

Unidad I: Electrónica analógica

1.1. Corriente alterna y corriente directa

1.1.1. Características

Corriente eléctrica

Es un flujo ordenado de electrones que atraviesa un material moviéndose en una misma dirección conforme saltan de un átomo a otro átomo. Para lograr este movimiento de electrones, es necesaria una diferencia de potencial eléctrico, generada habitualmente por una fuente de tensión.

Corriente directa

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), tal como ocurre en las baterías, las dinamos o en cualquier otra fuente generadora de ese tipo de corriente eléctrica.

Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente constante (por ejemplo la suministrada por una batería), es corriente continua toda aquella que mantenga siempre la misma polaridad.

Corriente Alterna

Corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente. Se denomina corriente alterna (abreviada CA en español y AC en inglés, de Alternating Current) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. Sin embargo, en ciertas aplicaciones se utilizan otras formas de onda periódicas, tales como la triangular o la cuadrada. Utilizada genéricamente, la CA se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las

empresas. Sin embargo, las señales de audio y de radiotransmitidas por los cables eléctricos, son también ejemplos de corriente.

1.1.2. Generación de corriente en CA y CD

El generador de corriente alterna es un dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. El generador más simple consta de una espira rectangular que gira en un campo magnético uniforme. El movimiento de rotación de las espiras es producido por el movimiento de una turbina accionada por una corriente de agua en una central hidroeléctrica, o por unchorro de vapor en una central térmica. En el primer caso, una parte de la energía potencial agua embalsada se transforma en energía eléctrica; en el segundo caso, una parte de la energía química se transforma en energía eléctrica al quemar carbón u otro combustible fósil.

Cuando la espira gira, el flujo del campo magnético a través de la espira cambia con el tiempo. Se produce una fem. Los extremos de la espira se conectan a dos anillos que giran con la espira, tal como se ve en la figura. Las conexiones al circuito externo se hacen mediante escobillas estacionarias en contacto con los anillos. Si conectamos una bombilla al generador veremos que por el filamento de la bombilla circula una corriente que hace que se ponga incandescente, y emite tanta más luz cuanto mayor sea la velocidad con que gira la espira en el campo magnético.

1.2. Dispositivos pasivos

Dispositivos pasivos

Un elemento pasivo es aquel que no es capaz de entregar potencia al circuito en el cual está conectado. Los elementos pasivos son:

- Resistencia o resistor
- Condensador o capacitor

- Bobina o inductor

1.2.1. Características

Dentro de las características generales que tienen los elementos pasivos se encuentran:

- Tienen un par de terminales.
- No pueden ser subdivididos en otros elementos simples.
- Tienen una relación única de voltaje y corriente en sus terminales la cual los caracterizan.
- Son los elementos que absorben o consumen energía,
- La potencia es positiva.

1.2.2. Técnicas de solución en circuitos RLC

Existen diferentes técnicas de solución para los circuitos RLC, para darle solución a este tipo de circuitos, es necesario estudiar la ley de Ohm y las leyes de Kirchoff. La ley de Ohm, relaciona al voltaje con la corriente eléctrica y la resistencia, las leyes de Kirchoff son necesarias para analizar circuitos más complejos donde presentan n mallas y k nodos.

Ley de Ohm George Simon Ohm, descubrió en 1827 que la corriente en un circuito de corriente continua varía directamente proporcional con la diferencia de potencial, e inversamente proporcional con la resistencia del circuito. La ley de Ohm, establece que la corriente eléctrica (I) en un conductor o circuito, es igual a la diferencia de potencial (V) sobre el conductor (o circuito), dividido por la resistencia (R) que opone al paso, él mismo. La ley de Ohm se aplica a la totalidad de un circuito o a una parte o conductor del mismo.

1.2.3. Aplicaciones

Dentro de las aplicaciones que se pueden realizar con los dispositivos pasivos, es la creación de filtros pasivos, estos serán los que atenuarán la señal en mayor o menor grado; Se implementan con componentes pasivos como condensadores, bobinas y resistencias. Cabe mencionar que todos los circuitos que se encuentran

en el mercado, cuentan con estos componentes, los cuales son imprescindibles para el desarrollo de la tecnología que se tiene hasta el momento .

