución de ácido bórico y su cuba es de aluminio. Su funcionamiento óptimo es en frecuencias bajas y suele utilizarse en equipos de audio y fuentes de alimentación conmutadas.
- **Condensador o capacitor de tantalio o tántalo.** Usa tántalo como ánodo y tiene mejor capacidad por volumen que un capacitor electrolítico de aluminio, ya que utilizar este elemento químico hace que la capa dieléctrica sea muy delgada.

Capacitor de poliéster. Estos capacitores tienen una gran potencia y son de respuesta muy rápida. Como elemento dieléctrico tienen delgadas láminas de poliéster y usan aluminio para formar sus armaduras. Sus usos más comunes son en aplicaciones de conexión y desconexión de corriente continua, para filtrar señales de baja tolerancia y sistemas de audio. Tienen ventajas sobre los condensadores de papel por su capacidad para reducir su tamaño, además de tener un alto rendimiento y una escasa pérdida de potencia.

Capacitor cerámico. Usan diversos tipos de cerámica como elemento dieléctrico y pueden estar formados por una sola lámina de dieléctrico o por láminas apiladas. Según sus características, pueden funcionar a distintas frecuencias, incluso las microondas. Gracias a las propiedades específicas de la cerámica, tienen muy pocas pérdidas.

Capacitores en serie y en paralelo. Aquellos que se denominan como “en serie” son dos o más condensadores conectados en una línea. El positivo de cada capacitor está conectado a la placa negativa del siguiente condensador y tienen la misma carga e igual corriente de carga. Por su parte, los condensadores en paralelo son también dos o más condensadores, pero conectados paralelamente, ya que sus terminales están conectadas a la terminal de otro condensador o condensadores. Tienen la misma tensión, así como un suministro de tensión común.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





6.3.- Unidades de medida de los condensadores

La unidad de capacitancia es el coulomb por volt o farad (F). Por tanto, si un capacitor tiene una capacitancia de un farad, una transferencia de carga de un coulomb al capacitor elevará su potencial en un volt.

$$1 \text{ farad (F)} = \frac{1 \text{ coulomb (C)}}{1 \text{ volt (V)}}$$

No se puede aumentar indefinidamente el valor de una tensión a un capacitor. Si aumenta la tensión, aumenta la carga almacenada. Por la distribución de carga en las placas del capacitor, aparece un campo eléctrico en el dieléctrico. El valor límite de la intensidad del campo eléctrico para el cual el material dieléctrico pierde su propiedad aisladora, se llama rigidez dieléctrica del material. Este valor límite no debe ser alcanzado, para lo cual es aconsejable que la tensión aplicada al capacitor esté por debajo de la máxima con un margen razonable.

6.4.- Identificación del valor de un condensador

Se dispone de un código de colores, cuya lectura varía según el tipo de condensador, y un código de marcas, particularizado en los mismos. Primero se determina el tipo de condensador (fijo o variable) y el tipo concreto dentro de estos. Las principales características que se encuentran en los capacitores van a ser la capacidad nominal, tolerancia, tensión y coeficiente de temperatura, aunque dependiendo de cada tipo traerán unas características u otras.

En cuanto a las letras para la tolerancia y la correspondencia número-color del código de colores, son lo mismo que para resistencias. Se debe destacar que la fuente más fiable a la hora de la identificación son las características que proporciona el fabricante.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

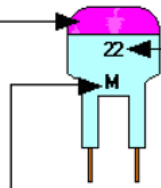
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



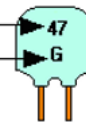
Capacitores cerámicos tipo placa, grupo 1 y 2

ie
30

COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Color	Rojo + Violeta (Oro)	Gris oscuro	Negro	Marrón	Rojo oscuro	Rojo claro	Naranja	Verde oscuro	Azul claro	Violeta	Azul oscuro
Coefficiente ($\times 10^{-6}$)	+100	+33	0	-33	-47	-75	-220	-330	-475	-750	-1500



VALOR CAPACITIVO
EN PICO FARADIOS (pF)



TOLERANCIA													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C< 10 pF (+/- pF)	0,1	0,25	0,5	1	2								
C>= 10 pF (+/- %)			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 +100	-20 +30	-20 +50	-20 +80

Capacitores cerámicos tipo disco, grupo 1.

VALOR CAPACITIVO EN PICO FARADIOS (pF)											
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)	
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)	



CARA ANTERIOR

COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Color	Rojo + Violeta (Oro)	Gris oscuro	Negro	Marrón	Rojo oscuro	Rojo claro	Naranja	Verde oscuro	Azul claro	Violeta	Azul oscuro
Coefficiente ($\times 10^{-6}$)	+100	+33	0	-33	-47	-75	-220	-330	-475	-750	-1500

TOLERANCIA											
C < 10 pF (+/- pF)	Negro (2)	Marrón (0,01)	—	—	—	Verde (0,1)	—	—	Gris (0,25)	Blanco (1)	
C ≥ 10 pF (+/- %)	Negro (20)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	—	Verde (5)	—	—	—	Blanco (10)	



CARA POSTERIOR

Capacitores cerámicos tipo disco, grupo 2

VALOR CAPACITIVO EN PICO FARADIOS (pF)										
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)

Capacitores cerámicos tubulares.

CÓDIGO DE COLORES

VALOR CAPACITIVO EN PICO FARADIOS (pF)										
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)



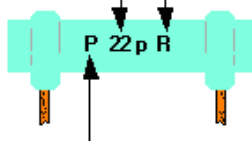
TOLERANCIA										
C < 10 pF (+/- pF)	Negro (2)	Marrón (0,01)	—	—	—	Verde (0,1)	—	Gris (0,25)	Blanco (1)	—
C >= 10 pF (+/- %)	Negro (20)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	—	Verde (5)	—	—	Blanco (10)	—

COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Color	Rojo + Violeta (Oro)	Gris oscuro	Negro	Marrón	Rojo oscuro	Rojo claro	Naranja	Verde oscuro	Azul claro	Violeta	Azul oscuro
Coeficiente (x 10 ⁻⁶)	+100	+33	0	-33	-47	-75	-220	-330	-475	-750	-1500

CÓDIGO DE MARCAS

TOLERANCIA													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C < 10 pF (+/- pF)	0,1	0,25	0,5	1	2								
C >= 10 pF (+/- %)			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 +100	-20 +30	-20 +50	-20 +80

VALOR CAPACITIVO
EN PICO FARADIOS (pF)



COEFICIENTE DE TEMPERATURA p.p.m. °C											
Letra	A	C	H	L	P	R	S	T	U	W	
Coeficiente ($\times 10^{-6}$)	+100	0	-33	-75	-150	-220	-330	-470	-750	-1500	

Capacitores de plástico.

CÓDIGO DE COLORES

TOLERANCIA										
$C < 10 \text{ pF}$ (+/- pF)	Negro (2)	Marrón (0,01)	—	—	—	Verde (0,1)	—	Gris (0,25)	Blanco (1)	
$C \geq 10 \text{ pF}$ (+/- %)	Negro (20)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	—	Verde (5)	—	—	Blanco (10)	

TENSIÓN MÁXIMA V_{CC}			
ANILLO DE COLOR			
COLOR	Rojo	Amarillo	Azul
V	250	400	630

VALOR CAPACITIVO EN PICO FARADIOS (pF)										
Primer color 1ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Segundo color 2ª Cifra	Negro (0)	Marrón (1)	Rojo (2)	Naranja (3)	Amarillo (4)	Verde (5)	Azul (6)	Violeta (7)	Gris (8)	Blanco (9)
Tercer color 3ª Cifra	Negro (1)	Marrón (10)	Rojo (100)	Naranja (1000)	Amarillo (10000)	Verde (100000)	Azul —	Violeta (0,001)	Gris (0,01)	Blanco (0,1)



Codificación mediante letras

Este es otro sistema de inscripción del valor de los condensadores sobre su cuerpo. En lugar de pintar unas bandas de color se recurre también a la escritura de diferentes códigos mediante letras impresas.

A veces aparece impresa en los condensadores la letra "K" a continuación de las letras; en este caso no se traduce por "kilo", o sea, 1000 sino que significa *cerámico* si se halla en un condensador de tubo o disco.



Figura 13

Si el componente es un condensador de dieléctrico plástico (en forma de paralelepípedo), "K" significa tolerancia del 10% sobre el valor de la capacidad, en tanto que "M" corresponde a tolerancia del 20% y "J", tolerancia del 5%. Más detalle ver en código de marcas.

LETRA	Tolerancia
"M"	+/- 20%
"K"	+/- 10%
"J"	+/- 5%

Detrás de estas letras figura la tensión de trabajo y delante de las mismas el valor de la capacidad indicado con cifras. Para expresar este valor se puede recurrir a la colocación de un punto entre las cifras (con valor cero), refiriéndose en este caso a la unidad microfaradio (μF) o bien al empleo del prefijo "n" (nano faradio = 1000 pF).

Ejemplo: un condensador marcado con **0,047 J 630** tiene un valor de 47000 pF = **47 nF**, tolerancia del **5%** sobre dicho valor y tensión máxima de trabajo de **630 v**.

También se podría haber marcado de las siguientes maneras: 4,7n J 630, o 4n7 J 630.



Figura 14

CÓDIGO DE MARCAS

TOLERANCIA													
Letra	B	C	D	F	G	H	J	K	M	P	R	S	Z
C < 10 pF (+/- pF)	0,1	0,25	0,5	1	2								
C ≥ 10 pF (+/- %)			0,5	1	2	2,5	5	10	20	-0 +100	-20 +30	-20 +50	-20 +80

VALOR CAPACITIVO
EN MICROFARADIOS

→ 0.22 M
250 ←

TENSIÓN MÁXIMA
EN VOLTIOS

Código "101" de los condensadores

Por último, vamos a mencionar el **código 101** utilizado en los condensadores cerámicos como alternativa al código de colores. De acuerdo con este sistema se imprimen 3 cifras, dos de ellas son las significativas y la última de ellas indica el número de ceros que se deben añadir a las precedentes. El resultado debe expresarse siempre en picofaradios **pF**.



Así, 561 significa 560 pF, 564 significa 560000 pF = 560 nF, y en el ejemplo de la figura de la derecha, **403** significa 40000 pF = **40 nF**.



Figura 15

Capacitores electrolíticos

Estos capacitores siempre indican la capacidad en microfaradios y la máxima tensión de trabajo en voltios. Dependiendo del fabricante también pueden venir indicados otros parámetros como la temperatura y la máxima frecuencia a la que pueden trabajar.

Se debe poner especial atención en la identificación de la polaridad. Las formas más usuales de indicación por parte de los fabricantes son las siguientes:

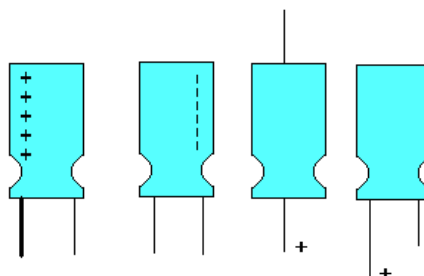


Figura 16

Capacitores de tantalio

Actualmente estos capacitores no usan el código de colores (los más antiguos, sí). Con el código de marcas la capacidad se indica en microfaradios y la máxima tensión de trabajo en voltios. El terminal positivo se indica con el signo +:

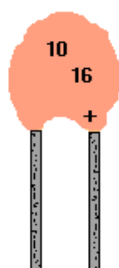


Figura 17

6.5.- Asociación de condensadores

6.5.1.- Capacitores en Serie

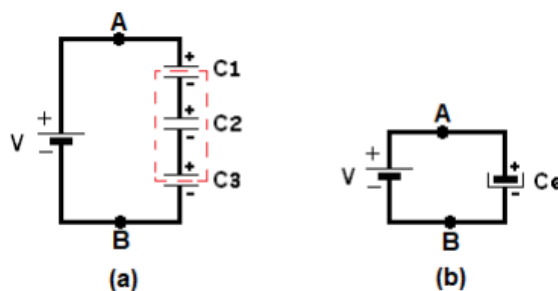


Figura 18 Capacitores en serie

Consideremos primero el efecto de varios capacitores conectados a lo largo de una sola rama de un circuito. Este tipo de conexión se llama conexión en serie. Todo el conjunto de capacitores del circuito (a) se comporta como un único capacitor de capacidad equivalente C_e en el circuito (b).

La batería mantiene una tensión V entre la placa positiva C_1 y la placa negativa C_3 . El polo negativo de la batería provee electrones a la placa derecha de C_3 mientras que el polo positivo atrae a los electrones de la placa izquierda de C_1 que se carga positivamente. (Fernández, 2021)

La carga no puede pasar entre las placas de los capacitores porque el dieléctrico interrumpe la continuidad del circuito; por lo tanto, toda la carga contenida dentro del rectángulo punteado de la figura anterior es carga inducida. Por esta razón, la carga en cada capacitor es idéntica. Se escribe:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Puesto que la tensión entre A y B y es una única malla, la tensión de la batería debe ser igual a la suma de las tensiones a través de cada capacitor.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

La capacitancia total para dos capacitores en serie es:

$$C_e = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2}$$

6.5.2.- Capacitores en Paralelo

Con capacitores en serie, una única carga se encuentra por igual en todos los capacitores y la tensión total es la suma de las tensiones. ¿Qué ocurre si la carga se distribuye entre varias placas de capacitores? Si se conectan dos o más capacitores a la misma tensión, quedan conectados en paralelo. El capacitor C_e en el circuito (b) es equivalente a los tres capacitores del circuito (a).

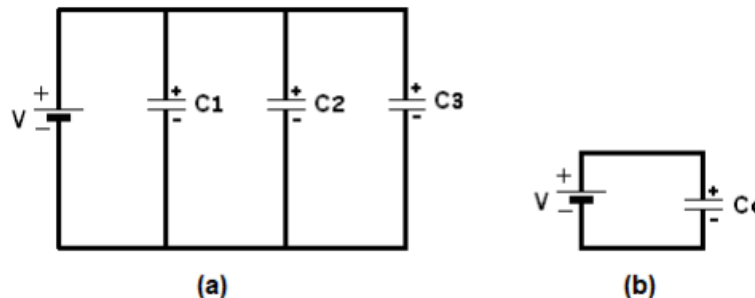


Figura 19 Capacitores en paralelo

La carga total Q es igual a la suma de las cargas individuales:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

En una conexión en paralelo todos los capacitores tienen la misma tensión porque están igualmente conectados a la misma fuente,

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

La capacitancia total para tres capacitores en paralelo es:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3$$

Observe que tiene la misma forma que tres resistencias en serie.



7.- INDUCTORES (BOBINA)

Un inductor, también llamado bobina, choque o reactor, es un componente eléctrico pasivo de dos terminales que se opone a los cambios bruscos de corriente y almacena energía en un campo magnético cuando la corriente eléctrica fluye a través de él. El símbolo eléctrico de un inductor es L. Estos son de construcción simple, y consisten en bobinas de alambre de cobre enrolladas en un núcleo. Este núcleo puede ser magnético o de aire. Se pueden usar diferentes tipos de inductores en aplicaciones avanzadas como la transferencia inalámbrica de energía. (ELECTRONICA, 2021)

7.1.- Funcionamiento de un inductor

Cuando circula una corriente por las espiras, se induce un campo magnético que atraviesa el cilindro helicoidal en su longitud, y también en el exterior del solenoide. Esto se conoce como ley de Faraday. La capacidad inductiva de una bobina se puede medir a través de un parámetro propio de la misma llamado auto inductancia, o sencillamente inductancia. Cuando una bobina interactúa magnéticamente con otras, se produce un fenómeno llamado inductancia mutua, a tener en cuenta en algunos circuitos.

Se puede mejorar la inductancia de una bobina si las espiras están arrolladas alrededor de un núcleo de material ferromagnético.

En corriente continua, lo que más se aprovecha de los inductores es la capacidad magnética, en tanto que en corriente alterna, y en regímenes de señales eléctricas variables, se aprovecha el comportamiento del inductor como variador de la señal eléctrica en el tiempo.

7.2.- Tipos de inductores

Según el núcleo o soporte:

- Núcleo de aire.
- Núcleo de hierro.
- Núcleo de ferrita.

Según la frecuencia de la corriente aplicada:

- Alta frecuencia.
- Baja frecuencia.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Según el recubrimiento:

- Plástico.
- Resina.
- Metal.

Según la característica de su valor:

- Fijos.
- Ajustables.

Según el tipo de montaje:

- Inserción.
- SMD.

7.3.- Unidades de medida de inductores

Teóricamente los inductores adoptan cualquier valor como las resistencias eléctricas o capacitores, pero, en el mercado solo se adoptan ciertos valores que normalmente van en el rango de los micro Henrios a los Henrios, así como el material con el que está construido el núcleo puede ser aire, plástico, hierro.

“Un inductor no ideal tiene un modelo con una resistencia de devanado en serie debida al material conductor, así como una capacitancia de devanado debida al acoplamiento capacitivo entre las bobinas conductoras. Por su valor tan pequeño pueden despreciarse en la mayoría de las aplicaciones, excepto la capacitancia para altas frecuencias.”

7.4.- Identificación del valor de un inductor

Los valores importantes que debemos conocer son la inductancia eléctrica, y tolerancia. Estos valores se indican en el encapsulado dependiendo del tipo de éste. El primer paso para la lectura de un Inductor es la comprensión de lo que significa cada banda.

Los siguientes son los pasos para identificar el valor del inductor usando el método de marcación de texto.

1. Consiste en tres o cuatro letras (incluidos alfabetos y dígitos numéricos).
2. Primero dos dígitos indican el valor.
3. El tercer dígito es la potencia que se aplicará a los dos primeros, esto significa que es el multiplicador y la potencia de 10. Por ejemplo, 101 se expresa como 10 * 101 micro Henry (μH).



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



4. Sufijo o cuarta letra o alfabeto representa el valor de tolerancia del inductor. Supongamos que, si esta letra es K, entonces el valor de tolerancia es $\pm 10\%$, para J es $\pm 5\%$, para M es $\pm 20\%$ y así sucesivamente. Siga la tabla de valores de tolerancia que se indica a continuación para conocer el valor de cada letra.

Symbol	Tolerance
B	$\pm 0.15\text{nH}$
C	$\pm 0.2\text{nH}$
S	$\pm 0.3\text{nH}$
D	$\pm 0.5\text{nH}$
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
H	$\pm 3\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
L	$\pm 15\%$
M	$\pm 20\%$
V	$\pm 25\%$
N	$\pm 30\%$

Supongamos que un inductor está etiquetado como 223K, encuentre el valor exacto del inductor.

