

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE AVIÓNICA

**“IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE
ELECTRÓNICA EN EL ITSA MEDIANTE LA
CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS PARA TRABAJAR CON
DIODOS SEMICONDUCTORES Y ELABORACIÓN DE
GUÍAS DE LABORATORIO”**

POR:

SIZA MONTALVO, MARCO y TORRES CHAPACA, OSCAR

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO**

PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE:

TECNOLOGO EN AVIÓNICA

2002

INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos más importantes para alcanzar el desarrollo científico y tecnológico es la formación de personas con sentido analítico y práctico dentro de su área de trabajo por lo que el presente proyecto ha sido desarrollado tomando en cuenta esta consideración ya que durante la investigación y el desarrollo de las diferentes prácticas en el Laboratorio de Electrónica con diodos semiconductores, con la ayuda de los entrenadores se entenderá tanto los conceptos relacionados a la teoría, como al funcionamiento real de lo antes mencionado.

Es por eso que se ha visto la necesidad de poner al alcance de todos desde el aficionado hasta el profesional, el entrenador para trabajar en diodos semiconductores y sus respectivas bases esenciales suficientemente desarrolladas para que cada uno pueda llevar a cabo un óptimo trabajo en su respectivo nivel.

INDICE

Introducción	5
I.- Planteamiento del problema	6
1.1 Estudio del problema.....	6
1.2 Objetivos.....	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
1.3 Justificación.....	7
II.- Teoría de los semiconductores	9
2.1 Definición.....	9
2.2 Constitución.....	9
2.3 Propiedades de los Semiconductores.....	10
2.3.1 Resistividad.....	10
2.3.2 Fotoconductividad.....	12
2.3.3 Rectificación.....	14
2.4 Enlace entre átomos de germanio (Semiconductor).....	16
2.5 Huecos y electrones libres.....	16
2.5.1 Estructura molecular.....	16
2.5.2 Efecto de la temperatura.....	18
2.6 Clasificación de los Semiconductores.....	19
2.6.1 Semiconductores Extrínsecos.....	19
2.6.1.1 Extrínsecos de tipo N.....	20
2.6.1.2 Extrínsecos de tipo P.....	24
2.6.2 Semiconductores Intrínsecos.....	28

III.- El Diodo.....	29
3.1 Concepto.....	29
3.2 Modo de Operación.....	29
3.3 Curvas Características.....	31
3.3.1 Característica Directa.....	32
3.3.2 Característica Inversa.....	33
3.4 Tipos de diodos.....	34
3.4.1 Diodo de barrera Schottky.....	35
3.4.2 Diodo Led.....	36
3.4.3 Diodo Gunn	36
3.4.4 Diodo Láser.....	37
3.4.5 Diodo Pin.....	37
3.4.6 Diodo Impatt.....	38
3.4.7 Diodo Túnel.....	38
3.4.8 Diodo Varactor.....	38
3.4.9 Diodo Zener.....	39
3.5 El diodo semiconductor.....	40
3.5.1 Definición.....	40
3.5.2 Constitución.....	40
3.5.3 Características principales	41
3.5.4 Nomenclatura de los diodos semiconductores	41
3.6 Reconocimiento del cátodo y el ánodo	43

IV Aplicaciones de los Semiconductores	45
4.1 Rectificadores.	45
4.1.1 Rectificadores de media onda	45
4.1.1.1 Período	48
4.1.1.2 Valor Medio	48
4.1.2 Rectificadores de onda completa	49
4.1.2.1 Valor medio	50
4.1.2.2 Frecuencia de salida	51
4.1.3 Puente Rectificador	52
V.- Construcción del Entrenador	54
5.1 Generalidades	54
5.2 Estudio de Alternativas.....	56
5.3 Materiales	59
5.4 Constitución Interna (Alambrado)	61
5.5 Tabla de Reparación.....	62
5.6 Manual de Probadores.....	62
5.7 Ensamblaje del entrenador	62
5.8 Prueba de Funcionamiento	66
VI.- Conclusiones y Recomendaciones	68
6.1 Conclusiones	68
6.2 Recomendaciones	69

Anexos

Bibliografía

CAPÍTULO I

PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Estudio del Problema

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico tiene como objetivo el formar tecnólogos aeronáuticos, capaces de desenvolverse técnica, teórica y prácticamente acorde con la constante modernización de la aviación.

Al momento, en los diferentes laboratorios del ITSA, existen una escasez de equipos y materiales para trabajar y capacitarse; es menester entonces preocuparse, porque se mejore la calidad de la preparación técnica de los alumnos del ITSA.

Además se quiere brindar guías técnico-prácticas, en vista de que el laboratorio no cuenta con los mismos, y son muy necesarios para que el estudiante tenga un documento de guía para realizar sus prácticas en el laboratorio.

Conscientes de la responsabilidad que el ITSA tiene con todos sus alumnos de capacitarlos en forma técnica y práctica, se ha visto la necesidad de implementar el Laboratorio de Electrónica, brindando un ambiente de trabajo; tranquilo y con las facilidades para su uso y mantenimiento, mediante la construcción de módulos para trabajar con diodos semiconductores.

Se tratará que los alumnos puedan obtener los conocimientos necesarios sobre los mismos, ya que son una parte muy importante de la electrónica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Optimizar e implementar el laboratorio de electrónica del ITSA, mediante módulos para trabajar con diodos semiconductores.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar guías teórico-prácticas para que los alumnos puedan desenvolverse correctamente en el laboratorio.

- Proporcionar al laboratorio entrenadores técnicamente calificados, para que los alumnos puedan trabajar con diodos semiconductores.

- Mejorar la calidad de enseñanza práctica en las diferentes especialidades, en las que interviene la electrónica.

1.3 Justificación

En la actualidad los dispositivos semiconductores ya han adquirido extraordinario predominio, de ahí que su uso se extiende aún más, sea este en el campo profesional, en el campo estudiantil y por que no en el campo de los aficionados.

Es por eso que se ha visto la necesidad de poner al alcance de todos desde el aficionado hasta el profesional, el entrenador para trabajar en diodos semiconductores y sus respectivas bases esenciales suficientemente desarrolladas para que cada uno pueda llevar a cabo un óptimo trabajo en su respectivo nivel.

Este trabajo se basa en métodos muy fáciles de comprender, ya que para el marco teórico se han utilizado figuras para mostrar el desarrollo de los diferentes fenómenos, ya que una curva o un gráfico hablan más directamente que las frases mejor construidas; de ahí quien haga uso de ese trabajo encontrará un gran número de esquemas, tablas y gráficos que le permitirá familiarizarse con los diferentes problemas que luego tendrá que resolver en la práctica.

La aspiración es que todos los que utilicen este trabajo, obtengan las bases indispensables a la constitución de los fundamentos de todo conocimiento humano, cualesquiera que sea el nivel en el que se encuentre y que facilite su tarea ya que le permitirá comprender ciertos fenómenos difíciles de asimilar.

CAPÍTULO II

TEORÍA DE LOS SEMICONDUCTORES

2.1 Definición

Los semiconductores son grupos de elementos de estructura cristalina que presenta una conductividad eléctrica pequeña, pero que aumenta con la presencia de ciertas impurezas, así como con temperaturas crecientes.

2.2 Constitución de un Semiconductor

Se tomará como ejemplo a un átomo de germanio (Ge), por ser el material mas conocido dentro de la familia de los semiconductores.

Está formado por un núcleo alrededor del cual gravitan cuatro órbitas los electrones, repartidos según la figura 2.1, en donde:

- 2 electrones en la primera órbita.
- 8 electrones en la segunda órbita.
- 18 electrones en la tercera órbita.
- 4 electrones en la cuarta órbita.