1.3. Dispositivos activos

La gran diferencia que existe entre los dispositivos pasivos y los activos, es que en el caso de los pasivos son aquellos que reciben energía y los activos son los que generan energía, generalmente los dispositivos activos, están compuestos de la unión de varios elementos pasivos, a los dispositivos activos los podemos clasificar:

- Fuentes Independientes de Corriente:
 - Mantienen una corriente específica Independientemente del voltaje a través de sus terminales.
- Fuentes Independientes de Voltaje:
 - Mantienen un voltaje específico independientemente de la corriente que pase por sus terminales.
- Fuentes Dependientes:
 - Su salida depende de algún voltaje o corriente de alguna parte del circuito.

1.3.1. Características de semiconductores

Algunos materiales de estructura cristalina tienen características eléctricas intermedias entre los materiales conductores y los aislantes, las que en condiciones ordinarias pueden presentar propiedades correspondientes a uno u otro grupo, y se les conoce con el nombre de materiales semiconductores. Inicialmente los semiconductores se definieron como materiales peor conductor que los metales, pero mejor que los aislantes. Más tarde fueron definidos como materiales cuya conductividad aumenta con la temperatura. Posteriormente se los

definió como conductores electrónicos cuyo número de electrones libres varía con la temperatura.

1.3.1.1. Estructura eléctrica del Silicio

Es el elemento semiconductor más utilizado en la fabricación de los componentes electrónicos de estado sólido, esto debido a que después del oxígeno es el elemento más abundante en la superficie terrestre (27,7% en peso).

El silicio, a diferencia del carbono, no existe en forma libre en la naturaleza, se encuentra en forma de dióxido de silicio (sílice) y de silicatos complejos. Sílice: arena, cuarzo, amatista, ágata, pedernal y ópalo, Silicatos complejos: granito, feldespato, arcilla, y mica.

1.3.1.2. Estructura eléctrica del Germanio

El germanio es un metal frágil, de color agrisado, muy brillante, en alguna de sus propiedades se parece al carbón y en otras al estaño. El germanio se encuentra muy distribuido en la corteza terrestre con una abundancia de 6.7 partes por millón (ppm). El germanio se halla como sulfuro o está asociado a los sulfuros minerales de otros elementos, como el cobre, zinc, plomo, estaño y antimonio. También se lo obtiene de las cenizas de carbón. El primer dispositivo de estado sólido, fue hecho de germanio. Los cristales especiales de germanio se usan como sustrato para el crecimiento en fase vapor de películas finas de GaAs y GaAsP en algunos diodos emisores de luz. Se emplean lentes y filtros de germanio en aparatos que operan en la región.

1.3.1.3. Materiales tipo N y tipo P

Un semiconductor se puede dopar para que tenga un exceso de electrones libres o un exceso de huecos. Debido a ello existen dos tipos de semiconductores dopados. Los semiconductores tipo N y tipo P

Semiconductor tipo N El silicio que ha sido dopado con una impureza pentavalente se llama semiconductor tipo N, donde n hace referencia a negativo. En la Figura 39 se muestra un semiconductor tipo n. Como los electrones superan a los huecos en un semiconductor tipo N, reciben el nombre de portadores mayoritarios, mientras que a los huecos se les denomina portadores minoritarios.

Semiconductor tipo P

El silicio ha sido dopado con impurezas trivalentes se llama semiconductor tipo P donde la p hace referencia a positivo. La Figura 41 representa a un semiconductor tipo P. Como el número de huecos supera al número de electrones libres, los huecos son los portadores mayoritarios y los electrones libres son los minoritarios. Al aplicarse una tensión, los electrones libres se mueven hacia la izquierda y los huecos lo hacen hacia la derecha. En la Figura 42, los huecos que llegan al extremo derecho del cristal se re combinan con los electrones libres del circuito externo. En el diagrama de la Figura 43 hay también un flujo de portadores minoritarios. Los electrones libres dentro del semiconductor circulan de derecha a izquierda.

1.3.2. Dispositivos semiconductores

Los semiconductores tipo p y tipo n separados no tienen mucha utilidad, pero si un cristal se dopa de tal forma que una mitad sea tipo N y la otra mitad de tipo P, esa unión PN tiene unas propiedades muy útiles y entre otras cosas forman los "Diodos".

El átomo pentavalente en un cristal de silicio (Si) produce un electrón libre y se puede representar como un signo "+" encerrado en un círculo y con un punto relleno (que sería el electrón) al lado. El átomo trivalente sería un signo "-" encerrado en un círculo y con un punto sin rellenar al lado (que simbolizaría un hueco). La unión de las regiones p y n será como se observa en la figura 44. Al juntar las regiones tipo p y tipo n se crea un "Diodo de unión" o "Unión PN".