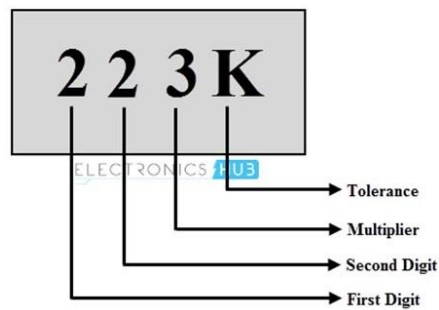


Figura 20

Los primeros dos dígitos, es decir, 2 y 2 representan los primeros dos dígitos del valor del inductor Tercer dígito, 3 es el multiplicador y, por lo tanto, es $10^3 = 1000$. Ahora, multiplicando con los dos primeros dígitos, obtenemos 22000. Ahora, se debe tener en cuenta que no se dan unidades, por lo tanto, el valor está en micro Henry (μH). Por lo tanto, el valor se convierte en 22000 μH o 22mH. La última letra K representa la tolerancia y es igual a $\pm 10\%$.

Por lo tanto, este es un inductor de 22000 μH o 22mH con $\pm 10\%$ de tolerancia

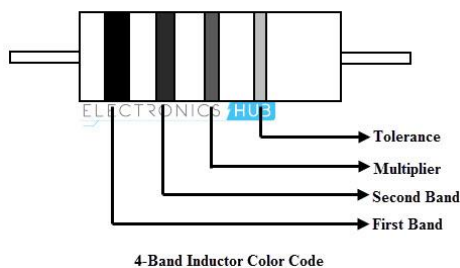


Figura 21

Inducción del valor del inductor usando codificación por colores

El sistema de codificación por colores para inductores es muy similar al de las resistencias, especialmente en el caso de los inductores moldeados. Esta codificación de color está de acuerdo con la tabla de códigos de colores. Comenzando desde la banda más cercana a un extremo, se identifica esta secuencia de código de color. Los métodos de codificación de color de 4 bandas y 5 bandas se describen a continuación con ejemplos.

CÓDIGO DE COLORES DEL INDUCTOR DE 4 BANDAS

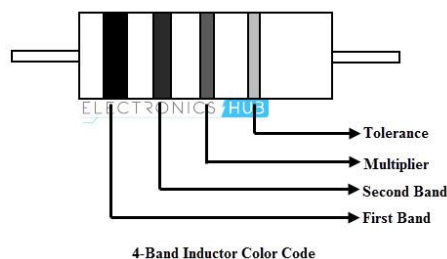


Figura 22

La figura anterior muestra el inductor de 4 bandas que consiste en cuatro bandas de color diferentes. De forma similar a la codificación numérica, las bandas de color primera y segunda representan los dígitos primero y segundo del valor, la tercera banda de color es el multiplicador y la cuarta banda es la tolerancia.

Por lo tanto, el valor del inductor puede determinarse leyendo los colores del cuerpo del inductor y comparándolos con la tabla de códigos de colores. Se debe tener en cuenta que el resultado de este valor codificado por colores está en la unidad de micro Henry (μH).

La tabla siguiente muestra el color correspondiente a los valores numéricos para un inductor de cuatro bandas.

Band	1	2	3	4
Meaning	1st Digit	2nd Digit	Multiplier(No of Zero)	Tolerance(%)
Gold			0.1(divide by 10)	$\pm 5\%$
Silver			0.01(divide by 100)	$\pm 10\%$
Black	0	0	$\times 1$ (No of Zeros)	$\pm 20\%$
Brown	1	1	$\times 10$ (0)	
Red	2	2	$\times 100$ (00)	
Orange	3	3	$\times 1000$ (000)	
Yellow	4	4	$\times 10000$ (0,000)	
Green	5	5		
Blue	6	6		
Violet	7	7		
Grey	8	8		
White	9	9		

Ejemplo de identificación de inductor de 4 bandas

Consideremos el siguiente inductor para identificar el valor del inductor utilizando codificación de color de 4 bandas.

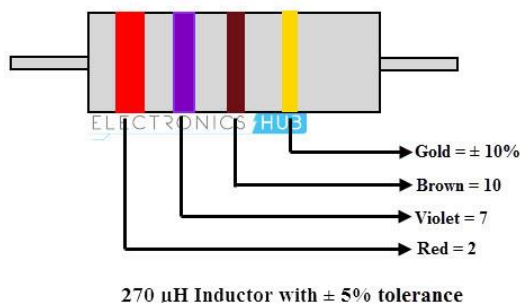


Figura 23



Inicialmente, anote el porcentaje de tolerancia del inductor que está principalmente coloreado en oro, plata y negro. Ahora observe los colores del otro extremo de un inductor. En el inductor, la primera banda es roja; de acuerdo con la tabla anterior, el número asociado con este color es 2.

Ahora mueve a la segunda banda, observa el color y anota el número asociado según el color dado en la tabla. Aquí, la segunda banda es violeta y su número es 7. Entonces el valor se convierte en '27'.

Llega a la 3ra banda, es decir, el multiplicador es de color marrón y su número correspondiente es 10.

Por lo tanto, el valor del inductor es $27 \times 10 \text{ uH} = 270 \text{ uH}$ con un índice de tolerancia de $\pm 5\%$. En algunos casos, podemos tener este color de banda multiplicador como oro o plata. Si el multiplicador es oro, divida el valor entre '10' y si la banda del multiplicador es plateada, divida el valor entre '100'.

CÓDIGO DE COLOR DEL INDUCTOR DE 5 BANDAS (CÓDIGO DE COLOR DEL INDUCTOR ESTÁNDAR MILITAR)

Los inductores generalmente cilíndricos están marcados con 5 bandas de color. En esto, un extremo de la bobina consiste en una amplia banda plateada que identifica los inductores de radiofrecuencia militar. Las siguientes tres bandas indican el valor de la inductancia en micro Henrios, mientras que la cuarta banda indica la tolerancia.

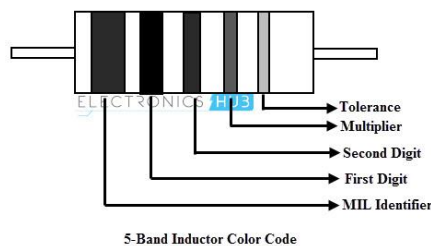


Figura 24



La tabla siguiente muestra el color correspondiente a los valores numéricos para un inductor de cinco bandas.

Band	1	2	3	4	5
Meaning	mil.spec	Digit or Dec point	Digit or Dec point	Multiplier(No of Zero)	Tolerance(%)
Gold		Decimal Point	Decimal point		±5%
Silver	Always silver double				±10%
Black		0	0	0 (or × 1)	±20%
Brown		1	1	(or × 10)	±1%
Red		2	2	2 (or × 100)	±2%
Orange		3	3	3 (or × 1000)	±3%
Yellow		4	4	4 (or × 10000)	±4%
Green		5	5	5	
Blue		6	6	6	
Violet		7	7	7	
Grey		8	8	8	
White		9	9	9	

Estos inductores consisten en valores de tolerancia de 1% a 20%. Para valores de inductancia menores que 10, la segunda o tercera banda es oro que representa el punto decimal. Entonces las bandas restantes indican los dos bits significativos, y la tolerancia.

Para valores de inductancia iguales o mayores que 10, las primeras dos bandas representan los bits significativos, el tercero es el multiplicador y el cuarto es la tolerancia considerando la banda MIL.

7.5.- Asociación de inductores

7.5.1.- Inductores en serie.

Las bobinas que conducen la misma corriente están conectadas en serie, tal como se muestra en la Figura:

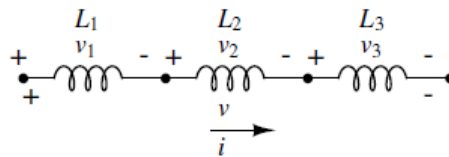


Figura 25 Inductores en serie

La Inductancia equivalente para inductores conectados en serie consiste en la suma algebraica de las inductancias de los inductores individuales:

$$L_e = L_1 + L_2 + L_3$$

7.5.2.- Inductores en paralelo

Podemos reducir los inductores conectados en paralelo a uno solo equivalente mediante la siguiente fórmula:

$$L_e = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots}$$

Los inductores en paralelo deben tener la misma tensión. Por tanto, si existe una tensión inicial en los inductores en paralelo originales, esta misma tensión aparece en la inductancia equivalente (Obando, 2021)

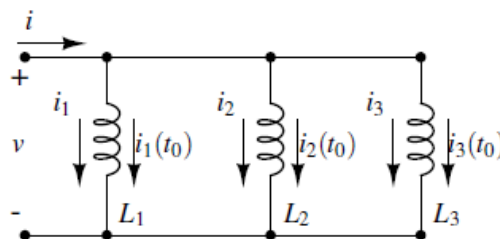


Figura 26 Inductores en paralelo

UNIDAD 3.- SEMICONDUCTORES

En función de sus propiedades eléctricas, los materiales se clasifican en tres grupos: conductores, semiconductores y aislantes. Cuando los átomos se combinan para formar un material sólido cristalino, se acomodan en una configuración simétrica. Los átomos dentro de la estructura cristalina se mantienen juntos gracias a los enlaces covalentes, que son creados por la interacción de los electrones de valencia de los átomos. El silicio es un material cristalino.

1.- MATERIALES CONDUCTORES

Un conductor es un material que conduce corriente eléctrica fácilmente. La mayoría de los metales son buenos conductores. Los mejores conductores son materiales de sólo un elemento, tales como cobre, plata, oro y aluminio, que están caracterizados por átomos con sólo un electrón de valencia muy flojamente enlazado al átomo. Estos electrones de valencia flojamente enlazados se convierten en electrones libres. Por consiguiente, en un material conductor, los electrones libres son electrones de valencia. (Malvino, 2021)



Ilustración 27 Elementos conductores

2.- MATERIALES SEMICONDUCTORES

Un semiconductor es un material a medio camino entre los conductores y los aislantes, en lo que a su capacidad de conducir corriente eléctrica respecta. Un semiconductor en estado puro (intrínseco) no es ni buen conductor ni buen aislante. Los semiconductores más comunes de sólo un elemento son el silicio, el germanio y el carbón. Los semiconductores compuestos, tales como el arseniuro de galio y el



Los semiconductores de un solo elemento están caracterizados por átomos con cuatro electrones de valencia.

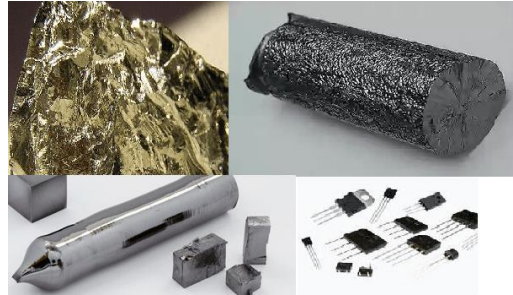


Ilustración 28 Elementos semiconductores

2.1.- Germanio

El germanio es un ejemplo de semiconductor. Tiene cuatro electrones en su orbital de valencia. Hace unos años el germanio era el único material adecuado para la fabricación de dispositivos de semiconductores. Sin embargo, estos dispositivos de germanio tenían un grave inconveniente, que no pudo ser resuelto por los ingenieros: su excesiva corriente inversa (que se discutirá en una sección posterior). Más tarde, otro semiconductor, el silicio, se hizo más práctico dejando obsoleto al germanio en la mayoría de las aplicaciones electrónicas.



Ilustración 29 Semiconductor Germanio

2.2.- Silicio

Después del oxígeno, el silicio es el elemento más abundante de la tierra. Sin embargo, existieron algunos problemas que impidieron su uso en los primeros días de los semiconductores. Una vez resueltos, las ventajas del silicio (discutidas



posteriormente lo convirtieron inmediatamente en el semiconductor a elegir.

Sin él, la electrónica moderna, las comunicaciones y los ordenadores serían imposibles.



Ilustración 30 Semiconductor Silicio

3.- AISLANTES

Un aislante es un material que no conduce corriente eléctrica en condiciones normales. La mayoría de los buenos aislantes son materiales compuestos, es decir, no formados por sólo un elemento. Los electrones de valencia están estrechamente enlazados a los átomos; por consiguiente, en un aislante hay muy pocos electrones libres. Algunos ejemplos de aislantes son el hule, el plástico, el vidrio, la mica y el cuarzo.



Ilustración 31 Algunos aislantes más conocidos

4.- MATERIALES SEMICONDUCTORES SEGÚN SU PUREZA

Los materiales semiconductores, según su pureza, se clasifican de la siguiente forma:

1. Intrínsecos
2. Extrínsecos

4.1.- Intrínsecos

Se dice que un semiconductor es “intrínseco” cuando se encuentra en estado puro, o sea, que no contiene ninguna impureza, ni átomos de otro tipo dentro de su estructura. En ese caso, la cantidad de huecos que dejan los electrones en la banda de valencia al atravesar la banda prohibida será igual a la cantidad de electrones libres que se encuentran presentes en la banda de conducción.

Cuando se eleva la temperatura de la red cristalina de un elemento semiconductor intrínseco, algunos de los enlaces covalentes se rompen y varios electrones pertenecientes a la banda de valencia se liberan de la atracción que ejerce el núcleo del átomo sobre los mismos. Esos electrones libres saltan a la banda de conducción y allí funcionan como “electrones de conducción”, pudiéndose desplazar libremente de un átomo a otro dentro de la propia estructura cristalina, siempre que el elemento semiconductor se estimule con el paso de una corriente eléctrica.

Como se puede observar en la ilustración 6, en el caso de los semiconductores el espacio correspondiente a la banda prohibida es mucho más estrecho en comparación con los materiales aislantes. La energía de salto de banda (E_g) requerida por los electrones para saltar de la banda de valencia a la de conducción es de 1 eV aproximadamente. En los semiconductores de silicio (Si), la energía de salto de banda requerida por los electrones es de 1,21 eV, mientras que en los de germanio (Ge) es de 0,785 eV.



Ilustración 32 Relación de la energía de salto

4.2.- Extrínsecos

Para mejorar las propiedades de los semiconductores, se les somete a un proceso de impurificación (llamado dopaje), consistente en introducir átomos de otros elementos con el fin de aumentar su conductividad. El semiconductor obtenido se denominará semiconductor extrínseco.



Un semiconductor extrínseco, o semiconductor dopado, es un semiconductor, que fue dopado intencionalmente con el fin de modular sus propiedades eléctricas, ópticas y estructurales. En el caso de detectores de semiconductores de radiación ionizante, el dopaje es la introducción intencional de impurezas en un semiconductor intrínseco con el fin de cambiar sus propiedades eléctricas. Por lo tanto, los semiconductores intrínsecos también se conocen como semiconductores puros o semiconductores de tipo i.

La adición de un pequeño porcentaje de átomos extraños en la red cristalina regular de silicio o germanio produce cambios dramáticos en sus propiedades eléctricas, ya que estos átomos extraños incorporados en la estructura cristalina del semiconductor proporcionan portadores de carga libre (electrones o agujeros de electrones) en el semiconductor. En un semiconductor extrínseco, son estos átomos dopantes extraños en la red cristalina los que proporcionan principalmente los portadores de carga que transportan corriente eléctrica a través del cristal. En general, hay dos tipos de átomos dopantes que dan como resultado dos tipos de semiconductores extrínsecos. Estos dopantes que producen los cambios controlados deseados se clasifican como aceptores o donantes de electrones. y los semiconductores dopados correspondientes se conocen como:

- Semiconductores de tipo N.
- Semiconductores tipo P.

Los semiconductores extrínsecos son componentes de muchos dispositivos eléctricos comunes, así como de muchos detectores de radiación ionizante. Para estos fines, un diodo semiconductor (dispositivos que permiten la corriente en una sola dirección) generalmente consta de semiconductores tipo p y tipo n colocados en unión entre sí.

5.- MODELO ATÓMICO

Toda la materia está compuesta por átomos, y todos los átomos se componen de electrones, protones y neutrones. En esta sección aprenderá sobre la estructura del átomo, las órbitas y capas de los electrones, los electrones de valencia, los iones y dos materiales semiconductores: el silicio y el germanio. La configuración de ciertos electrones en un átomo es el factor clave para determinar cómo un material dado conduce corriente eléctrica. (Floyd, 2021)

Un átomo* es la partícula más pequeña de un elemento que retiene las características de éste. Cada uno de los 109 elementos conocidos tiene átomos que son diferentes de los de todos los demás elementos; es decir, cada elemento presenta una estructura atómica única.



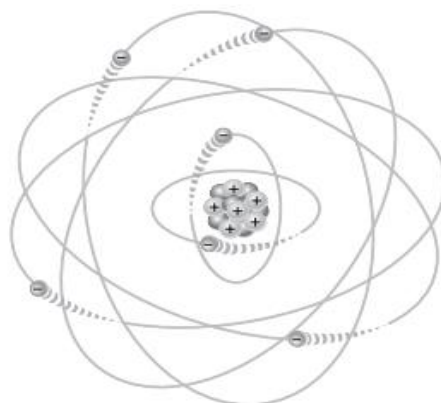
Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





De acuerdo con el modelo de Bohr, los átomos tienen una estructura de tipo planetario que consta de un núcleo central rodeado por electrones que describen órbitas, como se muestra en la ilustración 7. El núcleo se compone de partículas cargadas positivamente llamadas protones y partículas sin carga llamadas neutrones. Las partículas básicas de carga negativa se llaman electrones.



⊖ Electrón + Protón ● Neutrón

Ilustración 33 Modelo de Bohr que muestra electrones en órbitas

5.1.- Número atómico

Todos los elementos están dispuestos en la tabla periódica de acuerdo con su número atómico. El número atómico es igual al número de protones en el núcleo, el cual es igual al número de electrones en un átomo eléctricamente balanceado (neutro). Por ejemplo, el número atómico del hidrógeno es 1 y el del helio es 2.

En su estado normal (o neutro), todos los átomos de un elemento dado tienen el mismo número de electrones que protones: las cargas positivas cancelan las negativas y la carga neta del átomo es cero.

5.2.- Capas y órbitas de los electrones

Los electrones giran alrededor del núcleo de un átomo a ciertas distancias de él. Los electrones cercanos al núcleo tienen menos energía que aquellos que describen órbitas más distantes. Sólo existen valores discretos (separados y distintos) de energías del electrón dentro de las estructuras atómicas. Por consiguiente, los electrones deben describir órbitas a distancias discretas del núcleo.



5.2.1.- Niveles de energía

Cada distancia discreta (órbita) al núcleo corresponde a cierto nivel de energía. En un átomo, las órbitas se agrupan en bandas de energía conocidas como capas. Un átomo dado tiene un número fijo de capas. Cada capa tiene un número fijo máximo de electrones a niveles de energía permisibles. Las diferencias de los niveles de energía en una capa son mucho más pequeñas que las diferencias de energía entre capas. Las capas se designan 1, 2, 3 y así sucesivamente, y la 1 es la más cercana al núcleo. La ilustración 8 muestra este concepto de banda de energía: la primera capa tiene un nivel de energía y la segunda tiene dos niveles de energía. Pueden existir más capas en otros tipos de átomos, según el elemento.