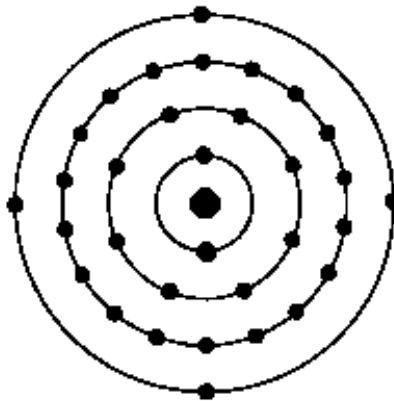


Fig. 2.1 Átomo de Germanio

El átomo así constituido es eléctricamente neutro, es decir, las cargas negativas debidas a los electrones compensan totalmente las positivas contenidas en su núcleo.

Para simplificar, se representará al átomo de germanio únicamente por un núcleo alrededor del cual gravitan los 4 electrones de la cuarta órbita Fig. 2.2

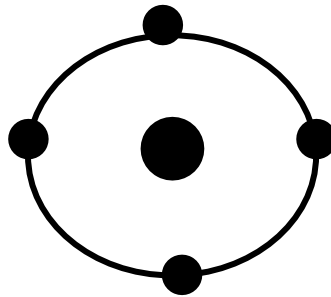


Fig. 2.2 Átomo de Germanio (representación simplificada)

Estos electrones representan los 4 enlaces de valencia del átomo de germanio. Este razonamiento se aplica también a los materiales tales como el carbono y el silicio.

2.3 Propiedades de los Semiconductores

Los semiconductores se diferencian de los otros materiales (conductores o aislantes) por las siguientes propiedades:

2.3.1 Resistividad

La resistividad de un cuerpo es el orden de 10^{-6} a 10^{-5} ohms/cm/cm², y la de un aislante, de 10^6 a 10^8 ohms/cm/cm², mientras que la resistencia en un semiconductor varia de 10^{-3} a 10^7 ohms/cm/cm².

La resistividad en cuerpo conductor crece ligeramente con la temperatura, según una ley lineal Fig. 2.3.

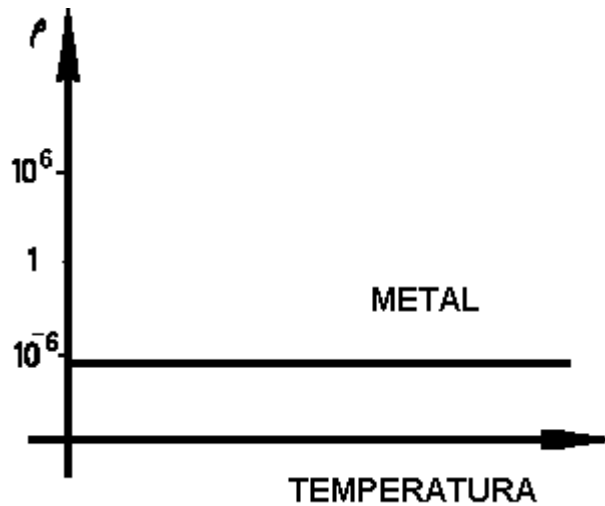


Fig. 2.3 Ley lineal de la resistividad con respecto a la temperatura

La resistividad de los Semiconductores disminuye cuando la temperatura aumenta, según una ley exponencial Fig. 2.4

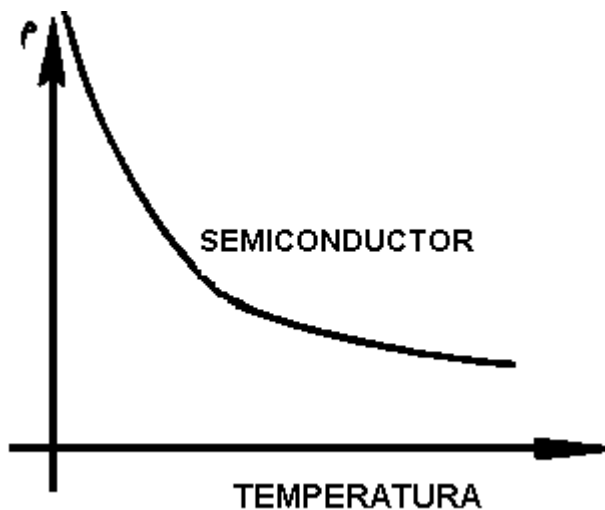


Fig. 2.4 Ley exponencial de la resistividad con respecto a la temperatura

Como consecuencia, un Semiconductor, a la inversa que un metal, es más conductor en caliente que en frío (coeficiente negativo de temperatura).

2.3.2 Fotoconductividad

Se denomina fotoconductividad a la propiedad que tiene un cuerpo de ofrecer mas o menos resistencia al paso de la corriente eléctrica, según la iluminación que recibe.

La fotoconductividad se mide con el circuito indicado en la Fig. 2.5

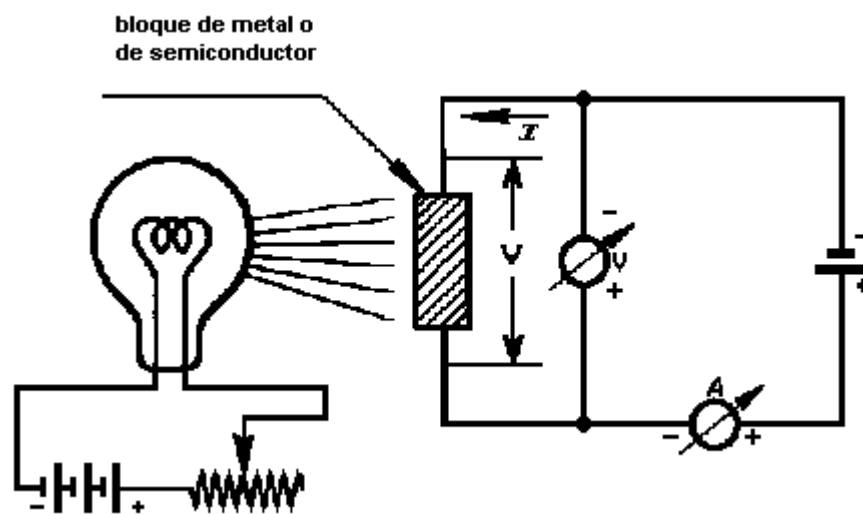


Fig. 2.5 Circuito para medir la fotoconductividad

Esta propiedad no se presenta en absoluto en el caso de los metales Fig.2.6; por lo contrario, un semiconductor iluminado disminuye su resistencia según la ley exponencial Fig. 2.7.