Unión PN polarizada en directo Si se polariza la unión PN en sentido directo, es decir, el polo positivo de la pila a la región P y el polo negativo a la región N, la tensión U de la pila contrarresta la «barrera de potencial» creada por la distribución espacial de cargas en la unión, desbloqueándola, y apareciendo una circulación de electrones de la región N a la región P y una circulación de huecos en sentido contrario.

Tenemos así una corriente eléctrica de valor elevado, puesto que la unión PN se hace conductora, presentando una resistencia eléctrica muy pequeña.

1.3.2.1. Diodos

Los diodos constan de dos partes, una llamada N y la otra llamada P, separados por una juntura llamada barrera o unión. Esta barrera o unión es de 0.3 voltios en el diodo de germanio y de 0.6 voltios aproximadamente en el diodo de silicio. El diodo al no ser polarizado tiene las siguientes características

1.3.2.1.1. LED

El LED es un tipo especial de diodo, que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica, emite luz. Existen diodos LED de varios colores que dependen del material con el cual fueron construidos. Hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar, infrarrojo, entre otros.

1.3.2.1.2. Rectificadores

Un diodo rectificador es uno de los dispositivos de la familia de los diodos más sencillos. El nombre diodo rectificador” procede de su aplicación, la cual consiste en separar los ciclos positivos de una señal de corriente alterna.

Si se aplica al diodo una tensión de corriente alterna durante los medios ciclos positivos, se polariza en forma directa; de esta manera, permite el paso de la corriente eléctrica. Pero durante los medios ciclos negativos, el diodo se polariza de manera inversa; con ello, evita el paso de la corriente en tal sentido.

1.3.2.1.3. Zener

El diodo zener es un tipo especial de diodo, que a diferencia del funcionamiento de los diodos comunes, como el diodo rectificador (en donde se aprovechan sus características de polarización directa y polarización inversa) siempre se utiliza polarizado inversamente.

1.3.2.2. Transistores

El desarrollo de la electrónica y de sus múltiples aplicaciones fue posible gracias a la invención del transistor, ya que este superó ampliamente las dificultades que presentaban sus antecesores, las válvulas. En efecto, las válvulas, inventadas a principios del siglo XX, habían sido aplicadas exitosamente en telefonía como amplificadores y posteriormente popularizadas en radios y televisores. Sin embargo, presentaban inconvenientes que tornaban impracticables algunas de las aplicaciones.

1.3.2.2.1. Bipolares

Los transistores están constituidos por tres partes esenciales; se trata de un arreglo de tres capas de material semiconductor: dos de un tipo de material a los lados de otra del material complementario. Existen dos versiones principales de transistores, por el material que los constituye: N P N, y P N P; cada una de las capas de material con características muy distintas a las otra dos. Las diferencias son en dopado, tamaño y forma.

1.3.2.2.2. FET

- Los transistores más conocidos son los llamados bipolares (NPN y PNP), llamados así porque 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 los que se encuentra su impedancia de entrada bastante baja. Existen unos dispositivos que eliminan este inconveniente en particular y que pertenece a la familia de dispositivos en los que existe un solo tipo de portador de cargas, y por tanto, son unipolares.

1.3.2.2.3. MOSFET

MOSFET son las siglas de “Metal Oxide Semiconductor Field Effect” Transistor. Consiste en un transistor de efecto de campo basado en la estructura MOS. Es el transistor más utilizado en la industria microelectrónica. Prácticamente la totalidad de los procesadores comerciales están basados en transistores MOSFET. Un transistor MOSFET consiste en un sustrato de material semiconductor dopado.

1.3.2.3. Tiristores

Los tiristores son dispositivos especialmente populares en Electrónica de Potencia. Son sin duda los dispositivos electrónicos que permiten alcanzar potencias más altas, son dispositivos realmente robustos.

1.3.2.3.1. SCR

El miembro más importante de la familia de los tiristores es el tiristor de tres terminales, conocido también como el rectificador controlado de silicio o SCR. Este dispositivo lo desarrolló General Electric en 1958 y lo denominó SCR. El nombre de tiristor lo adoptó posteriormente la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

1.3.2.3.2. SCS

Es similar en cuanto a construcción al SCR. La diferencia está en que posee dos terminales de puerta, uno para entrar en conducción y otro para corte.