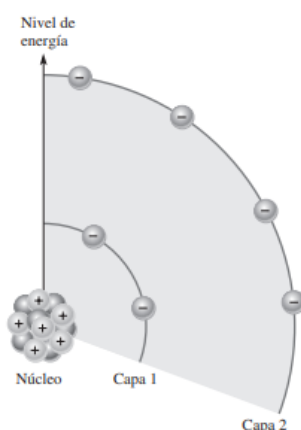


Ilustración 34 Incremento de la energía respecto de la distancia al núcleo.

5.2.2.- Número de electrones en cada capa

El número máximo de electrones (N_e) que puede existir en cada capa de un átomo es un hecho de la naturaleza y se calcula con la fórmula

$$N_e = 2n^2$$

Donde n es el número de la capa. La capa más interna es el número 1, la siguiente es el número 2 y así sucesivamente. El número máximo de electrones que puede existir en la capa más interna (capa 1) es

$$N_e = 2n^2 = 2(1)^2 = 2$$

El número máximo de electrones que puede existir en la segunda capa es

$$N_e = 2n^2 = 2(2)^2 = 2(4) = 8$$

El número máximo de electrones que puede existir en la tercera capa es

$$N_e = 2n^2 = 2(3)^2 = 2(9) = 18$$

El número máximo de electrones que puede existir en la cuarta capa es

$$N_e = 2n^2 = 2(4)^2 = 2(16) = 32$$



5.3.- Electrones de valencia

Los electrones que describen órbitas alejadas del núcleo tienen más energía y están flojamente enlazados al átomo que aquellos más cercanos al núcleo. Esto se debe a que la fuerza de atracción entre el núcleo cargado positivamente y el electrón cargado negativamente disminuye con la distancia al núcleo. En la capa más externa de un átomo existen electrones con un alto nivel de energía y están relativamente enlazados al núcleo. Esta capa más externa se conoce como la capa de valencia y los electrones presentes en esta capa se llaman electrones de valencia. Estos electrones de valencia contribuyen a las reacciones químicas y al enlace dentro de la estructura de un material y determinan sus propiedades eléctricas.

5.4.- Ionización

Cuando un átomo absorbe energía de una fuente calorífica o luminosa, por ejemplo, las energías de los electrones se elevan. Los electrones de valencia poseen más energía y están ligeramente enlazados al átomo que los electrones internos, así que pueden saltar con facilidad a órbitas más altas dentro de la capa de valencia cuando el átomo absorbe energía externa.

Si un átomo de valencia adquiere una cantidad suficiente de energía puede escapar con facilidad de la capa externa y la influencia del átomo. La partida de un electrón de valencia deja a un átomo previamente neutro con un exceso de carga positiva (más protones que electrones). El proceso de perder un electrón de valencia se conoce como ionización y el átomo cargado positivamente resultante se conoce como ion positivo

Por ejemplo, el símbolo químico del hidrógeno es H. Cuando un átomo de hidrógeno neutro pierde su electrón de valencia y se transforma en un ion positivo, se designa H^+ . El electrón de valencia escapado se llama electrón libre.

Para algunos materiales no metálicos tales como el cloro, un electrón libre puede ser capturado por el átomo neutro y se forma un ion negativo. En el caso del cloro, el ion es más estable que el átomo neutro porque su capa externa está completa. El ion de cloro se designa Cl^- .



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



6.- BANDAS DE ENERGÍA

La capa de valencia de un átomo representa una banda de niveles de energía y que los electrones de valencia están confinados a dicha banda. Cuando un electrón adquiere suficiente energía adicional puede abandonar la capa de valencia, convertirse en un electrón libre y existir en lo que se conoce como banda de conducción. (Floyd, 2021)

La diferencia de energía entre la banda de valencia y la banda de conducción se llama banda prohibida. Ésta es la cantidad de energía que un electrón de valencia debe tener para saltar de la banda de valencia a la de conducción. Una vez en la banda de conducción, el electrón es libre de moverse por todo el material y no queda enlazado a ningún átomo dado.

La ilustración 9 muestra diagramas de energía de aislantes, semiconductores y conductores: la parte (a) muestra que los aislantes tienen una banda prohibida muy ancha. Los electrones de valencia no saltan a la banda de conducción excepto en condiciones de ruptura en las que se aplican voltajes extremadamente altos a través del material. La parte (b) ilustra cómo los semiconductores tienen una banda prohibida mucho más angosta, la cual permite que algunos átomos de valencia salten a la banda de conducción y se conviertan en electrones libres. En contraste, como la parte (c) lo muestra, las bandas de energía en conductores se traslapan. En un material conductor metálico siempre existe un mayor número de electrones de valencia que electrones libres.

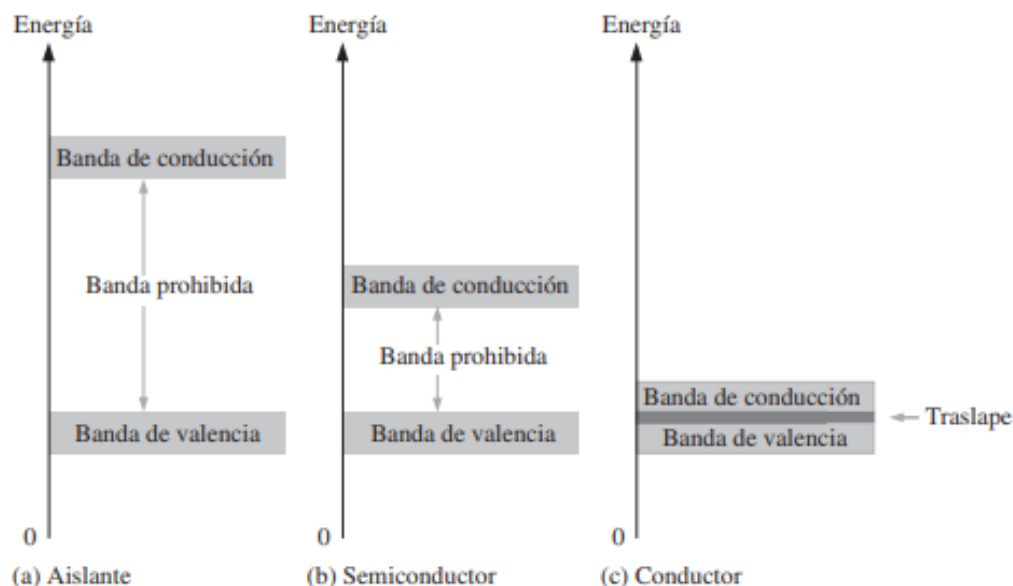


Ilustración 35 Diagramas de energía para los tres tipos de materiales

7.- ENLACES QUÍMICOS

7.1.- Enlaces covalentes

Cada átomo vecino comparte un electrón con el átomo central. De esta forma, el átomo central parece tener 4 electrones adicionales, sumando un total de 8 electrones en su orbital de valencia. En realidad, los electrones dejan de pertenecer a un solo átomo, ya que cada átomo central y sus vecinos comparten electrones. La misma idea es válida para todos los demás átomos de silicio. En resumen, cada átomo dentro de un cristal de silicio tiene cuatro vecinos.

La ilustración 10 muestra cómo cada átomo de silicio se sitúa con cuatro átomos de silicio adyacentes para formar un cristal de silicio. Un átomo de silicio (Si), con sus cuatro electrones de valencia, comparte un electrón con cada uno de sus cuatro vecinos. Esto crea efectivamente ocho electrones de valencia compartidos por cada átomo y produce un estado de estabilidad química. Además, compartir electrones de valencia produce enlaces covalentes que mantienen a los átomos juntos; cada electrón de valencia es atraído igualmente por los dos átomos adyacentes que lo comparten.

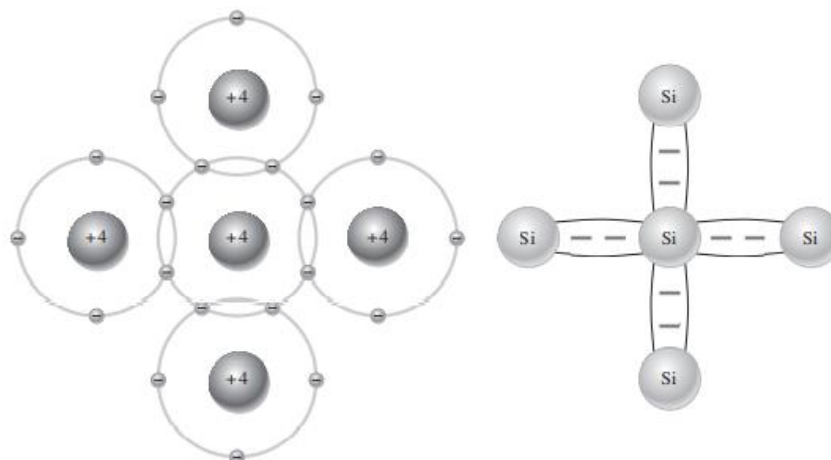


Ilustración 36 Enlaces covalentes del silicio

La ilustración 11 muestra el enlace covalente de un cristal de silicio intrínseco. Un cristal intrínseco es uno que no tiene impurezas. El enlace covalente en el germanio es similar porque también tiene cuatro electrones de valencia

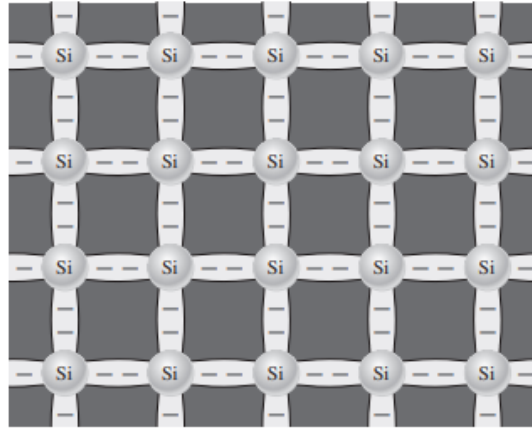


Ilustración 37 Enlaces covalentes en un cristal de silicio

8.- MATERIALES N Y P

8.1.- Materiales extrínsecos N y P

Si a un semiconductor intrínseco, como el anterior, se le añade un pequeño porcentaje de impurezas, es decir, elementos trivalentes o pentavalentes, el semiconductor se denomina extrínseco, y se dice que está dopado. Evidentemente, las impurezas deberán formar parte de la estructura cristalina sustituyendo al correspondiente átomo de silicio. Las características de los materiales semiconductores pueden ser alternadas significativamente por la adicción de ciertos átomos de impureza a un material semiconductor relativamente puro, aunque solo haya sido añadido 1 parte en 10 millones pueden alternar de forma suficiente la estructura de la bomba. Existen dos materiales extrínsecos de gran importancia para la fabricación de dispositivos semiconductores el tipo N y el tipo P.

8.2.- Semiconductor tipo N:

Tanto el material tipo N como el tipo P se forma mediante la adicción mediante un número predeterminado de átomos e impurezas al germanio o al silicio, el tipo n se crea a través de la introducción de elementos de impurezas que poseen cinco electrones de valencia (pentavalentes).

A las impurezas difundidas con cinco electrones de valencia se les llama átomos donadores.

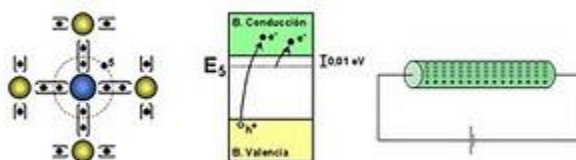


Un Semiconductor tipo N se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado añadiendo un cierto tipo de átomos al semiconductor para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso negativas o electrones).

Cuando el material dopante es añadido, éste aporta sus electrones más débilmente vinculados a los átomos del semiconductor. Este tipo de agente dopante es también conocido como material donante ya que da algunos de sus electrones.

El propósito del dopaje tipo n es el de producir abundancia de electrones portadores en el material. Para ayudar a entender cómo se produce el dopaje tipo n considérese el caso del silicio (Si). Los átomos del silicio tienen una valencia atómica de cuatro, por lo que se forma un enlace covalente con cada uno de los átomos de silicio adyacentes. Si un átomo con cinco electrones de valencia, tales como los del grupo VA de la tabla periódica (ej. fósforo (P), arsénico (As) o antimonio (Sb)), se incorpora a la red cristalina en el lugar de un átomo de silicio, entonces ese átomo tendrá cuatro enlaces covalentes y un electrón no enlazado.

Este electrón extra da como resultado la formación de "electrones libres", el número de electrones en el material supera ampliamente el número de huecos, en ese caso los electrones son los portadores mayoritarios y los huecos son los portadores minoritarios. A causa de que los átomos con cinco electrones de valencia tienen un electrón extra que "dar", son llamados átomos donadores. Nótese que cada electrón libre en el semiconductor nunca está lejos de un ion dopante positivo inmóvil, y el material dopado tipo N generalmente tiene una carga eléctrica neta final de cero.... En cuanto a la conductividad del material, esta aumenta de una forma muy elevada, por ejemplo; introduciendo sólo un átomo donador por cada 1000 átomos de silicio, la conductividad es 24100 veces mayor que la del silicio puro.



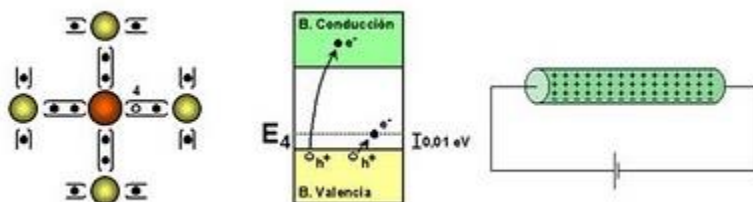
8.3.- Semiconductor tipo P:

Un Semiconductor tipo P se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado, añadiendo un cierto tipo de átomos al semiconductor para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso positivos o huecos).

Cuando el material dopante es añadido, éste libera los electrones más débilmente vinculados de los átomos del semiconductor. Este agente dopante es también conocido como material aceptor y los átomos del semiconductor que han perdido un electrón son conocidos como huecos.



El propósito del dopaje tipo P es el de crear abundancia de huecos. En el caso del silicio, un átomo tetravalente (típicamente del grupo IVA de la tabla periódica) de los átomos vecinos se le une completando así sus cuatro enlaces. Así los dopantes crean los "huecos". Cada hueco está asociado con un ion cercano cargado negativamente, por lo que el semiconductor se mantiene eléctricamente neutro en general. No obstante, cuando cada hueco se ha desplazado por la red, un protón del átomo situado en la posición del hueco se ve "expuesto" y en breve se ve equilibrado por un electrón. Por esta razón un hueco se comporta como una cierta carga positiva. Cuando un número suficiente de aceptores son añadidos, los huecos superan ampliamente la excitación térmica de los electrones. Así, los huecos son los portadores mayoritarios, mientras que los electrones son los portadores minoritarios en los materiales tipo P. Los diamantes azules (tipo IIb), que contienen impurezas de boro (B), son un ejemplo de un semiconductor tipo P que se produce de manera natural.





UNIDAD 4. EL DIODO

1.- EL DIODO

El diodo es un dispositivo semiconductor que permiten pasar la corriente eléctrica en un sentido y la bloquean en el sentido contrario. Es un componente básico de los circuitos electrónicos y eléctricos, muy presentes en nuestra vida diaria (ordenadores, equipos de música, televisores, móviles, radios, mandos a distancia, lavadoras, lavavajillas, etc.).

1.1.- Estructura

El diodo es un componente electrónico que solo permite el flujo de la electricidad en un solo sentido, debido a esto su funcionamiento se parece a un interruptor el cual abre o cierra los circuitos. Este dispositivo está conformado por dos tipos de materiales diferentes los cuales se traducen a dos terminales, un ánodo (+) y un cátodo (-). (Floyd, 2021)



Figura 38 Símbolo del diodo

Existen varios tipos de diodos, pero el símbolo esquemático para un diodo rectificador o para propósitos generales se muestra en la figura 1. La región n se llama cátodo y la región p ánodo. La “flecha” en el símbolo apunta en la dirección de la corriente convencional (opuesta al flujo de electrones).

1.1.1.- Composición de un diodo

Para poder hablar de la composición de un diodo, primero debemos de conocer la diferencia entre un material tipo “P” y “N”.



Figura 39 Materiales PN



Material tipo P

Un Semiconductor tipo P se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado, añadiendo átomos al semiconductor para aumentar el número de portadores de cargas (en este caso cargas positivas o huecos). (Mecafenix, 2022)

Material tipo N

Un Semiconductor tipo N se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado, añadiendo átomos al semiconductor para aumentar el número de portadores de cargas (en este caso cargas negativas o electrones).

El diodo semiconductor está constituido fundamentalmente por una unión P-N, añadiéndole un terminal de conexión a cada uno de los contactos metálicos de sus extremos y una cápsula que aloja todo el conjunto, dejando al exterior las terminales que corresponden al ánodo (zona P) y al cátodo (Zona N)

1.2.- Funcionamiento de un diodo

Los diodos cuentan con un ánodo y un cátodo y según su conexión al dispositivo generador de corriente (por ejemplo, una pila) permiten o bloquean el paso de corriente. La forma de conexión al generador es lo que se llama polarización.

1.2.1.- Polarización directa

Un diodo está polarizado en directa cuando se conecta a una fuente de voltaje como muestra la figura 3. La terminal positiva de la fuente se conecta al ánodo mediante un resistor limitador de corriente. La terminal negativa se conecta al cátodo. La corriente de polarización en directa (I_F) circula del ánodo al cátodo como se indica. La caída del voltaje de polarización en directa (V_F) debido al potencial de barrera es de positivo en el ánodo a negativo en el cátodo.

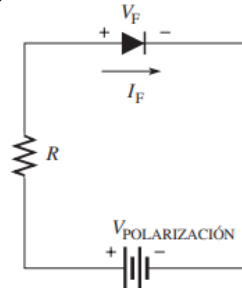


Figura 40 Polarización directa



1.2.2.- Polarización indirecta o inversa

Un diodo está polarizado en inversa cuando se conecta una fuente de voltaje, como muestra la figura 4. La terminal negativa de la fuente se conecta al ánodo del circuito y la positiva al cátodo. No es necesario un resistor de polarización en inversa, pero se muestra, por consistencia, en el circuito. La corriente de polarización en inversa es extremadamente pequeña y puede ser considerada cero. Como se puede ver todo el voltaje de polarización ($V_{POLARIZACION}$) aparece a través del diodo.