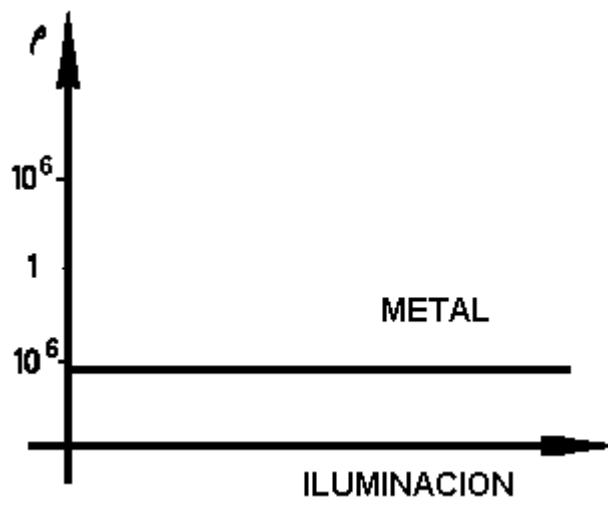


Fig. 2.6 El metal no tiene reacción a la luz

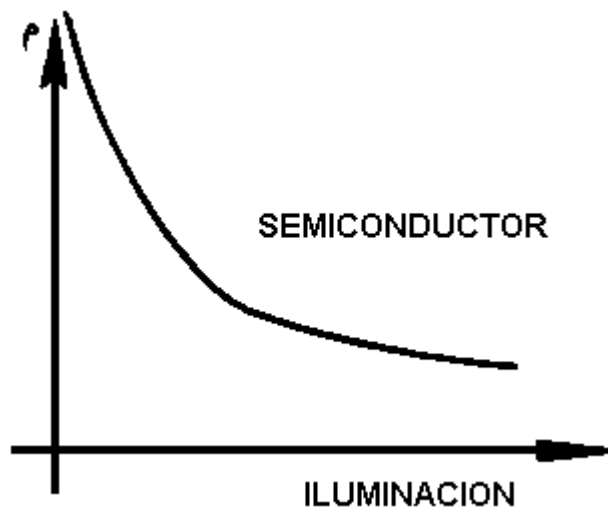


Fig. 2.7 Ley exponencial del semiconductor con respecto a la luz

2.3.3 Rectificación

Se entiende por rectificación la propiedad que tiene un cuerpo de ofrecer al paso de la corriente eléctrica una débil resistencia en un sentido y elevada en el opuesto.

Esta propiedad puede comprobarse si utilizamos los circuitos representados en la Fig. 2.8 y 2.9.

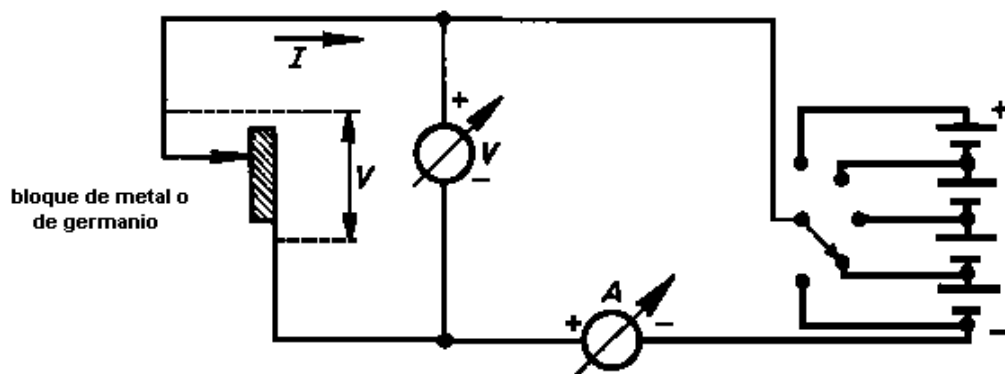


Fig.2.8 Circuito rectificador 1

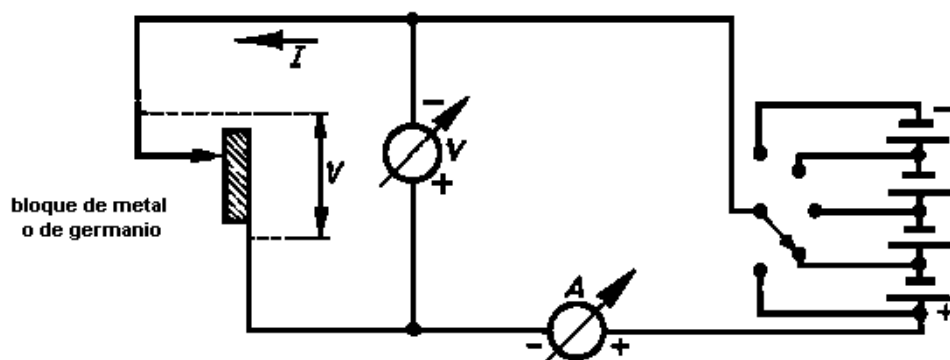


Fig. 2.9 Circuito rectificador 2

El contacto de una punta metálica con un metal ofrece siempre una conductividad simétrica Fig. 2.10; en cambio el de una punta metálica con un semiconductor presenta diferente conductividad, según el sentido de la tensión aplicada a sus extremos Fig. 2.11.

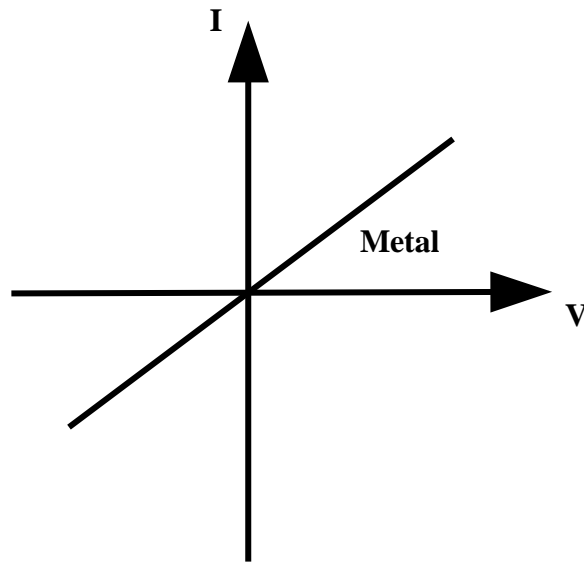


Fig. 2.10 Representación del contacto de una punta metálica con un metal

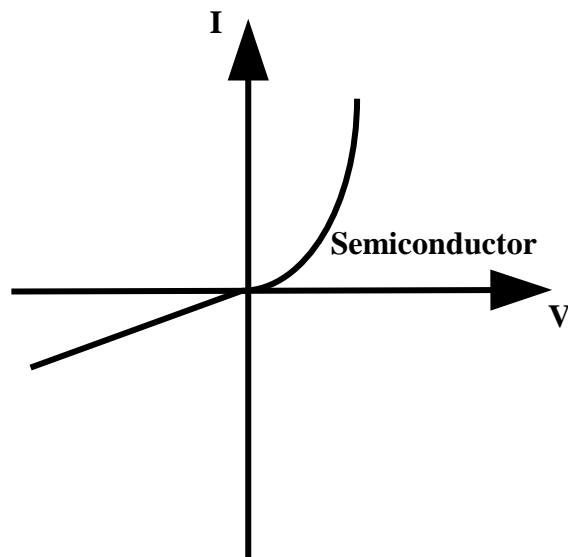


Fig. 2.11 Representación del contacto de una punta metálica con un semiconductor

2.4 Enlace entre Átomos de Germanio (Semiconductor)

Se tomará como ejemplo dos átomos de germanio en este caso A y B respectivamente.

En la Fig. 2.12 se verá que el enlace de estos dos átomos se obtiene por el acoplo de dos electrones de valencia, a_2 y b_3 .

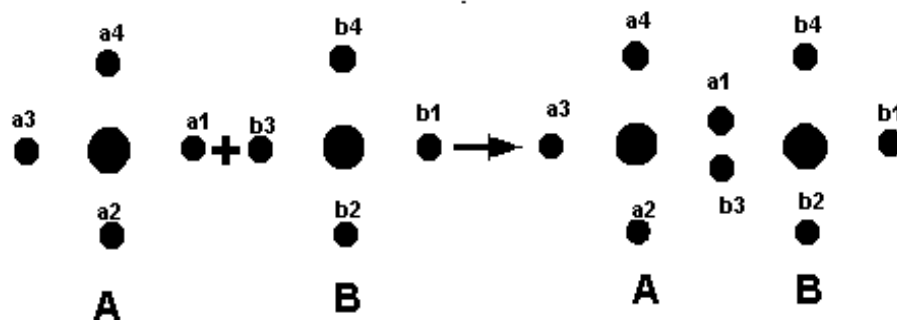


Fig. 2.12 Enlace de dos átomos de germanio

Aquí se ve, por tanto, que cada enlace implica la utilización de uno de los electrones de valencia del átomo. Como el átomo de germanio no dispone más que de 4 electrones de valencia, no puede unirse más que a otros 4 átomos de germanio, estando todos ellos situados a las mismas distancias del primero y a idénticas distancias los unos de los otros.