1.3.2.3.3. DIAC

Es un tipo de tiristor que puede conducir en los dos sentidos. Es un dispositivo de dos terminales que funciona básicamente como dos diodos Shockley que conducen en sentidos opuestos. La curva de funcionamiento refleja claramente el comportamiento del DIAC, que funciona como un diodo Shockley tanto en polarización directa como en inversa.

1.3.2.3.4. TRIAC

Es un dispositivo que se comporta como dos SCR conectados en contraposición, con una compuerta de paso común; puede ir en cualquier dirección desde el momento en que el voltaje de ruptura se sobrepasa.

1.3.3. Técnicas de diseño con semiconductores

Las técnicas de diseño de los semiconductores se abordaron en la sección del diseño de los materiales N y P.

1.3.4. Aplicaciones con semiconductores

A partir de la década de 1950, los dispositivos semiconductores conocidos también como dispositivos de estado sólido remplazaron los tubos electrónicos de la industria tradicional.

1.3.4.1. Rectificadores

Uno de los usos más frecuentes estos diodos de unión p -n es convertir corriente alterna en corriente continua, lo que se conoce como rectificación. Dependiendo de las características de la alimentación en corriente alterna que emplean, se les clasifica en monofásicos, cuando están alimentados por una fase de la red eléctrica, o trifásicos cuando se alimentan por tres fases.

1.3.4.2. Amplificadores

El transistor bipolar es un amplificador de corriente, esto quiere decir que si le introducimos una cantidad de corriente por una de sus patillas (base), el entregará por otra (emisor), una cantidad mayor a ésta, en un factor que se llama amplificación. Este factor se llama β (beta) y es un dato propio de cada transistor.

1.3.4.3. Conmutadores

Cuando un transistor se utiliza como interruptor o switch, la corriente de base debe tener un valor para lograr que el transistor entre en corte y otro para que entre en saturación. Un transistor en corte tiene una corriente de colector (I_c) mínima (prácticamente igual a cero) y un voltaje colector emisor VCE) máximo (casi igual al voltaje de alimentación).

1.3.4.4. Fuentes de voltaje

Todo dispositivo que crea una diferencia de potencial se conoce como una fuente de voltaje. Las celdas o pilas secas, las pilas húmedas y los generadores son capaces de mantener un flujo constante.

1.4. Amplificadores operacionales

El Amplificador Operacional como CI, introducido por el fabricante Fairchild en 1968 ($\mu A741$), se convirtió en el estándar de la industria. El Amplificador Operacional es un amplificador de voltaje con ganancia de voltaje extremadamente alta.

1.4.1. Configuraciones

Existen diferentes configuraciones que se pueden realizar con los amplificadores operacionales, las configuraciones más básicas son dos, que a partir de ellas surgen configuraciones más complejas, estas son el amplificador inversor y el no inversor, que a continuación se analizarán. Amplificador no inversor.

1.4.1.1. Seguidor unitario

Si se hace $R1 = \infty$ y $R2 = 0$, en el amplificador No Inversor, se convierte en el amplificador de ganancia unitaria, o seguidor de voltaje. Su principal aplicación es como acople de Impedancia, puesto que en la entrada se presenta como un circuito abierto y en la salida se ve un cortocircuito hacia una fuente de valor $v_o = v_i$.

1.4.1.2. Comparador

En un circuito electrónico, se llama comparador a un amplificador operacional en lazo abierto (sin realimentación entre su salida y su entrada) y suele usarse para comparar una tensión variable con otra tensión fija que se utiliza como referencia.

1.4.1.3. Multiplicador

1.4.1.4. Sumador

El Amplificador Sumador puede tener varias Entradas y una Salida

1.4.1.5. Restador

El Amplificador de Diferencias tiene Dos entradas y una Salida. Es posible encontrar el voltaje de salida, v_o , por medio del principio de Superposición como:

1.4.1.6. Integrador

La salida es el producto de una constante por la integral de la señal de entrada. La relación entrada-salida del circuito Integrador se obtiene haciendo $i_R = -i_C$, así:

1.4.2. Aplicaciones

Las aplicaciones que pueden tener los amplificadores operacionales son bastas, como ya se analizo en sus configuraciones, a demás de estas, se pueden construir, convertidores de corriente-voltaje y viceversa, convertidores de frecuencia- voltaje y viceversa, filtros pasa bajas, filtro pasa altas, limitadores y rectificadores de media onda, osciladores de relajación, convertidor análogo digital y digital a análogo, entre otros dispositivos.