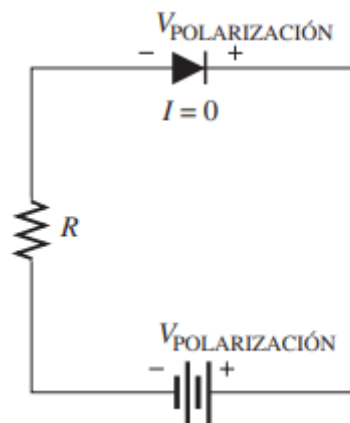


Figura 41 Polarización inversa

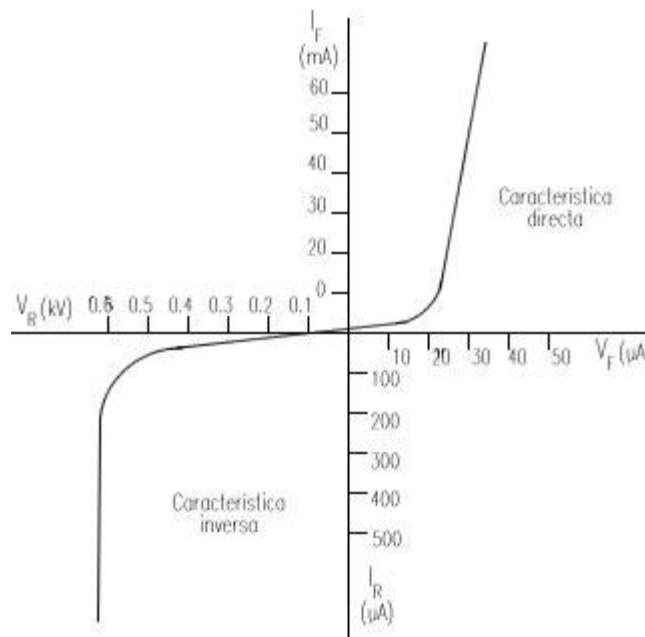
En definitiva, actúan como interruptores permitiendo o bloqueando el paso de corriente eléctrica; aunque según su estructura y disposición realizan una amplia variedad de funciones.



2.- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE UN DIODO

Hasta aquí ya tenemos una idea del funcionamiento de un diodo; pero conviene que profundicemos un poco más en los conceptos eléctricos que determinan este funcionamiento. Para ello vamos a apoyarnos de la curva característica típica de un diodo semiconductor imaginario, tal como podemos ver en el gráfico, el cual nos va a dar datos sobre el comportamiento de este componente electrónico.

El comportamiento de los diodos es más o menos similar al proporcionado por esa curva, pero los valores resultantes pueden cambiar según la potencia del diodo.



En primer lugar, tenemos la corriente en sentido directo (I_F) representada en miliamperios (mA) que es la corriente que puede circular por el diodo cuando éste presenta la mínima resistencia. Por otra parte, en la línea horizontal derecha tenemos la escala de las tensiones directas (V_F) expresadas en voltios (V) a que puede ser sometido el diodo para el paso de la corriente. Todo eso constituye la característica directa, es decir, el paso de la corriente en sentido de paso. Un diodo que tuviera las características representadas en este gráfico, al aplicarle una tensión de 20 V ya dejaría pasar unos 10 mA, pero entre 20 y 35 V se 'dispararía' y dejaría pasar más de 60 mA.

En la característica inversa, que está representada por la izquierda y en la parte baja del gráfico, se trata de mostrar el funcionamiento del diodo en el sentido de bloqueo.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Obsérvese que aquí la tensión inversa (V_r) está en unidades de kilovoltios (kV), es decir, fracciones de 1000 V; y la intensidad (I_r) en fracciones mucho más pequeñas, de microamperios (μA), es decir, fracciones que equivalen a $1/1000000$ de amperio. Para que la corriente acceda a pasar en sentido contrario en un diodo como el representado se precisaría una tensión entre 500 a 600 voltios con lo cual se produciría el paso de corrientes del orden de los 0,50 miliamperios. Los valores de la característica inversa se llaman corrientes de fuga (I_r).

3.- MODELOS DEL DIODO

3.1.- El modelo ideal de un diodo

El modelo ideal de un diodo es la aproximación menos precisa y puede ser representado por un interruptor simple. Cuando el diodo está polarizado en directa, actúa idealmente como un interruptor cerrado (prendido), como lo muestra la figura 5.

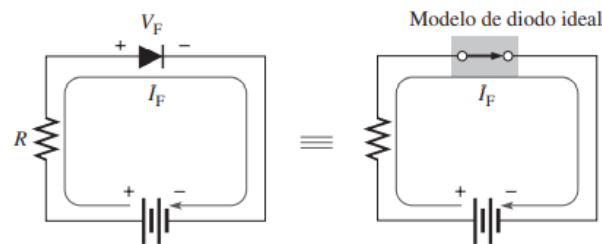


Figura 42 Polarización en directa

Cuando el diodo está polarizado en inversa, idealmente actúa como un interruptor abierto (apagado), como se muestra en la figura 6. Aunque el potencial de barrera, la resistencia dinámica de polarización en directa y la corriente de polarización en inversa se desprecian, este modelo es adecuado en la mayoría de las situaciones de solución de fallas cuando se está tratando de determinar si el diodo está trabajando apropiadamente.

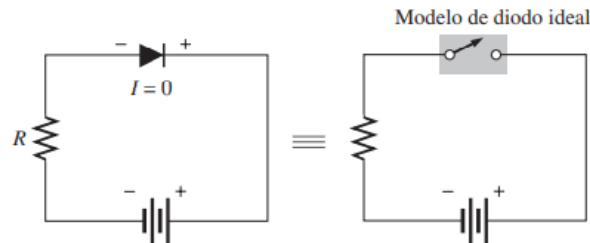


Figura 43 Polarización inversa

En la figura 7, la curva de característica V-I ideal ilustra gráficamente la operación de un diodo ideal. Como el potencial de barrera y la resistencia dinámica de polarización en directa se omiten, se supone que el diodo tiene un voltaje cero a través de él cuando está polarizado en directa, como lo indica la parte de la curva sobre el eje vertical positivo.

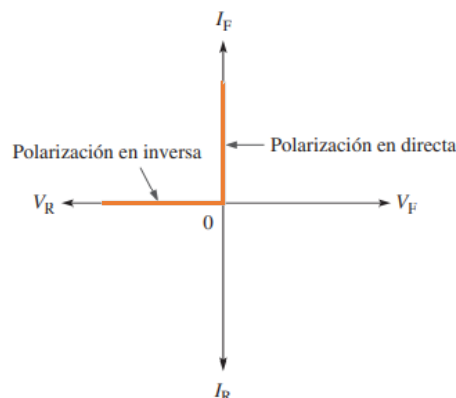


Figura 44 Curva característica del diodo ideal

3.2.- El modelo práctico de un diodo

El modelo práctico incluye el potencial de barrera. Cuando el diodo está polarizado en directa, equivale a un interruptor cerrado en serie con una pequeña fuente de voltaje equivalente (V_F) igual al potencial de barrera (0.7 V) con el lado positivo hacia el ánodo, como lo muestra la figura 8. Esta fuente de voltaje equivalente representa el potencial de barrera que debe ser excedido por el voltaje de polarización antes de que el diodo conduzca y no sea una fuente de voltaje activa. Cuando conduce, aparece una caída de voltaje de 0.7 V a través del diodo.

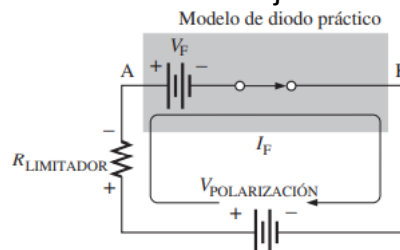


Figura 45 Polarización directa

Cuando el diodo está polarizado en inversa, equivale a un interruptor abierto exactamente como el modelo ideal, como lo ilustra la figura 9. El potencial de barrera no afecta la polarización en inversa, así que no es un factor.

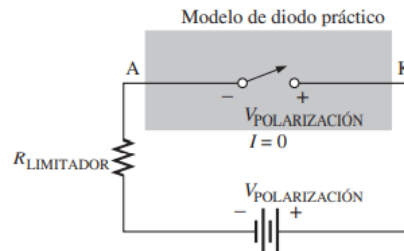


Figura 46 Polarización inversa

La curva característica para el modelo práctico del diodo se muestra en la figura 10. Como el potencial de barrera está incluido y la resistencia dinámica se omite, se supone que existe un voltaje a través del diodo cuando está polarizado en directa, como lo indica la parte de la curva a la derecha del origen.

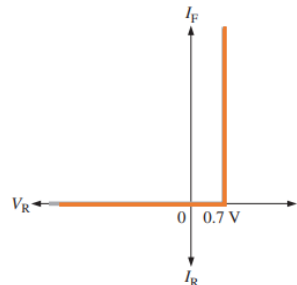


Ilustración 47 Curva característica del modelo practico

3.3.- El modelo completo o real del diodo

El modelo completo de un diodo es la aproximación más precisa e incluye el potencial de barrera, la pequeña resistencia dinámica de polarización en directa y la gran resistencia interna de polarización en inversa ($r' R$). La resistencia de polarización en inversa se toma en cuenta porque proporciona una trayectoria para la corriente de polarización en inversa, la cual está incluida en este modelo de diodo. Cuando el diodo está polarizado en directa, actúa como un interruptor cerrado en serie con el voltaje de potencial de barrera equivalente (V_B) y la pequeña resistencia dinámica de polarización en directa como lo indica la figura 11.

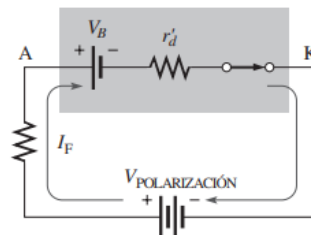


Figura 48 Polarización directa

Cuando el diodo está polarizado en inversa, actúa como un interruptor abierto en paralelo con la gran resistencia interna de polarización en inversa como lo ilustra la figura 12. El potencial de barrera no afecta la polarización en inversa, por lo que no es un factor.

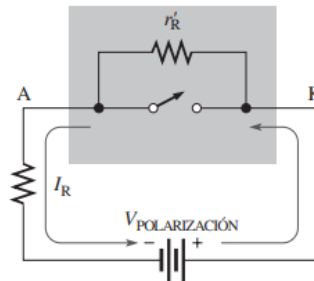


Figura 49 Polarización inversa

La curva característica para el modelo completo del diodo se muestra en la figura 13. Como el potencial de barrera y la resistencia dinámica de polarización en directa están incluidos, se supone que el diodo tiene un voltaje a través de él cuando se polariza en directa. Este voltaje (V_F) se compone del voltaje de potencial de barrera más la pequeña caída de voltaje a través de la resistencia dinámica, como lo indica la parte de la curva a la derecha del origen. La curva se inclina porque la caída de voltaje generada por la resistencia dinámica se incrementa a medida que se incrementa la corriente.

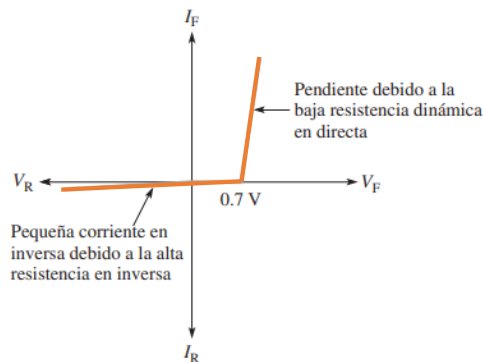


Figura 50 Curva característica del modelo completo del diodo

4.- TIPOS DE DIODOS

La conformación básica de un diodo son dos piezas de semiconductor que se han procesado de forma distinta, una dotándolo de carga positiva (tipo P) y otra con carga negativa (tipo N). Al unir las tenemos el diodo que se puede conectar en el circuito en los dos tipos de polarización que hemos comentado anteriormente.

Modificaciones de esta estructura básica, así como de su configuración dan lugar a distintos tipos de diodos con diferentes funcionalidades.

4.1- Rectificadores

Un diodo rectificador es útil para pasar sólo la mitad positiva o la mitad negativa de una señal de corriente alterna (CA), mediante el proceso de rectificación. Comúnmente los circuitos rectificadores son utilizados en el diseño de fuentes de poder, donde la potencia de corriente alterna (CA) se debe transformar en potencia de corriente directa (CD) lo cual es muy útil para circuitos electrónicos y digitales. Estos diodos tienen tres técnicas químicas de fabricación las cuales son la aleación, difusión y crecimiento epitaxial. El voltaje para este tipo de diodos de Silicio es de 0.7 volts aproximadamente, y para los diodos de Germanio es de 0.3 volts. (LATAM, 2022)



Figura 51 Símbolo diodo rectificador

4.1.1.- Circuitos rectificadores de media onda

El circuito rectificador de media onda nos permite convertir corriente alterna en corriente continua, es el circuito más simple para explicar el concepto de rectificación. Los rectificadores de media onda producen una mayor cantidad de ondulaciones que los rectificadores de onda completa, por lo tanto, es recomendable utilizar un condensador para suavizar y de esta manera eliminar la frecuencia armónica de corriente alterna (CA) de la salida de corriente directa (CD). El siguiente circuito es la representación de un rectificador de media onda:

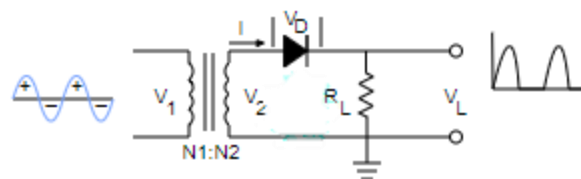


Figura 52 Circuito rectificador de media onda

4.1.2.- Circuitos rectificadores de onda completa

El circuito rectificador de onda completa es un circuito en el que nos permite aprovechar ambos semiciclos de la corriente alterna y obtener corriente directa, aunque los resultados de las ondas aparentan ser similares a la rectificación de media onda es posible observar diferencias y ventajas al emplear una rectificación de onda completa, se puede observar niveles de intensidad superiores y la caída de tensión es menor al aplicar una carga a nuestro circuito (En este caso la carga sería R_L). Para poder hacer una rectificación de onda completa es necesario un transformador de toma central o cuatro diodos en la configuración de “puente de diodos”. Es recomendable utilizar un transformador con toma central en el devanado secundario, con esto se puede lograr una mayor eficiencia en la rectificación de onda completa.

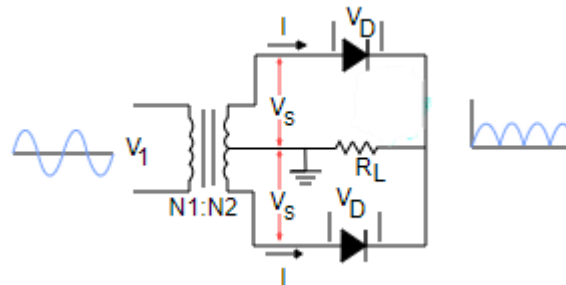


Figura 53 Circuito rectificador de onda completa

4.2.- Diodos emisores de luz

El famoso diodo emisor de luz, es un diodo muy popular en el mercado. Este diodo emite fotones a partir de muy baja intensidad de corriente y existen de diferentes colores, lo cual dependerá del material con el que fueron construidos. Su funcionamiento es básicamente que, al ser polarizado directamente, fluirá una intensidad de corriente y al aumentar la tensión el diodo, comenzará a emitir fotones.

Un diodo LED tiene una caída de voltaje entre 1.5 a 2.5 volts y una intensidad de corriente entre 20 y 40 mA. Por lo tanto, si se exceden estos valores el diodo no funcionará. De igual forma, si tampoco alcanza el voltaje, o la corriente mínima requerida este no encenderá. Dentro de sus varias aplicaciones se encuentra la iluminación de circuitos de encendido y apagado, de contadores e iluminación en general.

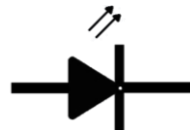


Figura 54 Símbolo del diodo LED



4.3.- Fotodiodo

El fotodiodo presenta una característica muy particular, la cual es que este diodo es muy sensible a la luz. Es por ello que la manera correcta de utilizarlo es conectarlo de manera inversa, esto permitirá el flujo de corriente en este mismo sentido, ya que, al incidir la luz en el diodo, este aumentará la intensidad de corriente.

Las aplicaciones que obtenemos de este tipo de diodo son similares a la de un LDR o un fototransistor, ya que va a responder a los cambios de oscuridad a luz muy rápidamente.

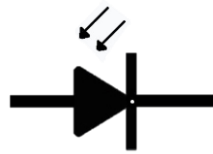


Figura 55 Símbolo del fotodiodo

4.4.- Schottky

El diodo Schottky o también conocido como diodo de barrera Son dispositivos que tienen una caída de voltaje directa (VF) muy pequeña, del orden de 0.3 V o menos. Operan a muy altas velocidades y se utilizan en fuentes de potencia, circuitos de alta frecuencia y sistemas digitales. Reciben también el nombre de diodos de recuperación rápida (Fast recovery) o de portadores calientes



Figura 56 Símbolo del diodo schottky

Cuando se realiza una ensambladura entre una terminal metálica y un material semiconductor, el contacto tiene, típicamente, un comportamiento óhmico cualquiera, la resistencia del contacto gobierna la secuencia de la corriente. Cuando este contacto se hace entre un metal y una región semiconductor con la densidad del dopante relativamente baja, las hojas dominantes del efecto deben ser el resistivo, comenzando también a tener un efecto de rectificación.

4.5.- Zener

El diodo Zener tiene una zona de conducción igual a la de los diodos rectificadores. Su diferencia radica en el momento en el que son polarizados inversamente.



En este caso, este tipo de diodo no conduce corriente cuando el voltaje de este es menor al que nos proporciona.

Sin embargo, en cuanto se alcance el voltaje que necesita el diodo Zener, que aproximadamente se encuentra entre 3.3V, 5.1V y 12V; la corriente va a fluir en sentido inversamente polarizado, es decir, de cátodo a ánodo.

Las aplicaciones que se encuentran comúnmente con este tipo de diodo son los reguladores de voltaje, recortadores de pico de voltajes o desplazadores.



Figura 57 Símbolo del diodo Zener

4.6.- Diodo varicap

La principal característica de este diodo es que es utilizado para proporcionar capacitancia variable. Esto dependerá de la aplicación inversa y polarización en corriente continua.

Las aplicaciones que se le han dado a este tipo de diodo ha sido para sustituir sistemas mecánicos en los circuitos electrónicos donde hay emisión y recepción con capacitador variable, un ejemplo de ello, puede ser la televisión y la transmisión FM de radio.



Ilustración 58 Símbolo del diodo Varicap

4.7.- Diodo Túnel o Esaki

Este diodo también es conocido como el diodo Esaki. Este tipo de diodo tiene como principal característica un efecto de túnel en la unión PN. Esta es una región de resistencia negativa en la dirección polarizada de manera directa.



El diodo túnel tiene un dopaje de Silicio o Germanio 1000 veces mayor, y por lo tanto, cuando el voltaje aumente, la corriente va a disminuir. Así que ten presente esto cuando lo estés trabajando, ya que podría verse modificado algún factor.