2.5 Huecos y Electrones Libres

2.5.1 Estructura molecular

Cuando se utilizan todos los enlaces disponibles, constituido cada uno por un par de electrones, la formación de la estructura cristalina es perfecta Fig.2.13.

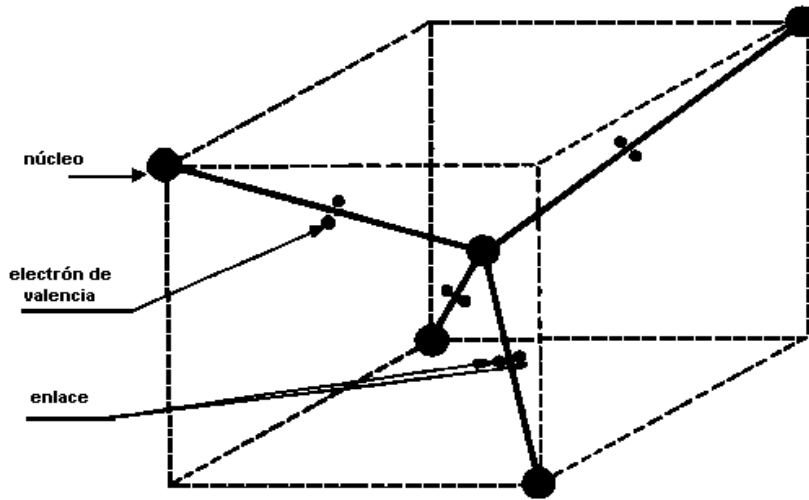


Fig. 2.13 Estructura Cristalina de forma perfecta de dos átomos de germanio

Es más sencillo representar esta cristalización en un solo plano Fig.2.14: los núcleos están simbolizados por los puntos más gruesos; los electrones de valencia, por puntos pequeños; los enlaces, por los acoplamientos de dos electrones de valencia.

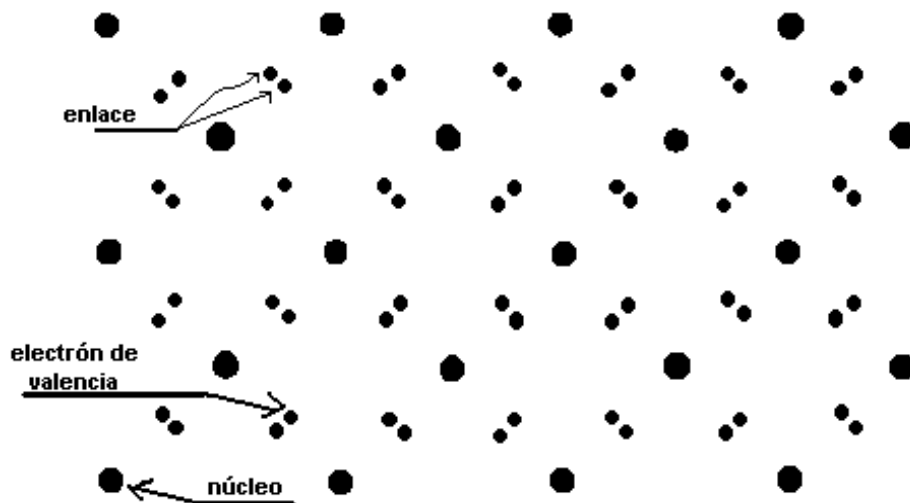


Fig. 2.14 Representación plana de la Estructura Cristalina

La Fig.2.14 pone en evidencia que cada átomo está unido a cada uno de los átomos adyacentes por uno de estos electrones de valencia: en este caso todos los enlaces quedan satisfechos y todas las cargas de los núcleos, neutralizadas.

Los fenómenos que se han descrito se refieren a una condición de temperatura particular, es decir, el 0° absoluto (-273°); en esta temperatura, el estado de equilibrio es perfecto.

Este equilibrio puede ser afectado o roto por el efecto térmico de una elevación de la temperatura ambiente, por el efecto de la energía radiada por la luz, o por radiaciones de alta frecuencia.

2.5.2 Efecto de la temperatura

El calor produce vibraciones moleculares que tienden a perturbar la ordenación de los átomos. Esta energía térmica produce una vibración de los átomos y como consecuencia, la separación y aproximación de los núcleos; la separación puede ser tal que se llegue a romper un enlace.

En consecuencia, esta ruptura provoca la liberación de un electrón así como la aparición de un enlace incompleto. Este electrón se transforma en electrón libre; el enlace incompleto que resulta se traduce en la falta de una carga negativa (ausencia de un electrón del enlace), que se simboliza como si apareciese una carga positiva, a la cual se le da la denominación de hueco. Los electrones libres permiten establecer una corriente eléctrica y no es tan fácil imaginarse la conducción con huecos.

2.6 Clasificación de los Semiconductores

2.6.1 Semiconductores Extrínsecos

En los semiconductores extrínsecos el número de electrones libres y de huecos es constante para una temperatura dada y crece con ella. Como estos electrones determinan la conductividad del cristal, esta última aumenta cuando lo hace la temperatura.

El tener un coeficiente negativo de temperatura hace posible la utilización de los semiconductores en temperaturas elevadas.

La conductividad de un bloque de germanio puro es escasa, por que la aparición de un electrón libre se traduce simultáneamente en la creación de un hueco y la posibilidad de una recombinación es grande.

Es preciso introducir ciertas impurezas en el semiconductor para favorecer o bien la producción de electrones libres o bien a la de huecos, sin que estos últimos sean una consecuencia de la ruptura de enlaces lo que originaría una liberación de electrones.

Se llama germanio de tipo N al que se le han inyectado impurezas que favorece la producción de electrones libres (extrínseco tipo N).

Se llama germanio de tipo P al que se le ha inyectado impurezas que favorece que favorece la producción de huecos (extrínseco tipo P).

2.6.1.1 Semiconductor extrínseco de tipo N

Considere un átomo de arsénico ya que sus dimensiones geométricas son idénticas al átomo de germanio; se puede integrar de un modo perfecto en la estructura cristalina en un bloque de germanio. Siendo el arsénico pentavalente, se le puede representar por un núcleo alrededor del cual gravitan, en la cuarta órbita, cinco electrones de valencia Fig. 2.15

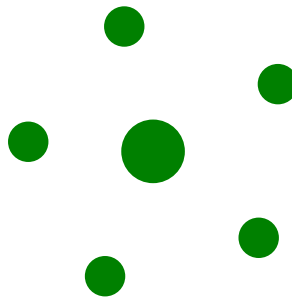


Fig. 2.15 Representación Simplificada del Átomo de Arsénico

Inyectemos un átomo de arsénico en un bloque pequeño de germanio Fig. 2.16: esta inclusión origina la excedencia de un electrón por la impureza del átomo.