Las aplicaciones que encontramos para un diodo túnel pueden ser como: amplificador, oscilador o un flip-flop.

Este tipo de diodo, de baja potencia, es común verlo en aplicaciones de microondas debido a que su voltaje de operación se encuentra entre 1.8 y 3.8 volts.



Figura 59 Símbolo del diodo de túnel

4.8.- Diodo PIN

El Diodo PIN es un diodo con una estructura de tres capas, siendo la intermedia un semiconductor intrínseco, y las externas, una de tipo P y el otro tipo N (estructura P-I-N que da nombre al diodo). Sin embargo, en la práctica, la capa intrínseca se sustituye bien por una capa tipo P de alta resistividad (π) o bien por una capa tipo n de alta resistividad (ν). La región intrínseca amplia, hace que el diodo PIN sea un rectificador inferior y por eso, sea adecuado para atenuadores, interruptores rápidos, foto-detectores, y aplicaciones de electrónica de potencia de alta tensión.

Cuando el diodo está polarizado directamente, la concentración de portadores inyectada es típicamente de varios órdenes de magnitud más alta que la concentración de portadores nivel intrínseco.

Debido a esta inyección de alto nivel, que a su vez se debe al proceso de agotamiento, el campo eléctrico se extiende profundamente en la región. Este campo eléctrico ayuda en la aceleración del transporte de portadores de carga desde la P a la región N, que se traduce en un funcionamiento más rápido del diodo, por lo que es un dispositivo adecuado para operaciones de alta frecuencia.



Figura 60 Símbolo del diodo PIN



5.- PRUEBAS A UN DIODO

Los multiplicadores de voltaje utilizan la acción de sujeción para incrementar voltajes pico rectificadas sin la necesidad de incrementar la capacidad de voltaje del transformador. Son comunes los factores de multiplicación de dos, tres y cuatro. Se utilizan multiplicadores de voltaje en aplicaciones de alto voltaje y baja corriente tales como tubos de rayos catódicos (CRT) y aceleración de partículas. (Floyd, 2021)

5.1.- Posición de prueba de un diodo con un multímetro digital

Muchos multímetros digitales (DMM, por sus siglas inglés) tienen una función de prueba de diodos que constituye una manera cómoda de probar un diodo. Un DMM típico, como se muestra en la figura 24, tiene un pequeño símbolo de un diodo para marcar la posición del conmutador de funciones. Cuando se coloca en “diode test”, el medidor proporciona un voltaje interno suficiente para polarizar al diodo en directa o en inversa. Este voltaje interno puede variar entre las diferentes marcas del DMM, pero 2.5 V a 3.5 V es un intervalo típico de valores. El medidor proporciona una lectura de voltaje u otra indicación para mostrar la condición del diodo que se está probando.



Figura 61 Multímetro digital

5.2.- Cuando el diodo está funcionando

En la figura 25, el conector positivo del medidor (representado en la ilustración con un tono claro de gris) está conectado al ánodo y el negativo (en un tono más oscuro) está conectado al cátodo para polarizar en directa el diodo. Si el diodo está bien, se tendrá una lectura de entre aproximadamente 0.5 V y 0.9 V, con 0.7 V como valor típico para polarización en directa.

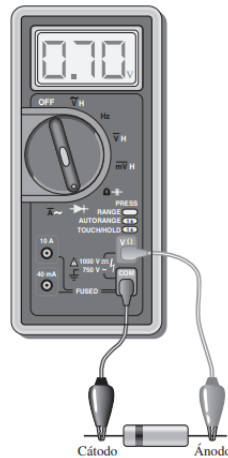


Figura 62 Prueba de polarización en directa

En la figura 26, la posición del diodo se invierte para polarización en inversa. Si el diodo está funcionando apropiadamente, en general se obtendrá una lectura de “OL”. Algunos DMMs pueden mostrar el voltaje interno en la condición de polarización en inversa.

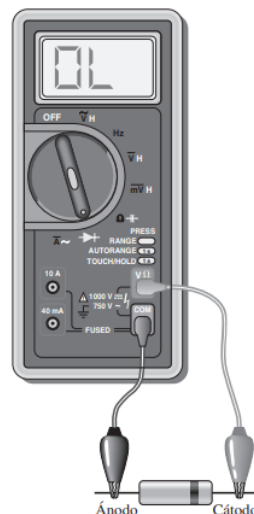


Figura 63 Prueba de polarización en inversa

5.3.- Cuando el diodo está defectuoso

Cuando un diodo no se abre, se obtiene una indicación de fuera de escala “OL” tanto en la condición de polarización en directa como en la condición de polarización en inversa, como se ilustra en la figura 27.

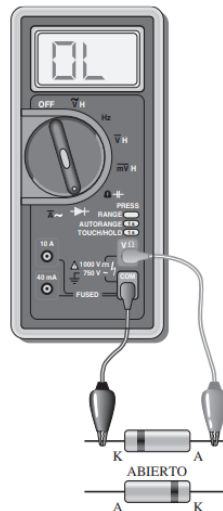


Figura 64 Prueba a diodo abierto

Si un diodo se encuentra en cortocircuito, el medidor lee 0 V tanto en la prueba de polarización en directa como en la prueba de polarización en inversa, como se indica en la figura 28.

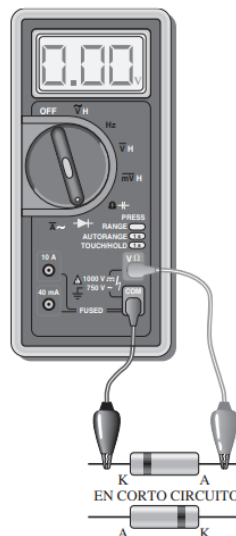


Figura 65 Prueba a diodo en cortocircuito



5.4.- Verificación de un diodo con la función OHMs

Los DMM que no disponen de la función de prueba de diodo pueden ser utilizados para probar un diodo situando el selector de funciones en OHM. Para verificar un diodo bueno en la condición de polarización en directa, se tendrá una lectura de resistencia que puede variar según la batería interna del medidor. Muchos medidores no disponen de suficiente voltaje en el ajuste OHM para polarizar en directa por completo a un diodo y la lectura puede ser de varios cientos a varios miles de ohms. Para la verificación de polarización en inversa de un diodo bueno, se tendrá una indicación de fuera de escala tal como “OL” en la mayoría de los DMMs porque la resistencia en inversa es demasiado alta como para que la mida el aparato.

Aunque es posible que no se tengan lecturas precisas de resistencia de polarización en directa y en inversa con un DMM, las lecturas relativas indican que un diodo está funcionando apropiadamente, que normalmente es todo lo que necesita saber. La indicación de fuera de escala muestra que la resistencia de polarización en inversa es extremadamente alta, como se esperaba. La lectura de unos cuantos cientos a unos cuantos miles de ohms en la condición de polarización en directa es relativamente pequeña comparada con la resistencia en la condición de polarización en inversa, lo que indica que el diodo está funcionando apropiadamente. La resistencia real de un diodo polarizado en directa en general es mucho menor que 100 Ω .

6.- LA HOJA DE DATOS DE UN DIODO

La hoja de datos del fabricante da información detallada sobre un dispositivo con el fin de que pueda ser utilizado apropiadamente en una aplicación específica. Una hoja de datos típica proporciona capacidades máximas, características eléctricas, datos mecánicos y gráficas de varios parámetros.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41

COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375 " lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	3.0	W
R_{JA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I_R	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$	30							μA
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_A = 25^\circ\text{C}$	5.0							μA
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_A = 100^\circ\text{C}$	500							μA
C_T	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}$, $f = 1.0\text{ MHz}$	15							pF

Figura 66 Ejemplo de una hoja de datos



La figura 29 muestra una hoja de datos de un diodo rectificador típico. La presentación de la información en hojas de datos puede variar de un fabricante a otro, pero, en términos generales todas dan la misma información (algunas proporcionan más o menos datos que otras). La información mecánica, tal como dimensiones del encapsulado, no se muestran en la hoja de datos particular, pero en general están disponibles con el fabricante.

6.1.- Valores nominales máximos absolutos

Los valores nominales máximos absolutos indican los valores máximos de los diversos parámetros conforme a los cuales el diodo se puede operar sin daños o degradación. Para una máxima confiabilidad y larga vida útil, el diodo deberá operarse conforme a estos valores nominales máximos. En general, los valores nominales máximos se especifican para una temperatura ambiente de operación (TA) de 25°C, a menos que se estipule lo contrario. La temperatura ambiente es la temperatura del aire alrededor del dispositivo. Los parámetros dados en la figura 29 son los siguientes: (LATAM, 2022)

VRRM: El voltaje pico en inversa que puede ser aplicado repetidamente a través del diodo. Observe que es de 50 V para el 1N4001 y de 1000 V para el 1N4007. Esta capacidad es la misma que el PIV.

IF(AV): El valor promedio máximo de una corriente con polarización en directa rectificada de media onda de 60 Hz. Este parámetro de corriente es de 1.0 A para todos los tipos de diodo y está especificado para una temperatura ambiente de 75°C.

IFSM: El valor pico máximo de sobre corriente con polarización en directa de media onda senoidal única no repetitiva con duración de 8.3 ms. Este parámetro de corriente es de 30^a para todos los tipos de diodo.

Tstg: El intervalo permisible de temperaturas a las cuales el dispositivo puede ser mantenido cuando no está operando o no está conectado a un circuito.

TJ: El intervalo permisible de temperaturas para la unión pn cuando el diodo es operado en un circuito.

6.2.- Características térmicas

Todos los dispositivos tienen un límite en la cantidad de calor que pueden tolerar sin falla alguna.

PD: La disipación de potencia promedio es la cantidad de potencia que el diodo puede disipar en cualquier condición.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Un diodo nunca deberá ser operado a su potencia máxima, excepto durante periodos breves, para asegurar la confiabilidad y una larga vida útil.

$R^{\theta}J$: Resistencia térmica de la unión de diodo al aire circundante. Ésta indica la resistencia del material del dispositivo al flujo de calor y especifica el número de diferencia de grados entre la unión y el aire circundante por cada watt transferido de la unión al aire.

6.3.- Características eléctricas

Las características eléctricas se especifican en ciertas condiciones y son las mismas para cada tipo de diodo. Estos valores son típicos y pueden ser más o menos para un diodo dado. Algunas hojas de datos dan un valor mínimo un valor máximo además de un valor típico para un parámetro.

VF: La caída de voltaje a través del diodo con polarización en directa cuando hay 1 A de corriente de polarización en directa. Para determinar el voltaje de polarización en directa con otros valores de corriente de polarización en directa, se debe examinar la gráfica de características de polarización en directa.

Irr: Corriente máxima con polarización en inversa a plena carga durante un ciclo completo a 75°C.

IR: La corriente inversa al voltaje inverso nominal (VRRM). Los valores se especifican a dos temperaturas ambiente diferentes.

CT: Ésta es la capacitancia total del diodo, incluida la capacitancia en la unión en polarización en inversa a una frecuencia de 1 MHz. La mayoría de las veces este parámetro no es importante en aplicaciones de baja frecuencia, tal como rectificadores de fuentes de alimentación.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





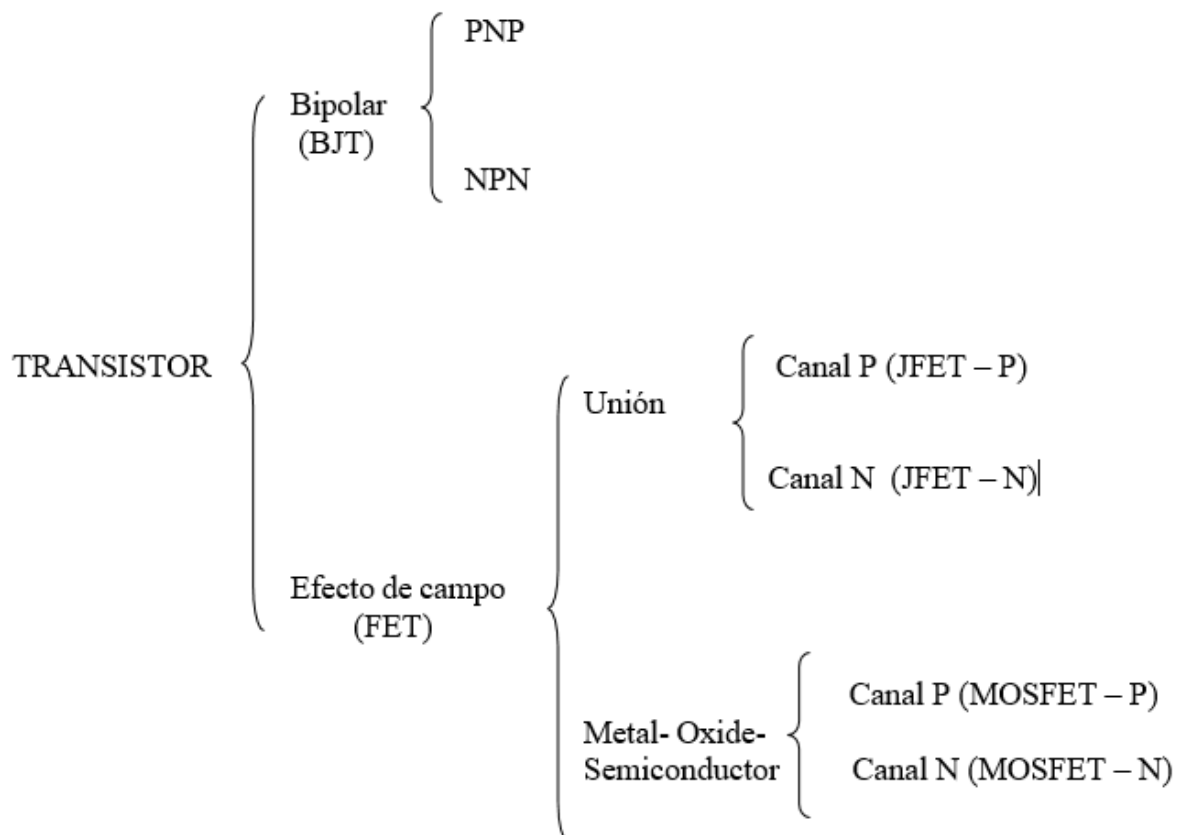
UNIDAD 5. EL TRANSISTOR

1.- EL TRANSISTOR

Un transistor, también conocido como un BJT (Transistor de Unión Bipolar), es un dispositivo semiconductor impulsado por corriente, que puede ser utilizado para controlar el flujo de corriente eléctrica en la que una pequeña cantidad de corriente en el conductor base controla una mayor cantidad de corriente entre el Colector y el Emisor. (LeDuc, 2022)

Es un tipo de dispositivo de uso común en numerosos aparatos, como relojes, lámparas, tomógrafos, celulares, radios, televisores y, sobre todo, como componente de los circuitos integrados (chips o microchips).

1.1.- Clasificación de los transistores



2.- EL TRANSISTOR DE UNIÓN BIPOLAR (BJT)

El transistor de unión bipolar (del inglés Bipolar Junction Transistor, o sus siglas BJT) es un dispositivo electrónico de estado sólido consistente en dos uniones PN muy cercanas entre sí, que permite controlar el paso de la corriente a través de sus terminales. La denominación de bipolar se debe a que la conducción tiene lugar gracias al desplazamiento de portadores de dos polaridades (huecos positivos y electrones negativos), y son de gran utilidad en gran número de aplicaciones; pero tienen ciertos inconvenientes, entre ellos su impedancia de entrada bastante baja.

Un transistor de unión bipolar está formado por dos Uniones PN en un solo cristal semiconductor, separados por una región muy estrecha. De esta manera quedan formadas tres regiones:

Emisor: que se diferencia de las otras dos por estar fuertemente dopada, comportándose como un metal. Su nombre se debe a que esta terminal funciona como emisor de portadores de carga.

Base: la intermedia, muy estrecha, que separa el emisor del colector.

Colector: de extensión mucho mayor.

2.1.- Estructura

El BJT (transistor de unión bipolar) se construye con tres regiones semiconductoras separadas por dos uniones PN, como lo muestra la estructura plana epitaxial de la figura 1.

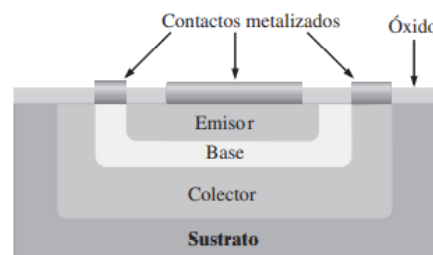


Figura 67 Estructura plana básica del transistor

Las tres regiones se llaman emisor, base y colector. En las figuras 2 y 3 se muestran representaciones físicas de los dos tipos de BJT. Un tipo se compone de dos regiones N separadas por una región P (NPN) y el otro tipo consta de dos regiones P separadas por una región N (PNP). El término bipolar se refiere al uso tanto de huecos como de electrones como portadores de corriente en la estructura de transistor. (Floyd, 2021)

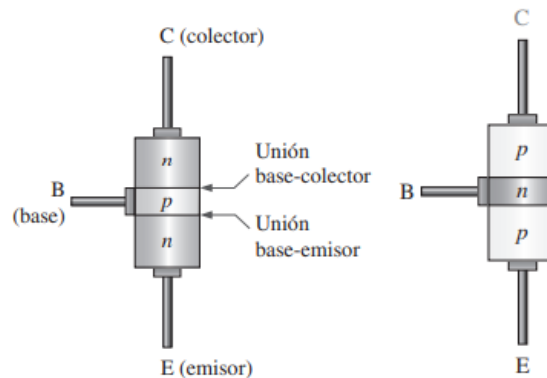


Figura 68 NPN

Figura 69 PNP

2.1.1.- Composición de un transistor BJT

El transistor es un dispositivo de tres zonas o capas. Podemos tener una zona de material tipo n en medio de dos zonas de material tipo P, en este caso se denomina transistor PNP, o bien tener una zona tipo P con dos zonas tipo N a cada lado, en cuyo caso estaríamos hablando de un transistor NPN.

La zona central se denomina base, y las laterales emisor y colector. Cada una de las zonas constan de un terminal por donde extraer las corrientes. Estos terminales se representan por la inicial del nombre de la zona respectiva: E (emisor), B (base) y C (colector).

La zona de emisor es la más fuertemente dopada de las 3, es la zona encargada de “emitir” o inyectar portadores mayoritarios hacia la base. Huecos en el caso de un transistor PNP o electrones en el caso del transistor NPN.

La base tiene un nivel de dopado netamente inferior al de la zona de emisor. Se trata de una zona con un espesor muy inferior al de las capas exteriores. Su misión es la de dejar pasar la mayor parte posible de portadores inyectados por el emisor hacia el colector.



La zona de colector, como su propio nombre indica es la encargada de recoger o “colectar” los portadores que inyectados por el emisor han sido capaces de atravesar la base. Es la zona con un nivel de dopado inferior de las tres.

2.2.- Funcionamiento de un transistor

El transistor posee tres zonas de funcionamiento

2.2.1.- Zona de saturación:

El diodo colector está polarizado directamente y es transistor se comporta como una pequeña resistencia. En esta zona un aumento adicional de la corriente de base no provoca un aumento de la corriente de colector, ésta depende exclusivamente de la tensión entre emisor y colector. El transistor se asemeja en su circuito emisor - colector a un interruptor cerrado.

2.2.2.- Zona activa:

En este intervalo el transistor se comporta como una fuente de corriente, determinada por la corriente de base. A pequeños aumentos de la corriente de base corresponden grandes aumentos de la corriente de colector, de forma casi independiente de la tensión entre emisor y colector. Para trabajar en esta zona el diodo base - emisor ha de estar polarizado en directa, mientras que el diodo base - colector, ha de estar polarizado en inversa.

2.2.3.- Zona de corte:

El hecho de hacer nula la corriente de base, es equivalente a mantener el circuito base emisor abierto, en estas circunstancias la corriente de colector es prácticamente nula y por ello se puede considerar el transistor en su circuito colector - emisor como un interruptor abierto.

Los transistores se usan en su zona activa cuando se emplean como amplificador de señales. Las zonas de corte y saturación son útiles en circuitos digitales, vale decir, trabajan como interruptor abierto o cerrado.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



2.3- Configuraciones básicas

2.3.1.- Emisor Común

Se llama configuración en emisor común porque el emisor es común o sirve de referencia para las terminales de entrada y salida (en este caso es común para las terminales base y colector). De nueva cuenta se requieren dos conjuntos de características para describir plenamente el comportamiento de la configuración en emisor común: uno para el circuito de entrada o de base-emisor y uno para el circuito de salida o de colector-emisor. (56, 2022)

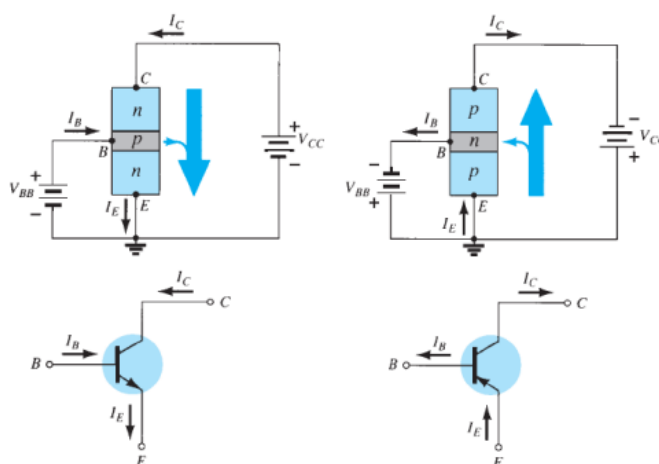


Figura 70 Configuración emisor común

2.3.2.- Base común

La notación y símbolos utilizados junto con el transistor en la mayoría de los textos y manuales publicados en la actualidad se indican en la figura 5 para la configuración de base común con transistores PNP y NPN. La terminología en base común se deriva del hecho de que la base es común tanto para la entrada como para la salida de la configuración. Además, la base por lo general es la terminal más cercana a, o en, un potencial de tierra. A lo largo de este libro todas las direcciones de la corriente se referirán a un flujo convencional (de huecos) y no a uno de electrones. Esta opción se basó principalmente en el hecho de que la mayor parte de la literatura disponible en instituciones educativas e industriales emplea el flujo convencional, y las flechas en todos los símbolos electrónicos tienen una dirección definida de acuerdo con esta convención.

Recuerde que la flecha en el símbolo del diodo definía la dirección de conducción de corriente convencional.

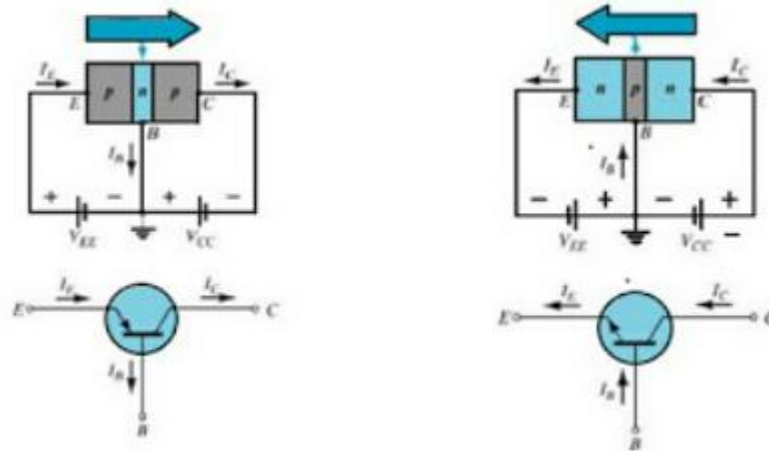


Figura 71 Configuración base común

2.3.3.- Colector común.

La configuración en colector común se utiliza sobre todo para igualar impedancias, puesto que tiene una alta impedancia de entrada y una baja impedancia de salida, lo contrario de las configuraciones en base común y en emisor común.

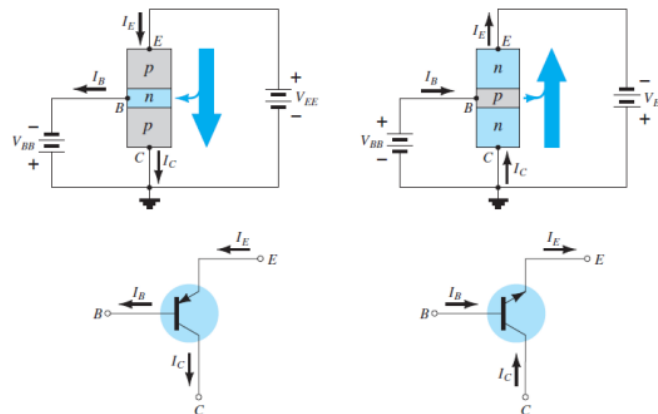


Figura 72 Configuración colector común

3.- CIRCUITOS DE POLARIZACIÓN

La polarización del transistor consiste en aplicar las tensiones adecuadas a las uniones de emisor-base y colector-base que permitan situar al transistor en la región de funcionamiento adecuada a la aplicación que se persigue, en ausencia de la señal de entrada.

Si la aplicación que se persigue es la utilización del transistor como amplificador, situaremos el punto de trabajo en aquella zona dónde tenga un comportamiento más o menos lineal.

La polarización del transistor se logra a través de los circuitos de polarización que fijan sus corrientes y tensiones. En la figura 7 se muestran los circuitos de polarización más típicos basados en resistencias y fuentes de alimentación. La elección de un circuito u otro dependerá de la aplicación y del grado de estabilidad que se desea del punto de polarización.

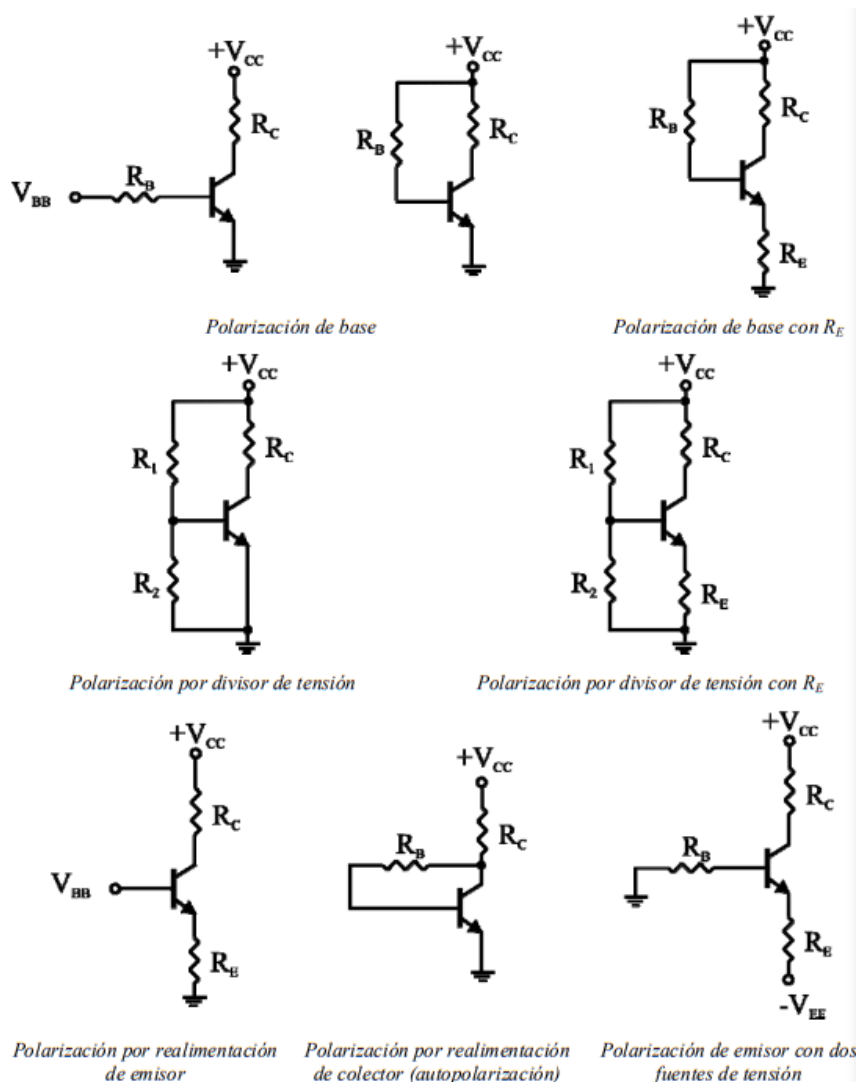


Figura 73 Circuitos empleados en la polarización de un transistor

3.1.- Polarización de la base

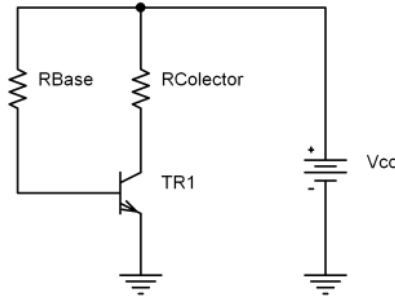


Figura 74 Circuito de polarización de base

3.1.1.- Ventajas

1. Fácil de construir
2. Pocos componentes
3. Polarización utilizada como interruptor

3.1.2.- Desventajas

1. Resistencia de colector dependiente de β
2. Polarización sensible a cambios de β

Para resolver este circuito, utilizamos las dos mallas de circulación de corriente, la del circuito de base y del colector:

$$V_{CC} - (R_B \cdot I_B) - V_{BE} = 0$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

$$V_{CC} - (R_C \cdot I_C) - V_{CE} = 0$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_B \cdot \beta}$$

En la malla de colector, se aprecia la dependencia del valor de la resistencia de la β del transistor. Esto nos podrá provocar cierta inestabilidad en la polarización. Por este motivo, esta polarización se utiliza ampliamente como interruptor. No debería utilizarse en ningún momento como amplificador de tensión.

3.2.- Polarización de colector

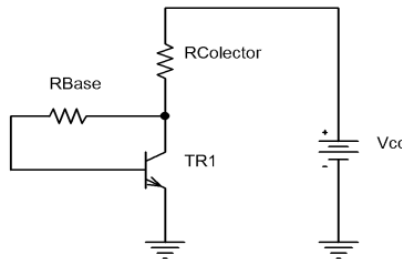


Figura 75 Circuito de polarización del colector

3.2.1.- Ventajas

1. Buena impedancia de entrada
2. Realimentación negativa

3.2.2.- Desventajas

1. No destaca

Esta polarización tiene una mayor estabilidad que la polarización de base. Si la ganancia de corriente del transistor tiende a aumentar, debido a un cambio de temperatura o sustitución del transistor por otro de β mayor, la corriente de colector tenderá a aumentar también. Esto generará un aumento de la caída de tensión en colector RC, o bien, una disminución de la tensión VCE, provocando una tendencia a disminuir del valor de IB. De esta forma se limita el aumento iterativo de IC. Debido a este hecho se dice que esta polarización posee, de forma intrínseca, realimentación negativa.

De la malla del circuito de colector nos ofrece el valor de la resistencia de colector

$$V_{CC} - (R_C \cdot I_E) - V_{CE} = 0$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_E} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_B (\beta + 1)}$$

Como se observa, el valor de RC se ve afectado por la ganancia de corriente, aunque, debido al efecto comentado de realimentación negativa, no tiene tanta importancia como en la polarización de base. Operando ahora con la malla de base, nos queda

$$V_{CC} - (R_C \cdot I_E) - (R_B \cdot I_B) - V_{BE} = 0$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} - [R_C (\beta + 1)] = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

Nótese que la corriente que multiplica a RC no es IC, como de costumbre, sino la suma de la corriente que se deriva a través de la base más la propia de colector, es decir, IE.

Si necesitásemos calcular las corrientes que circulan por esta polarización, en vez de las resistencias, nos quedarían las siguientes ecuaciones

$$V_{CC} - (R_C \cdot I_E) - (R_B \cdot I_B) - V_{BE} = V_{CC} - (R_C \cdot I_B(1 + \beta)) - (R_B \cdot I_B) - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C(1 + \beta) + R_B}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = \beta \cdot \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C(1 + \beta) + R_B}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C \left(\frac{1 + \beta}{\beta} \right) + \frac{R_B}{\beta}}$$

Para tratar de minimizar el efecto de la ganancia de corriente y que, I_C sea independiente de la β del transistor, debe cumplirse que:

$$R_C \gg \frac{R_B}{\beta}$$

3.3.- Polarización de emisor

Esta polarización tiene una mayor estabilidad de funcionamiento que la polarización de base y de colector, gracias al efecto de la realimentación negativa y a la independencia de las mallas de base y colector. Si la ganancia de corriente del transistor aumentase, debido a un cambio de temperatura o sustitución del transistor por otro de β mayor; las corrientes de colector y emisor aumentarán también. Esto generará un aumento de la caída de tensión en R_E . Al estar la tensión de base fijada, de forma independiente, por R_1 y R_2 provocará una disminución del valor de V_{BE} . Es decir, tenderá a llevar el transistor más hacia el corte que hacia saturación.

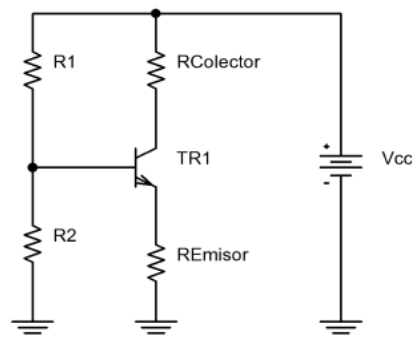


Figura 76 Circuito de polarización de emisor

3.3.1.- Ventajas

1. Impedancia de entrada media
2. Realimentación negativa

3.3.2.- Desventajas

1. Más complejo de calcular
2. Mayor número de componentes

Las mallas del circuito de base y de colector son las siguientes:

$$V_{CC} - V_{R1} - V_{BE} - (R_E \cdot I_E) = 0$$

$$V_{CC} - (R_C \cdot I_C) - V_{CE} - (R_E \cdot I_E) = 0$$

4.- RECTA DE CARGA

Las condiciones de corte y saturación pueden ser ilustradas en relación con las curvas características de colector con el uso de una recta de carga. La figura 11 muestra una recta de carga de CD trazada sobre una familia de curvas que conecta el punto de corte y el punto de saturación. La parte inferior de la recta de carga se encuentra en el punto de corte ideal donde $I_C = 0$ y $V_{CE} = V_{CC}$. La parte superior de la recta de carga se encuentra en el punto de saturación donde $I_C = I_{C(sat)}$ y $V_{CE} = V_{CE(sat)}$. Entre el punto de saturación y el punto de corte a lo largo de la recta de carga se encuentra la región activa de la operación del transistor.

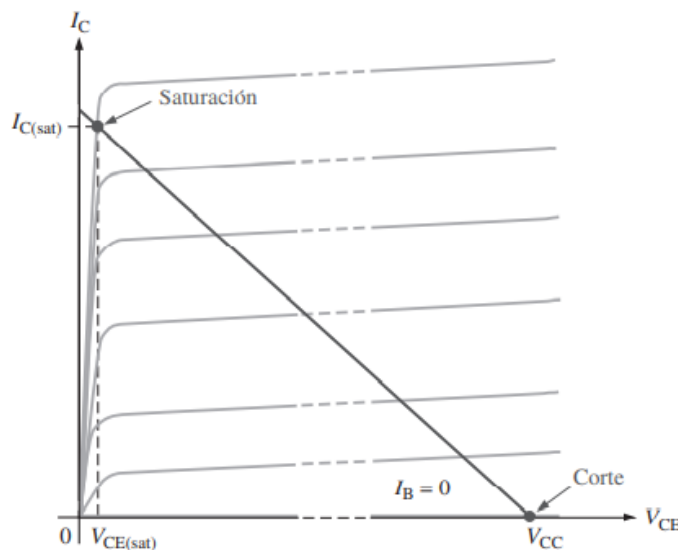


Figura 77 Recta de carga

5.- PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (HOJAS DE DATOS).

En la figura siguiente se muestra una hoja de datos parcial del transistor NPN 2N3904. Observe que el voltaje máximo en el colector con respecto al emisor (V_{CEO}) es de 40 V. El subíndice CEO indica que se mide del colector (C) al emisor (E) con la base abierta (O). En el texto se utiliza V_{CE} (máx) para este parámetro. Asimismo, observe que la corriente máxima en el colector es de 200 mA. La $\beta_{CD}(hFe)$ se especifica para varios valores de I_C . Como se puede ver, hFE varía con I_C como previamente se discutió.

El voltaje de saturación del colector al emisor, V_{CE} (máx) es de 0.2 V máximo con I_C (sat) =10 mA y se incrementa con la corriente

2N3904

 TO-92

MMBT3904

 SOT-23
 Mark: 1A

PZT3904

 SOT-223

Amplificador NPN para propósito general

Este dispositivo está diseñado como amplificador e interruptor para propósito general. El intervalo dinámico útil se extiende hasta 100 mA como interruptor y hasta 100 MHz como amplificador.

Valores nominales máximos absolutos* $T_A = 25^\circ\text{C}$ a menos que se diga lo contrario

Símbolo	Parámetro	Valor	Unidades
V_{CEO}	Voltaje colector-emisor	40	V
V_{CBO}	Voltaje colector-base	60	V
V_{EBO}	Voltaje emisor-base	6.0	V
I_C	Corriente en forma continua en el colector	200	mA
T_J, T_{stg}	Intervalo de temperatura en unión de operación y almacenamiento	-55 a +150	$^\circ\text{C}$

* Estos valores nominales son valores límite por encima de los cuales la funcionalidad de cualquier semiconductor puede verse comprometida.