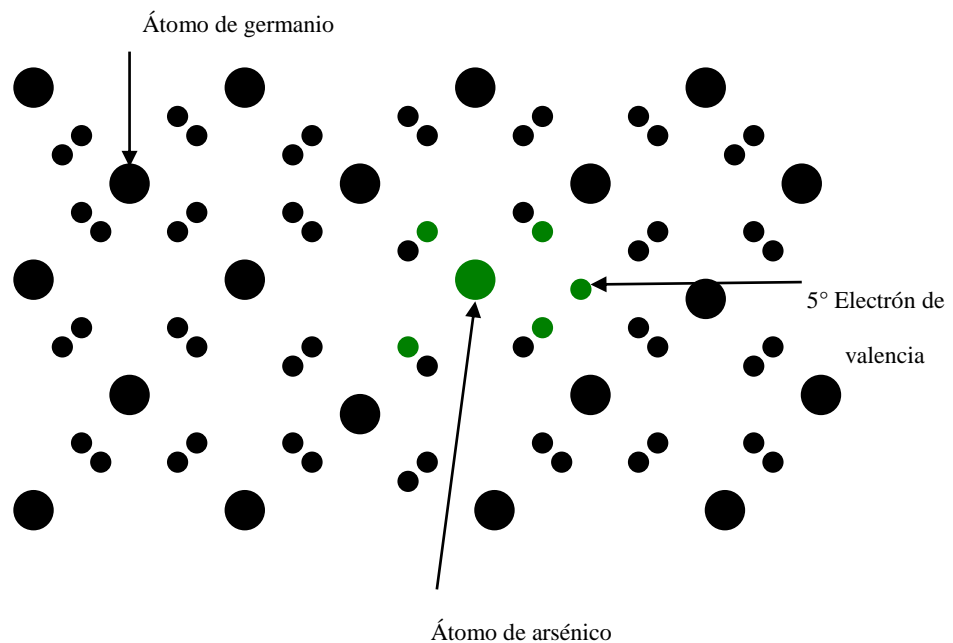


Fig. 2.16 Átomo de Arsénico inyectado en un bloque de Germanio

En efecto, en la estructura cristalina del germanio, el átomo de arsénico no puede enlazarse con los del germanio si no es por intermedio de 4 electrones de valencia, mientras que el quinto electrón (α) Fig.2.17, permanece unido a su núcleo, pero este enlace es muy débil.

A la temperatura de 0° absoluto (-273°), el germanio N aparece como un aislante perfecto, debido a que no contiene ningún elemento portador (electrones libres o huecos). A al temperatura ambiente, la agitación térmica es suficiente para separar el electrón (α) y transformarlo en electrón libre Fig. 2.17.

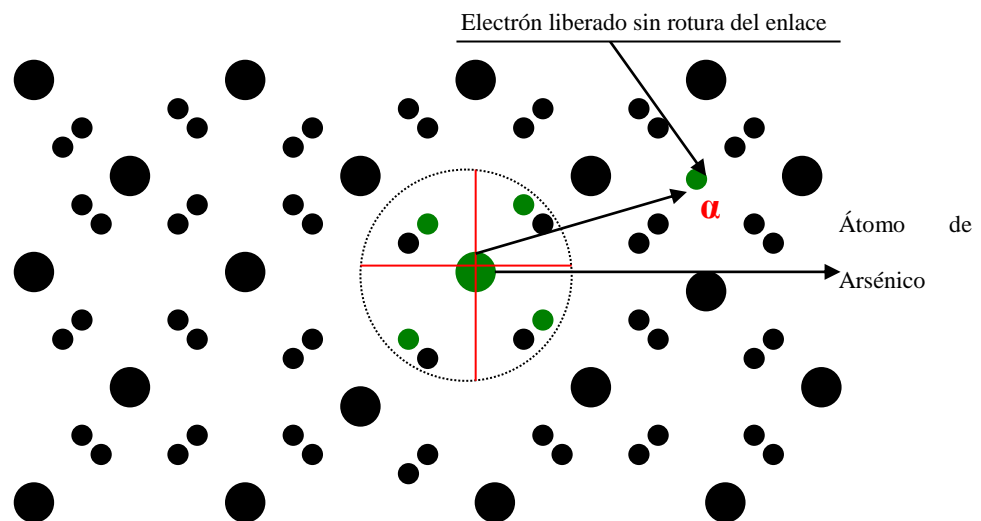


Fig. 2.17 Liberación del Electrón por efecto de la Agitación Térmica

La conductividad del germanio de tipo N depende de la densidad de los electrones libres, los cuales se obtienen de dos formas:

1) Por integración de los átomos de impureza, cada uno de los cuales libera un electrón.

2) Por ruptura de los enlaces entre los átomos de germanio.

El número de electrones libres producidos por integración de los átomos de impureza depende de la dosificación de arsénico en el germanio; el número de electrones libres y de huecos provocados por la rotura de los enlaces entre los átomos de germanio depende de la temperatura.

A la temperatura ambiente, todos los átomos de impureza han perdido su quinto electrón de valencia: la conducción en un bloque de germanio de tipo N en función de una elevación de temperatura aumenta, pero en menores proporciones que el germanio puro. Los átomos de impureza se denominan en este caso átomos donantes, ya que, dan un electrón al bloque de germanio.

En su estado original el átomo de arsénico es eléctricamente neutro: el número de cargas negativas debidas a los electrones es igual al de las positivas del núcleo.

Cuando el átomo de arsénico ha perdido su quinto electrón de valencia, el equilibrio de las cargas deja de existir: el átomo de arsénico ha perdido una fracción de su carga negativa y queda ionizado positivamente. Estos átomos donantes quedan retenidos en la masa cristalina y no pueden desplazarse.

A la temperatura ambiente, su quinto electrón de valencia, al quedar liberado, les hace eléctricamente positivos; la carga positiva total de todos los electrones libres y el bloque de germanio de tipo N queda eléctricamente neutro.

Se denomina germanio de tipo n porque la conducción tiene lugar gracias a los portadores negativos (electrones libres).

El germanio de tipo N esta representado en la Fig. 2.18.

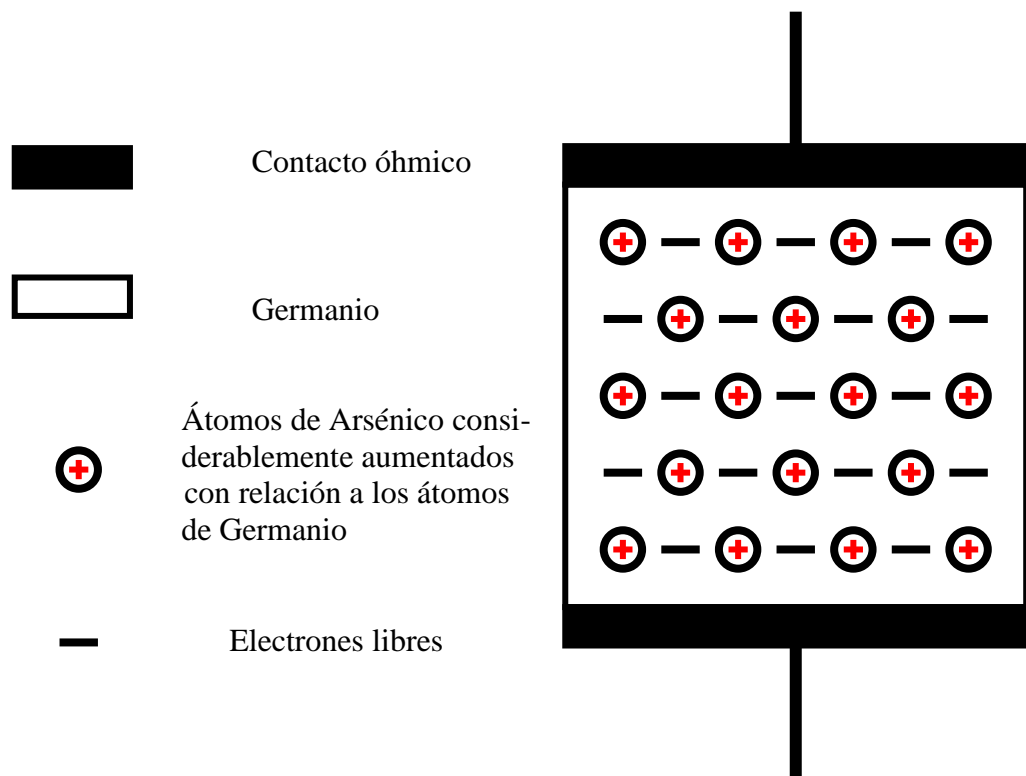


Fig. 2.18 Representación del Germanio de Tipo N

2.6.1.2 Semiconductor extrínseco de tipo P

Consideraremos a un átomo de indio ya que sus dimensiones geométricas son idénticas a las de un átomo de germanio, por lo que se puede integrar perfectamente en la estructura cristalina de un bloque de germanio.