NOTAS:

1) Estos valores nominales están basados en una temperatura máxima en la unión de 150°C

2) Estos son valores límite constantes. Habrá que consultar al fabricante sobre aplicaciones que impliquen operaciones pulsantes y de ciclos de trabajo liviano.

Características térmicas $T_A = 25^\circ\text{C}$ a menos que se diga lo contrario

Símbolo	Característica	Máx			Unidades
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
P_D	La disipación total en el dispositivo se reduce a más de 25°C	625 5.0	350 2.8	1,000 8.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JC}$	Resistencia térmica, entre unión y caja	83.3			$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Resistencia térmica, entre unión y ambiente	200	357	125	$^\circ\text{C/W}$

* Dispositivo montado en una tarjeta de circuito impreso FR-4 de $1.6" \times 1.6" \times 0.06"$

** Dispositivo montado en una tarjeta de circuito impreso FR-4 de $36 \text{ mm} \times 1.8 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}$, área de montaje para la terminal de conexión de colector de 6 cm^2 mínima.

Características Eléctricas T_a = 25°C a menos que se diga lo contrario					
Símbolo	Parámetro	Condiciones de prueba	Mín	Máx	Unidades
CARACTERÍSTICAS APAGADO					
V _{BRCEO}	Voltaje de ruptura en colector-emisor	I _C = 1.0 mA, I _B = 0	40		V
V _{BRCEO}	Voltaje de ruptura en colector-base	I _C = 10 µA, I _E = 0	60		V
V _{BRCEO}	Voltaje de ruptura en emisor-base	I _E = 10 µA, I _C = 0	6.0		V
I _{BL}	Corriente de corte en base	V _{CE} = 30 V, V _{EB} = 3V		50	nA
I _{CEX}	Corriente de corte en colector	V _{CE} = 30 V, V _{EB} = 3V		50	nA
CARACTERÍSTICAS ENCENDIDO*					
h _{FE}	Ganancia de corriente de cd	I _C = 0.1 mA, V _{CE} = 1.0 V	40	300	
		I _C = 1.0 mA, V _{CE} = 1.0 V	70		
		I _C = 10 mA, V _{CE} = 1.0 V	100		
		I _C = 50 mA, V _{CE} = 1.0 V	60		
		I _C = 100 mA, V _{CE} = 1.0 V	30		
V _{CE(sat)}	Voltaje de saturación en colector-emisor	I _C = 10 mA, I _B = 1.0 mA		0.2	V
		I _C = 50 mA, I _B = 5.0 mA		0.3	V
V _{BE(sat)}	Voltaje de saturación en base-emisor	I _C = 10 mA, I _B = 1.0 mA	0.65	0.85	V
		I _C = 50 mA, I _B = 5.0 mA		0.95	V
CARACTERÍSTICAS DE SEÑAL PEQUEÑA					
f _T	Producto de ganancia de corriente- ancho de banda	I _C = 10 mA, V _{CE} = 20 V, f = 100 MHz	300		MHz
C _{obo}	Capacitancia de salida	V _{CE} = 5.0 V, I _E = 0, f = 1.0 MHz		4.0	pF
C _{isa}	Capacitancia de entrada	V _{EB} = 0.5 V, I _C = 0, f = 1.0 MHz		8.0	pF
NF	Figura de ruido	I _C = 100 µA, V _{CE} = 5.0 V, R _B = 1.0kΩ, f = 10 Hz to 15.7kHz		5.0	dB
CARACTERÍSTICAS DE CONMUTACIÓN					
t _d	Tiempo de retardo	V _{CC} = 3.0 V, V _{BE} = 0.5 V,		35	ns
t _r	Tiempo de levantamiento	I _C = 10 mA, I _{B1} = 1.0 mA		35	ns
t _s	Tiempo de almacenamiento	V _{CC} = 3.0 V, I _C = 10mA		200	ns
t _f	Tiempo de caída	I _{B1} = I _{B2} = 1.0 mA		50	ns

Prueba de pulsos: Ancho de pulso ≤ 300 µs, Ciclo de trabajos 2 %

Figura 78 Hoja de datos

6.- EL TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO (FET)

El transistor de efecto de campo (FET: Field Effect Transistor) es un semiconductor de tres terminales llamados Drenador (D), Surtidor o fuente (S) y Compuerta (G), que se emplea para una amplia variedad de aplicaciones que coinciden, en gran parte, con aquellas correspondientes al transistor BJT. (CHRISTIANLOPEZ94, 2022)

Existen dos tipos de transistores de efecto de campo:

- El transistor de efecto de campo de unión (JFET).
- El transistor de efecto de campo de metal óxido semiconductor (MOSFET).

Las simbologías son,

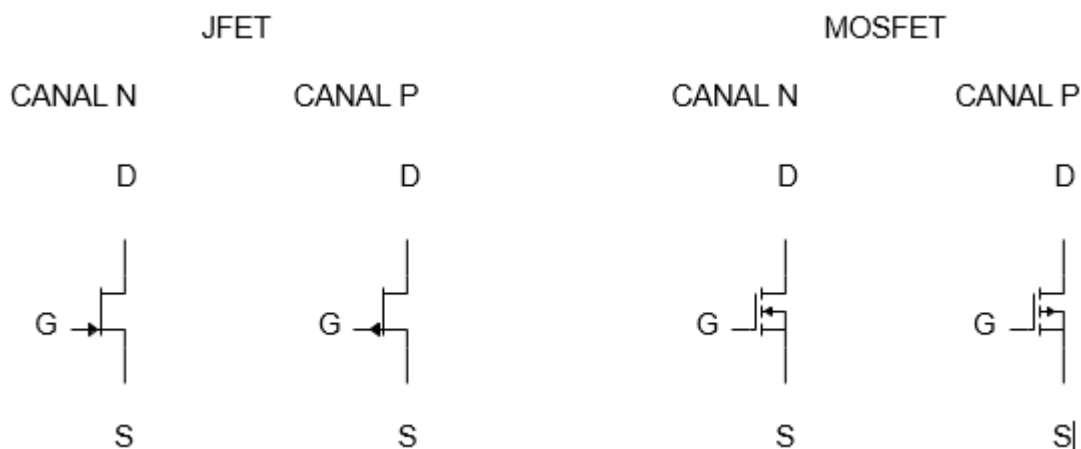


Figura 79 Símbolos del JFET y MOSFET

Para propósitos de este curso solo nos enfocaremos en los transistores JFET.



6.1.- Diferencias entre el BJT y FET

La diferencia principal entre estas dos clases de transistores es:

- El transistor de unión bipolar (BJT) es un dispositivo operado por corriente, y requiere que haya cambios de corriente en la base (IB) para producir cambios en la corriente de colector (IC).
- El transistor de efecto de campo (FET) es controlado por tensión y los cambios en tensión de la compuerta (VGS) permiten cambios en la corriente de drenado (ID).

Otras diferencias son las siguientes:

Así como hay transistores bipolares NPN y PNP, existen transistores de efecto de canal N y canal P. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el transistor BJT es un dispositivo bipolar (el prefijo bi revela que el nivel de conducción es una función de dos portadores de carga, electrones y huecos). El FET es un dispositivo unipolar que depende únicamente ya sea de la conducción por electrones (canal N) o por los huecos (canal P). El término "Efecto de campo" en el nombre elegido amerita una explicación. Todos estamos familiarizados con la habilidad de un imán permanente de atraer limaduras de metal sin necesidad de un contacto físico directo. El campo magnético, de un imán permanente actúa sobre las limaduras y las atrae hacia el imán a través de un esfuerzo por parte de las líneas de flujo magnético, para mantenerlas a tan corta distancia como sea posible. Para el FET se establece un campo eléctrico por medio de las cargas presentes que controlaran la trayectoria de conducción del circuito de salida, sin necesidad de un contacto directo entre la cantidad que controla y la que es controlada.

En general, los FET son más estables con relación a la temperatura que los BJT, y los FET son normalmente más pequeños en construcción que los BJT, haciéndolos particularmente útiles en circuitos integrados (IC). Sin embargo, las características de construcción de algunos FET pueden hacerlos más sensibles al manejo que los BJT.

Una de las características más importantes del FET es su alta impedancia de entrada. En un nivel de 1 hasta varios cientos de mega ohms ($M\Omega$), este dispositivo excederá con mucho los niveles típicos de resistencia de entrada de las configuraciones con transistores BJT, una característica muy importante en el diseño de sistemas amplificadores lineales de AC. Por otro lado, el transistor BJT tiene una sensibilidad mucho mayor a los cambios en la señal aplicada.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



En otras palabras, la variación en la corriente de salida es por lo general mucho mayor para los BJT que para los FET, con el mismo cambio en el voltaje. Por esta razón, las ganancias típicas de voltaje de AC para amplificadores BJT son mucho mayores que para FET. En general los FET son más estables con relación a la temperatura que los BJT, y los FET son normalmente más pequeños en construcción que los BJT, haciéndolos particularmente útiles en circuitos integrados (IC). Sin embargo, las características de construcción de algunos FET pueden hacerlos más sensibles al manejo que los BJT.

6.2.- Estructura y polarización

Los JFET los podemos clasificar en dos grandes grupos:

- JFET de canal n
- JFET de canal p

La figura 14a muestra la estructura básica de un JFET de canal n (transistor de efecto de campo de unión). Cada extremo del canal n tiene una terminal; el drenaje se encuentra en el extremo superior y la fuente en el inferior. Se difunden dos regiones tipo p en el material tipo n para formar un canal y ambos tipos de regiones p se conectan a la terminal de la compuerta. Por simplicidad, la terminal de la compuerta se muestra conectada sólo a una de las regiones p. En la figura 14b se muestra un JFET de canal p.

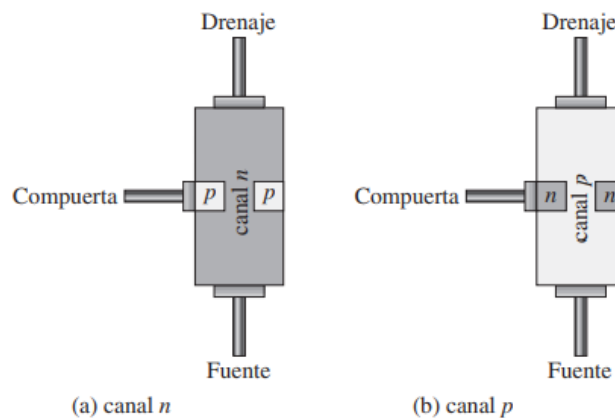


Figura 80 Estructura básica de los JFET

6.2.1.- Símbolos de JFET

Como ya se ha comentado con anterioridad se trata, en cualquier caso, de dispositivos con tres terminales cuyos símbolos aparecen representados en la figura 15.



Figura 81 Símbolos JFET

Como podemos observar, la diferencia en el símbolo entre ambos tipos reside en el sentido de la flecha del terminal de puerta (G). En el JFET de canal n el terminal de puerta se representa con una flecha entrante al dispositivo, mientras que en el de canal p es saliente. Recordar que el sentido de la flecha indica el sentido de circulación de la corriente si la unión PN correspondiente estuviera polarizada en directa.

6.2.2.- Polarización de un JFET

Para el funcionamiento más habitual, los transistores de canal n se polarizan aplicando una tensión positiva entre drenador y fuente (V_{DS}) y una tensión negativa entre puerta y fuente (V_{GS}). De esta forma, la corriente circulará en el sentido de drenador a fuente. En el caso del JFET de canal p la tensión V_{DS} a aplicar debe ser negativa y la tensión V_{GS} positiva, de esta forma la corriente fluirá en el sentido de la fuente hacia el drenador.

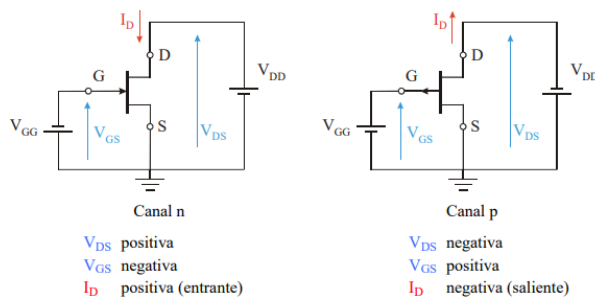


Figura 82 Polarización del JFET

A partir de ahora, y al hablar del JFET, vamos a centrarnos en el estudio del JFET de canal n, para el caso del JFET de canal p el estudio sería completamente análogo sin más que hacer los cambios que aparecen representados en la figura 16.

Para ilustrar la operación de un JFET, la figura 17 muestra los voltajes de polarización de CD aplicados a un dispositivo de canal n. V_{DD} genera un voltaje entre el drenaje y la fuente y suministra corriente del drenaje a la fuente.

VGG establece el voltaje de polarización en inversa entre la compuerta y la fuente, como se muestra.

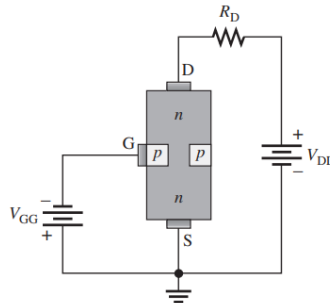


Figura 83 Polarización de un JFET

El JFET siempre opera con la unión PN de compuerta-fuente polarizada en inversa. La polarización en inversa de la unión de compuerta-fuente con voltaje negativo en la compuerta produce una región de empobrecimiento a lo largo de la unión PN, la cual se extiende hacia el canal n, y, por lo tanto, incrementa su resistencia al restringir el ancho del canal.

El ancho del canal y, consecuentemente, sus resistencias pueden controlarse variando el voltaje en la compuerta, controlando de esa manera la cantidad de corriente en el drenaje, I_D . La figura 18 ilustra este concepto. Las áreas blancas representan la región de empobrecimiento creada por la polarización en inversa, más ancha hacia el drenaje del canal porque el voltaje de polarización en inversa entre la compuerta y el drenaje es más grande que la que hay entre la compuerta y la fuente.

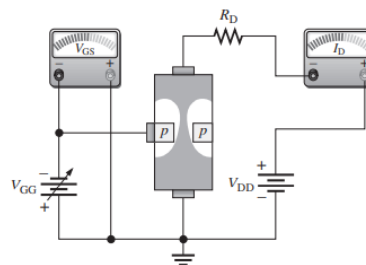


Figura 84 JFET polarizado para conducción

Con VGG pequeño el canal se ensancha (entre las áreas blancas) lo cual reduce la resistencia del canal e incrementa la I_D .

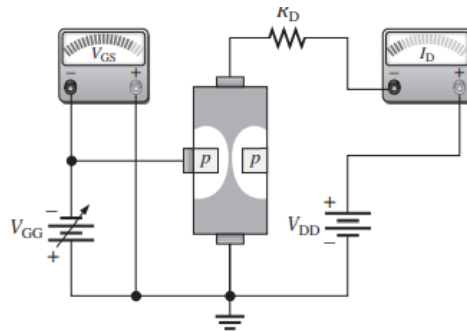


Figura 85 VGG pequeño

Con VGG grande el canal se estrecha (entre las áreas blancas) lo cual incrementa la resistencia del canal y reduce la I_D .

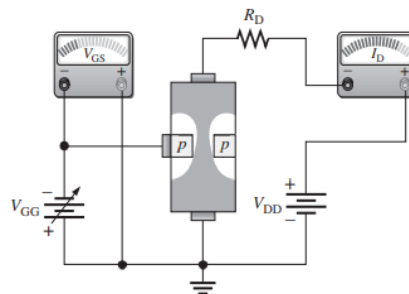


Figura 86 VGG grande

7.- CIRCUITOS DE POLARIZACIÓN

Para establecer el punto de trabajo de un dispositivo electrónico se recurre a un circuito de polarización que fije las variables correspondientes. Fijando la corriente de drenaje (I_D), la tensión puerta - fuente (V_{GS}) y la tensión drenaje - fuente (V_{DS}) se establece el punto de operación de un FET. Se debe adoptar un circuito de polarización que permita fijar estas variables de tal manera que el punto de trabajo establecido cumpla con las condiciones indicadas en la sección anterior.

El circuito de polarización inmediato para un FET es el mostrado en la figura 21. En este circuito se polariza un N-JFET utilizando dos fuentes de alimentación: VGG para polarizar la malla de entrada (fijar V_{GS}) y VDD para la malla de salida determinando una recta de carga junto con la resistencia R_D . Como la corriente de puerta es despreciable ($I_G \approx 0$) la tensión de puerta - fuente resulta idéntica a VGG.

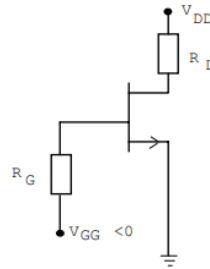


Figura 87 Polarización básica de un N-JFET

Si $V_P < V_{GSQ} = V_{GG} < 0$ y el N-JFET funciona en la zona de corriente constante, la corriente de drenaje dada por la ecuación de transferencia resulta:

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

R_G se coloca cuando se lo utiliza como amplificador (conexión fuente común) para no perder la ventaja de alta impedancia de entrada que tiene el dispositivo. La tensión V_{DS} queda fija mediante la recta de carga establecida por la malla de salida del circuito:

$$V_{DD} - v_{DS} - i_D R_D = 0$$

Este circuito es poco práctico, razón por la cual se recurre a otros circuitos de polarización que permiten utilizar una única fuente de alimentación.

7.1.- Circuito con Autopolarización

La autopolarización es el tipo de polarización de JFET más común. Recuerde que un JFET debe ser operado de tal forma que la unión compuerta-fuente siempre esté polarizada en inversa. Esta condición requiere un V_{GS} negativo para un JFET de canal n y un V_{GS} positivo para un JFET de canal p. Esto se puede lograr con la configuración de autopolarización mostrada en la figura 8-16. El resistor, R_G , en serie con la compuerta, no afecta la polarización porque en esencia no hay caída de voltaje a través de él, y por consiguiente, la compuerta permanece a 0 V. R_G se requiere sólo para hacer que la compuerta esté a 0 V y aislar una señal de CA de la tierra en aplicación de amplificador.

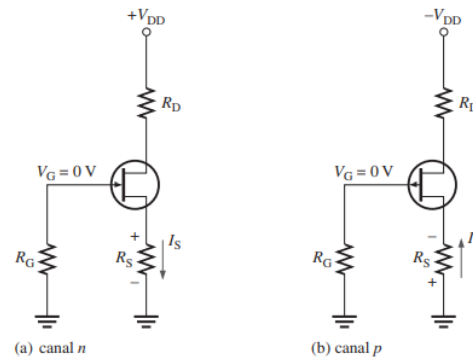


Figura 88 JFET Autopolarizado

7.2.- Polarización con divisor de voltaje

La figura 23 muestra un JFET de canal n con polarización mediante divisor de voltaje. Éste, en la fuente del JFET, debe ser más positivo que el voltaje en la compuerta para mantener la unión compuerta-fuente polarizada en inversa.