Como el indio es trivalente, se representa por un núcleo alrededor del cual gravitan, en la órbita cuarta tres electrones de valencia Fig. 2.19.

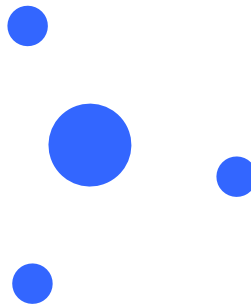


Fig. 2.19 Representación simplificada de un Átomo de Indio

Se inyecta un átomo de indio en un bloque pequeño de germanio y resulta Fig. 2.20.

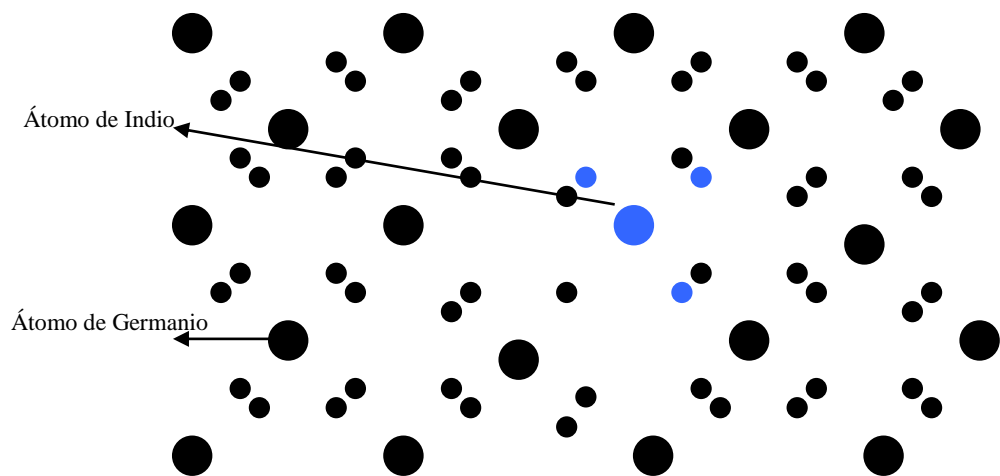


Fig. 2.20 Átomo de Indio Inyectado en un Bloque de Germanio

Este átomo se incorpora a la masa cristalina, pero puede solo ofrecer tres enlaces con los átomos de germanio. En esta estructura incompleta se encuentra un hueco.

A la temperatura ambiente, las vibraciones moleculares producen la libertad de electrones de valencia que garantizan los enlaces entre átomos de germanio.

Estos electrones caen en uno de estos huecos provocados por la presencia de átomos de impureza, con la consecuencia de la aparición de un nuevo hueco (enlace roto) donde se encontraba anteriormente un electrón puesto en libertad. El fenómeno se desarrolla en cadena Fig. 2.21.

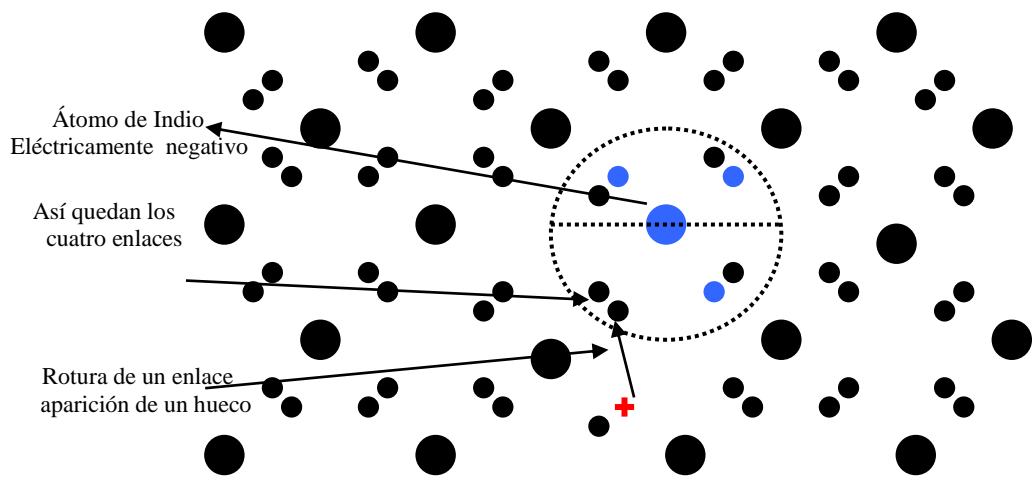


Fig. 2.21 Átomo de Indio Inyectado en un Bloque de Germanio

La conductividad del germanio de tipo P depende de la densidad de los huecos, que están producidos de dos formas:

1) Por integración de átomos de impureza, cada uno de los cuales es el origen de un hueco.

2) Por ruptura del enlace entre los átomos de germanio.

El número de huecos móviles producidos por la integración de los átomos de impureza depende de la dosificación de indio en el germanio; el número de electrones libres y de huecos provocados por la ruptura de los enlaces entre átomos de germanio depende de la temperatura.

A la temperatura ambiente, todos los átomos de impureza han adquirido un cuarto electrón. La conducción del germanio de tipo P en función de una elevación de temperatura varía en la misma forma que en el caso del germanio de tipo N. Los átomos de impureza, en este caso, se llaman átomos aceptantes, porque aceptan un electrón.

Al principio, el átomo de indio es eléctricamente neutro, ya que el número de cargas negativas debidas a los electrones es igual al número de las positivas del núcleo. Cuando se establece el enlace entre el átomo de indio y el cuarto átomo de germanio, al haber aceptado el átomo de indio el cuarto electrón de valencia, esto supone que el equilibrio de cargas ha dejado de existir.

Dicho átomo, al poseer una carga negativa suplementaria, se ioniza negativamente.

Estos átomos aceptantes quedan retenidos en la masa cristalina y no se pueden desplazar. A la temperatura ambiente, una vez aceptando un cuarto electrón de valencia, se hacen eléctricamente negativos.

El bloque de germanio de tipo P es eléctricamente neutro, en efecto, la carga negativa total los átomos aceptantes son igual a la positiva de todos los huecos móviles.

Se llama este germanio de tipo P porque la conducción se efectúa gracias a los portadores aparentemente positivos (huecos móviles). El germanio de tipo P se representa según la Fig. 2.22.