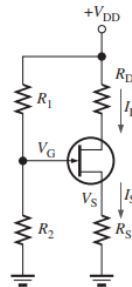


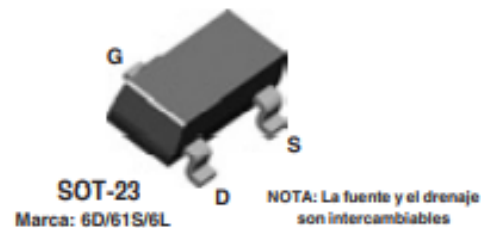
Figura 89 JFET de canal n con polarización mediante divisor de voltaje

8.- PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (HOJAS DE DATOS)

En las siguientes tablas se muestra como ejemplo las características eléctricas, térmicas y los parámetros que componen a estos transistores JFET.

2N5457
2N5458
2N5459

MMBF5457
MMBF5458
MMBF5459



Amplificador de canal-n para propósito general

Este dispositivo es un amplificador de audio de bajo nivel y transistores de conmutación y puede ser utilizado para aplicaciones de conmutación.
Procedente del proceso 55.

Valores nominales máximos absolutos*

TA = 25°C a menos que se indique lo contrario.

Símbolo	Parámetro	Valor	Unidades
V_{DS}	Voltaje drenaje-compuerta	25	V
V_{GS}	Voltaje compuerta-fuente	-25	V
I_{GS}	Corriente en compuerta en polarización en directa	10	mA
T_J, T_{stg}	Intervalo de temperatura de unión de operación y almacenamiento	-55 a +150	°C

*Estos valores nominales son valores límite por encima de los cuales la funcionalidad de cualquier semiconductor puede verse comprometida.

NOTAS

- 1) Estos valores nominales están basados en una temperatura máxima en la unión de 150 grados.
- 2) Estos son límites en estado permanente. Se deberá consultar al fabricante sobre aplicaciones que impliquen operaciones pulsantes y de ciclos de trabajo de bajo nivel.



Características térmicas

TA = 25°C a menos que se indique lo contrario.

Symbol	Característica	Máx		Unidades
		2N5457-5459	*MMBF5457-5459	
P _D	Disipación total del dispositivo Reducción de valores nominales por encima de 25°C	625 5.0	350 2.8	mW mW/°C
R _{θJC}	Resistencia térmica, entre unión y cápsula	125		°C/W
R _{θJA}	Resistencia térmica, entre la unión y el medio ambiente	357	556	°C/W

* Dispositivo montado en FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06."

Características eléctricas

TA = 25°C a menos que se indique lo contrario

Símbolo	Parámetro	Condiciones de prueba	Mín.	Típ.	Máx.	Unidades
---------	-----------	-----------------------	------	------	------	----------

CARACTERÍSTICAS APAGADO

V _{(BR)SS}	Voltaje de ruptura entre compuerta y fuente	I _G = 10 µA, V _{DS} = 0	- 25			V
I _{SS}	Corriente inversa en la compuerta	V _{GS} = -15 V, V _{DS} = 0			- 1.0	nA
		V _{GS} = -15 V, V _{DS} = 0, T _A = 100°C			- 200	nA
V _{GS(ort)}	Voltaje de corte entre compuerta y fuente	V _{DS} = 15 V, I _D = 10 nA	5457 5458 5459	- 0.5 - 1.0 - 2.0	- 6.0 - 7.0 - 8.0	V V V
V _{GS}	Voltaje entre la compuerta y fuente	V _{DS} = 15 V, I _D = 100 µA	5457	- 2.5		V
		V _{DS} = 15 V, I _D = 200 µA	5458	- 3.5		V
		V _{DS} = 15 V, I _D = 400 µA	5459	- 4.5		V

CARACTERÍSTICAS ENCENDIDO

I _{SS}	Corriente en drenaje con voltaje cero en la compuerta*	V _{DS} = 15 V, V _{GS} = 0	5457 5458 5459	1.0 2.0 4.0	3.0 6.0 9.0	5.0 9.0 16	mA mA mA
-----------------	---	---	----------------------	-------------------	-------------------	------------------	----------------

CARACTERÍSTICAS DE SEÑAL PEQUEÑA

g _{fs}	Conductancia de transferencia en polarización en directa*	V _{DS} = 15 V, V _{GS} = 0, f = 1.0 kHz	5457 5458 5459	1000 1500 2000		5000 5500 6000	µmhos µmhos µmhos
g _{os}	Conductancia de salida*	V _{DS} = 15 V, V _{GS} = 0, f = 1.0 kHz			10	50	µmhos
C _{iss}	Capacitancia de entrada	V _{DS} = 15 V, V _{GS} = 0, f = 1.0 MHz			4.5	7.0	pF
C _{rss}	Capacitancia de transf. con polarización inversa	V _{DS} = 15 V, V _{GS} = 0, f = 1.0 MHz			1.5	3.0	pF
NF	Figura de ruido	V _{DS} = 15 V, V _{GS} = 0, f = 1.0 kHz, R _G = 1.0 megohm, BW = 1.0 Hz				3.0	dB

* Prueba de pulso: Ancho de pulso ≤ 300 ms, Ciclo de trabajo ≤ 2%.

Figura 90 Hoja de datos de transistores de uso común

9.- PRUEBA DE UN TRANSISTOR CON UN MULTÍMETRO DIGITAL

Se puede utilizar un multímetro digital para comprobar fácil y rápidamente si las uniones de un transistor están abiertas o en cortocircuito. Para esta prueba se puede considerar el transistor como dos diodos conectados, como lo muestra la figura 25 tanto en el caso de transistores npn como pnp. La unión base-colector es un diodo y la unión base-emisor es el otro. Recuérdese que un diodo bueno mostrará una resistencia extremadamente alta (o abierto) con polarización en inversa y una resistencia muy baja con polarización en directa. Un diodo abierto defectuoso mostrará una resistencia extremadamente alta (o abierto) tanto con polarización en directa como inversa. Un diodo resistivo o con un cortocircuito mostrará muy baja tanto con polarización en directa como con polarización en inversa. Un diodo abierto es el mismo tipo común de falla. Como las uniones pn de un transistor realmente son diodos, las mismas características básicas se les aplican.

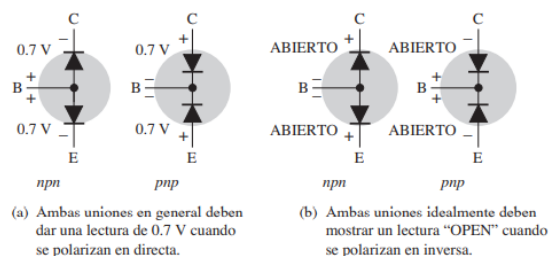


Figura 91 Transistor visto como dos diodos

9.1.- Posiciones de prueba en un diodo con el multímetro digital

La mayoría de los multímetros digitales (DMM) disponen de la función diode test (prueba de diodo) que permite probar de forma conveniente un transistor. Un multímetro digital, como muestra la figura 26, tiene un pequeño símbolo de diodo para señalar la posición del selector de funciones. Cuando se coloca para probar un diodo, el medidor proporciona un voltaje interno suficiente para polarizar en directa y en inversa una unión de transistor.



Figura 92 Multímetro digital con función "diode test"

9.2.- Cuando el transistor no está defectuoso

En la figura 27, el cable positivo (rojo en cualquier multímetro) del medidor se conecta a la base de un transistor npn y el negativo (negro en cualquier multímetro) se conecta al emisor para polarizar en directa la unión base-emisor. Si la unión está bien, se tendrá una lectura de entre aproximadamente 0.6 y 0.8 V, con 0.7 V típico como lectura al estar polarizado en directa.

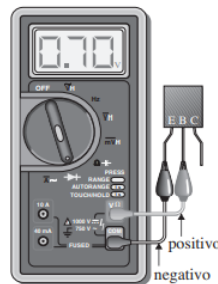


Figura 93 Prueba de polarización en directa de la unión BE

En la figura 28, las puntas están cambiadas para polarizar la unión base-emisor en inversa, como se muestra. Si el transistor está funcionando apropiadamente, en general se obtendrá una indicación OL.

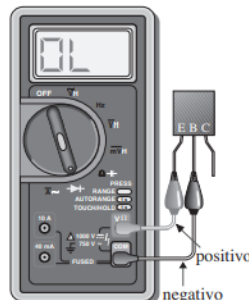


Figura 94 Prueba de polarización en inversa de la unión BE

El proceso que se acaba de describir se repite para la unión base-colector, como muestra la figura 29. Para un transistor pnp, las polaridades de los cables del medidor se invierten para cada prueba.

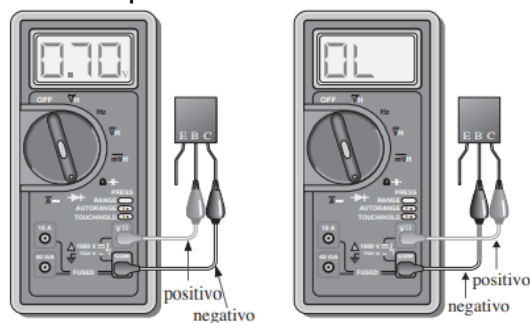


Figura 95 Prueba de polarización en directa e inversa de la unión BC

9.3.- Cuando el transistor está defectuoso

Cuando un transistor falla por una unión o conexión interna abierta, se obtiene una lectura de voltaje de circuito abierto (OL) tanto en la condición de polarización en directa como en la condición de polarización en inversa de dicha unión, como se ilustra en la figura 30. Si una unión está en cortocircuito, el medidor lee 0 V tanto en la prueba de polarización en directa como en la de polarización en inversa, como se indica en la segunda figura.

Algunos multímetros digitales cuentan con un receptáculo de prueba en su panel frontal para probar un transistor en lo que respecta al valor del hFE. Si el transistor se inserta incorrectamente en el receptáculo o si no está funcionando apropiadamente a causa de una unión o conexión interna defectuosa, una medición típica mostrará un 1 destellando o un 0. Si el valor de β_{CD} dentro del intervalo normal del transistor específico aparece en pantalla, el dispositivo está funcionando apropiadamente. El intervalo normal de β_{CD} se determina con la hoja de datos.

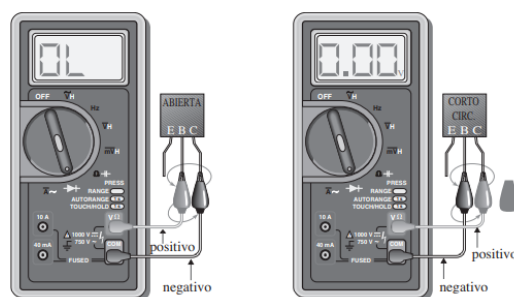


Figura 96 Prueba de un transistor npn defectuoso, las puntas de prueba se invierten para un transistor pnp



9.4.- Verificación de un transistor con la función OHM (medición de resistencia)

Los multímetros digitales que no cuentan con la posición de prueba de diodo o con un receptáculo hFE pueden ser utilizados para probar un transistor en busca de uniones abiertas o en cortocircuito colocando el selector de funciones en la posición OHM. Para la verificación de polarización en directa de una unión pn de un transistor en buenas condiciones, se tendrá una lectura de resistencia que puede variar de acuerdo con la batería interna del medidor. Muchos multímetros digitales no disponen de suficiente voltaje en la función OHM como para polarizar a en directa una unión completamente y se puede tener una lectura desde varios cientos hasta varios miles de ohms.

Para la verificación de polarización en inversa de un transistor en buenas condiciones, se tendrá una indicación fuera de intervalo en la mayoría de los multímetros digitales, porque la resistencia con polarización en inversa es demasiado alta para medirla. Una indicación fuera de intervalo puede ser un 1 destellando o una serie de guiones, según el multímetro digital particular.

Aun cuando es posible que no se tengan lecturas precisas de resistencia con polarización en directa e inversa en un multímetro digital, las lecturas relativas bastan para indicar que funcione apropiadamente la unión pn de un transistor. La indicación fuera de intervalo muestra que la resistencia en inversa es muy alta como se esperaba. La lectura de unos cientos a unos cuantos miles de ohms para polarización en directa indica que la resistencia con polarización en directa es pequeña comparada con la resistencia en inversa, como se esperaba.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





CONCLUSIONES

La realización de este proyecto ayudo mucho en el ámbito profesional ya que se pudieron comparar y plasmar los conocimientos adquiridos durante la estancia en la carrera, además de que el curso fomenta a que se conozcan las bases fundamentales en las cuales se basa la electrónica, también se pudo lograr comprender que la electrónica que la electrónica engloba muchas áreas de estudio y análisis como lo son física así como también electricidad y sin dejar de lado el razonamiento matemático, todo esto con el fin de demostrar el principio e funcionamiento de los elementos más comunes que se utilizan en circuitos electrónicos.

Esta información que se presenta en este curso es de suma importancia puesto que a pesar de que la mayor parte consta de teoría, es bueno resaltar que los conocimientos que se tenga de los conceptos básicos de los diferentes temas que abarca el curso nos ayudara para comprender conceptos y planteamientos que se lleguen ver en ramas más avanzadas de la electrónica.

Los temas que se abarcan dentro de este curso serán de mucha utilidad para cualquier persona que tenga interés en desarrollarse dentro de cualquiera de las ramas que tiene la propia electrónica puesto que brinda conceptos que son entendibles y digeribles, ya que contara con los fundamentos más básicos de la electrónica.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





COMPETENCIAS DESARROLADAS Y/O APLICADAS

1. Este proyecto fue de gran importancia para reforzar algunos temas ya estudiados anteriormente, como por ejemplo conceptos de física básica, así como también algunas leyes que se aplican en circuitos eléctricos y electrónicos adicional a eso se reforzaron algunos temas como por ejemplo el principio de funcionamiento de algunos de los dispositivos electrónico más comunes.
2. Se aplicaron conocimientos adquiridos durante la carrera, conocimientos que ya teníamos y se habían visto y con la ayuda de este proyecto se resolvieron algunas de las dudas que se presentaron en su momento en la carrera, y de igual manera cuando se realizó el proyecto.
3. La realización de este curso sirvió de gran ayuda puesto que me enseñó a ser más autodidacta y discernir de manera personal los temas planteados, así como razonar las dudas que se presentaron.



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





FUENTES DE INFORMACION

- 56, E. (15 de ENERO de 2022). *ELECTRONICA 56*. Obtenido de https://electronica56.webnode.es/_files/200000010-bd622be5e4/Electronica%20-%20Unidad%203.pdf
- CEAC. (7 de NOVIEMBRE de 2021). *CEAC*. Obtenido de <https://www.ceac.es/blog/cual-es-la-diferencia-entre-electricidad-y-electronica>
- CHRISTIANLOPEZ94. (17 de ENERO de 2022). *CHRISTIANLOPEZ94*. Obtenido de <https://christianlopez94.wordpress.com/2015/06/03/polarizacion-de-jfet/>
- COMPLETA, E. (15 de NOVIEMBRE de 2021). *ELECTRONICA COMPLETA*. Obtenido de <https://electronicaCompleta.com/leyes-de-kirchhoff/?sfw=pass1648530887>
- ELECTRONICA. (3 de DICIEMBRE de 2021). *ELECTRONICA ONLINE*. Obtenido de <https://electronicaonline.net/componentes-electronicos/inductor/>
- Fernández, J. L. (1 de DICIEMBRE de 2021). *FISICALAB*. Obtenido de <https://www.fisicalab.com/apartado/asociacion-de-condensadores#:~:text=Asociaci%C3%B3n%20de%20condensadores&text=Principalmente%20los%20condensadores%20se%20pueden,asociar%20un%20conjunto%20de%20ellos>
- Floyd, T. L. (2021). *DISPOSITIVOS ELECTRONICOS*. ESTADO DE EXICO: Pearson.
- LATAM, M. (10 de ENERO de 2022). *MECATRONICA LATAM*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/componentes-electronicos/diodo/>
- LeDuc, J. (10 de ENERO de 2022). *DIGI-KEY ELECTRONICS*. Obtenido de <https://www.digikey.com.mx/es/articles/transistor-basics>
- López, F. A. (12 de NIVIEBRE de 2021). *RESISTENCIAS*. Obtenido de <http://fresno.pntic.mec.es/~fagl0000/clasificacion.htm#C%C3%B3digo%20de%20colores>
- Malvino, A. P. (2021). *PRINCIPIOS DE LA ELECTRONICA-SEXTA EDICION*. 8: McGRAW-HILYINTERAMERICANA DE ESPANA, S. A. U.
- Martínez, A. (8 de NOVIEMBRE de 2021). *CONCEPTO DEFINICION*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/electricidad/>
- Mecafenix, I. (6 de ENERO de 2022). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electronica/diodo-semiconductor/>
- Obando, L. F. (6 de DICIEMBRE de 2021). *dademuchconnection*. Obtenido de <https://dademuch.com/2020/05/09/circuitos-con-inductores-bobinas-en-paralelo-o-en-serie-equivalencia-ejemplos/>
- ONLINE, E. (20 de NOVIEMBRE de 2021). *ELECTRONICA ONLINE*. Obtenido de <https://electronicaonline.net/componentes-electronicos/condensador/>
- PAGUAYO. (NOVIEMBRE 14 de MAYO de 2022). *MCI CAPACITACION*. Obtenido de <https://cursos.mcielectronics.cl/2019/06/18/divisor-de-voltaje/>



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Planas, O. (10 de NOVIEMBRE de 2021). *ENERGIA NUCLEAR*. Obtenido de <https://energia-nuclear.net/energia/energia-potencial/energia-potencial-electrica>

QUIMICA.ES. (7 de NOVIEMBRE de 2022). *QUIMICA.ES*. Obtenido de https://www.quimica.es/enciclopedia/Materia.html#Concepto_F.C3.ADsico

R., P. J. (22 de NOVIEMBRE de 2021). *COMO FUNCIONA*. Obtenido de <https://como-funciona.co/un-condensador/>

SABATER, A. S. (2021). *FISICA BASICA PARA INGENIEROS*. VALENCIA ESPAÑA: UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA.

Tecnologia, A. (22 de Noviembre de 2021). *Area Tecnologia*. Obtenido de Area Tecnologia: <https://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/CALCULO%20CIRCUITOS%20ELECTRICOS.htm>



Carretera Apizaco-Tzompantepec, esquina con Av.
Instituto Tecnológico S/N, Conurbado Apizaco-
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P.90300
Tel. (241) 4172010, e-mail: dep@apizaco.tecnm.mx

tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx