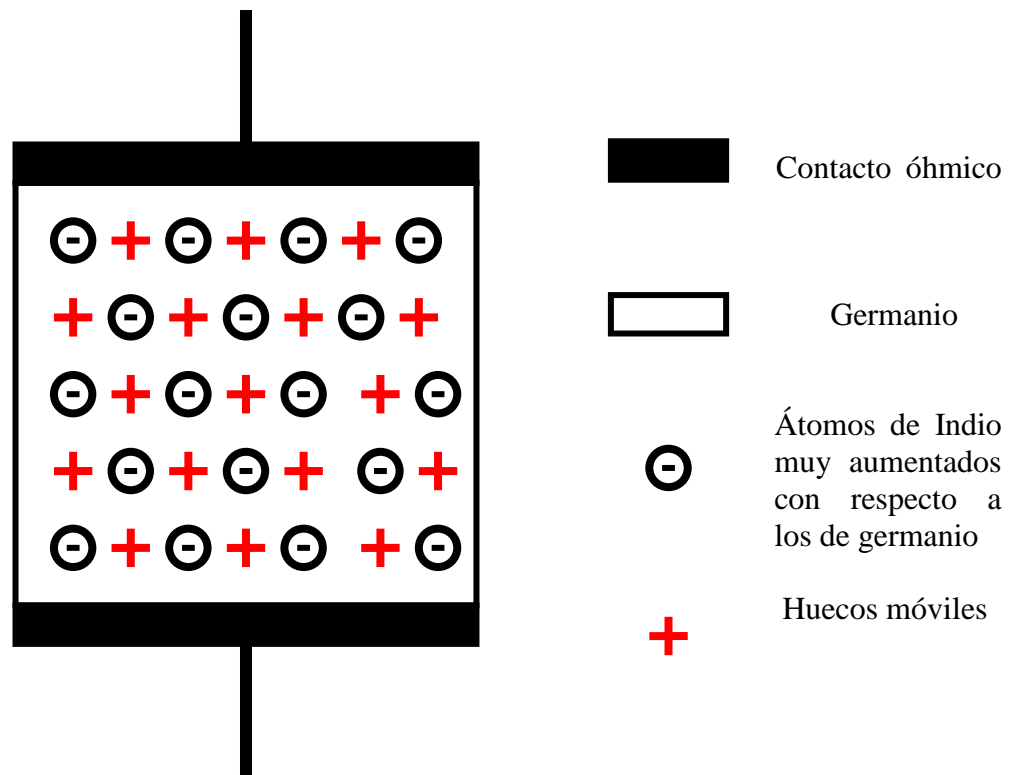


Fig. 2.22 Representación del Germanio de Tipo P

2.6.2 Semiconductores Intrínsecos

Los semiconductores intrínsecos aunque posee una estructura estable y aislante, por efecto de la temperatura, permite el paso de la electricidad a través de él, presentando una resistencia intermedia entre los conductores y los aislantes.

Un electrón de los que firman los enlaces covalentes, no puede saltar fuera del enlace bajo el único efecto de una tensión exterior; sin embargo, las fuerzas combinadas de una tensión exterior y un hueco próximo facilitan la salida del electrón desde el enlace hasta el hueco, creándose una intensidad.

CAPÍTULO III

DIODOS

3.1 Concepto

Un diodo es un dispositivo eléctrico de dos terminales que permite fluir fácilmente a la corriente en un sentido, evitando el paso de la misma en el sentido inverso, siendo conocidas las dos regiones o zonas del diodo como el *ánodo* y el *cátodo*. Fig. 3.1

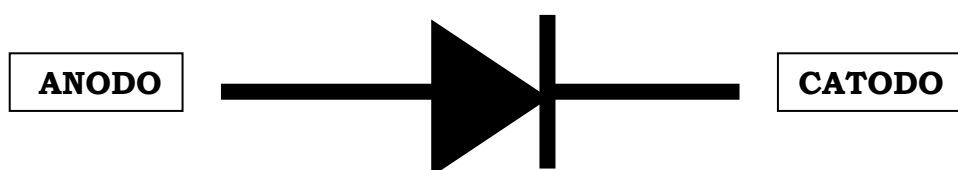


Fig. 3.1 Símbolo del Diodo

3.2 Modo de Operación

El flujo de la corriente tiene lugar a través del diodo, cuando el potencial de la región anódica es positivo con respecto a la región catódica. Cuando el potencial del ánodo es negativo, con respecto al del cátodo, sólo una mínima fuga de flujo de corriente fluye a través del dispositivo. Por lo tanto, se debe considerar al diodo como un *interruptor sensible a la tensión*, que está CONECTADO o CERRADO cuando el potencial del ánodo es más positivo que el del cátodo, y está DESCONECTADO o ABIERTO cuando el potencial del ánodo es negativo con respecto al del cátodo.

En el primer caso, cuando es conductor, se dice que el diodo está *polarizado directamente* (Ver Fig. 3.2), y en el segundo caso (cuando está bloqueado el paso al flujo de la corriente) se dice que está *polarizado inversamente* (Ver Fig. 3.3).

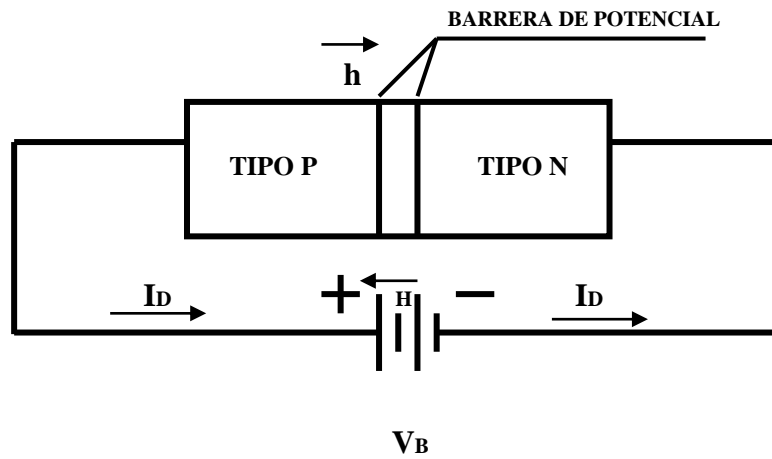


Fig. 3.2 Polarización Directa del Diodo

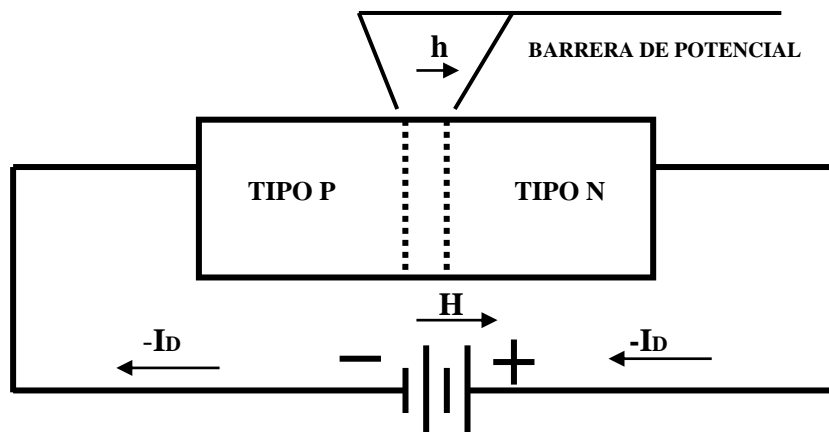


Fig. 3.3 Polarización inversa del Diodo

La diferencia de potencial entre los extremos de un interruptor ideal, cuando éste está cerrado, es cero, y cuando se encuentra abierto, el valor de la corriente de fuga es cero. Un diodo semiconductor no opera como un interruptor perfecto, ya que existe una diferencia de potencial entre su ánodo y cátodo cuando se halla polarizado directamente.

Si funciona con polaridad directa, la diferencia de potencial existente en el diodo, conocida como *caída de tensión directa*, se encuentra, normalmente, en el rango que va de 0,3 a 0,8 V para los diodos de germanio, y de 0,6 a 2,0 V para los diodos de silicio.

Cuando el diodo está polarizado inversamente (el ánodo es negativo con respecto al cátodo), el dispositivo opera en su *modo de bloqueo inverso*, y la *corriente de fuga* entre el ánodo y el cátodo tiene un valor que puede situarse entre unos pocos nanoamperios ($1 \text{ nA} = 10^{-9} \text{ A}$) para un diodo de baja corriente, y unos pocos miliamperios ($1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$) para un diodo de potencia de alta corriente. Estos valores de corriente son, normalmente, insignificantes, comparados con los valores nominales de la corriente directa que pasa por el diodo. A una temperatura ambiente dada, el valor de la corriente de fuga permanece constante, con independencia del valor de la tensión, hasta un valor conocido como *tensión de ruptura inversa*.

En el caso de los diodos empleados en rectificadores de potencia, la tensión de ruptura inversa tiene un valor alto, normalmente excede de los 600 V; en tal caso, si fluye una corriente inversa de, por ejemplo, 0,1 A, ésta produce una disipación de potencia en el dispositivo de un exceso de $600 \times 0,1 = 60 \text{ W}$. Si esta potencia no puede ser disipada en la atmósfera que rodea al diodo, la temperatura del mismo podrá aumentar hasta un límite donde éste se destruiría como rectificador. Ciertos tipos de diodos, conocidos como *diodos zener*, son diseñados de manera que puedan operar en el modo de ruptura inversa.

3.3 Curvas Características

El diodo presenta una asimetría eléctrica, lo cual se traduce en una débil resistencia al paso de la corriente en un sentido, y elevada en el otro.

3.3.1 Característica Directa

La zona del diodo de tipo P está unida al polo positivo de una batería, en tanto que la del tipo N lo está al polo negativo (Ver Fig. 3.2).

La tensión resultante en los extremos de la unión (V_J) es igual a la diferencia entre la tensión aplicada por la batería, V_B , y la tensión de barrera de la unión, V_b , o sea:

$$V_J = V_B - V_b \quad (3.1)$$

La unión está polarizada en sentido directo y una tensión pequeña provoca el paso de una gran corriente. La resistencia directa es muy débil y hay que interponer una resistencia en el circuito para impedir la destrucción de la unión.

La característica corriente / tensión presenta una ley exponencial Fig. 3.4.

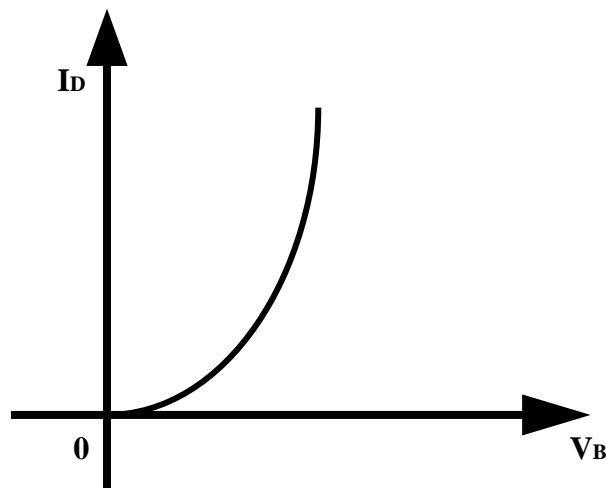


Fig. 3.4 Ley exponencial corriente / tensión

3.3.2 Característica Inversa

La zona del diodo de tipo P esta unida al polo negativo de la batería, y la del tipo p N lo está al polo positivo (Ver Fig. 3.3).

La tensión resultante en los bornes de la unión (V_J) es igual a la suma de la tensión aplicada por la batería (V_B) mas la de barrera de la unión (V_b), por lo que tenemos:

$$V_J = V_B + V_b \quad (3.2)$$

La corriente en el circuito pasa en sentido inverso con respecto al caso precedente, es muy escasa y crece poco con la tensión aplicada.

La corriente inversa está simbolizada por el término $-I_D$, que tiene además a la saturación Fig. 3.5

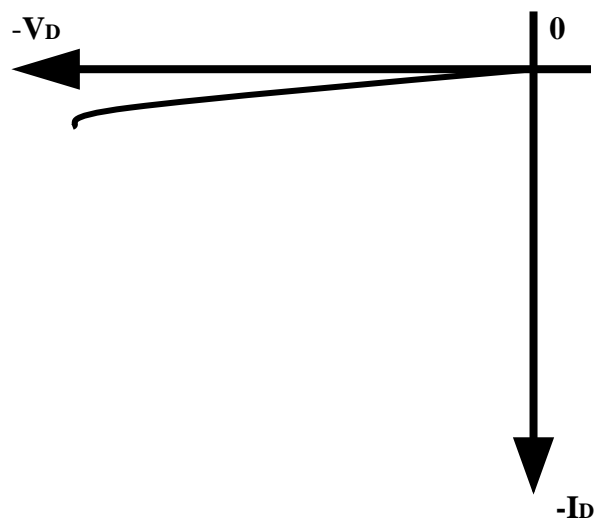


Fig. 3.5 Polarización inversa del Diodo

Se denomina tensión inversa ($-V_D$) la tensión en la que las polaridades son tales que la unión esta bloqueada.

A parte de un cierto valor de la tensión inversa ($-V_D$), la curva de la corriente inversa en función de esta tensión $-I_D = f(-V_D)$ puede tomar dos aspectos diferentes.

- 1) Una recta que corresponde a una tensión casi constante, de mínima “tensión de corte” Fig.3.6.
- 2) Una curva con pendiente negativa a partir de un valor máximo de la tensión inversa Fig.3.7.

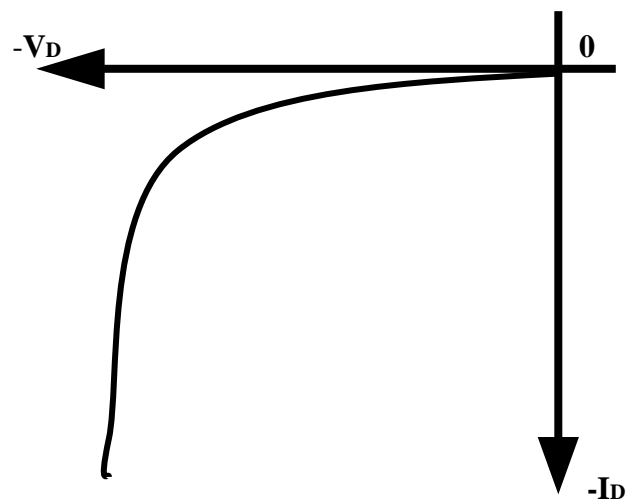


Fig.3.6 Curva de la Tensión de Corte

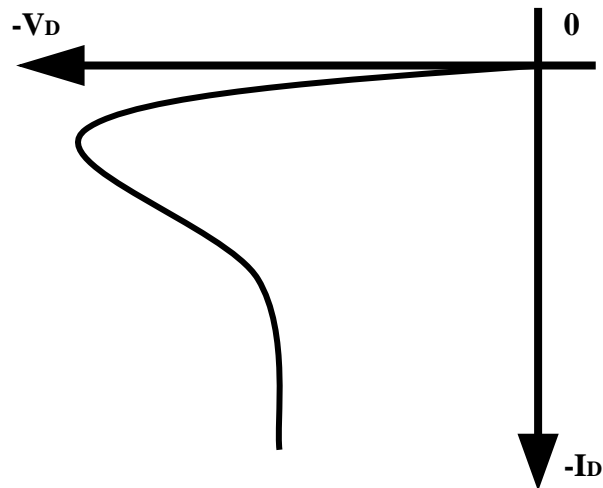


Fig. 3.7 Curva de la Tensión Inversa

3.4 Tipos de Diodo

3.4.1 Diodo de Barrera Schottky

Es una unión de diodo de estado sólido, formada por contacto metal-semiconductor. Este diodo se fabrica, por lo general, a partir de material tipo N, ligeramente impurificado y aluminio.

El material se evapora o se hace chisporrotear sobre el semiconductor. El diodo de portadora caliente es una forma de diodo de barrera Schottky.

Los diodos de barrera Schottky se caracterizan por su capacidad de interrupción, que es en extremo rápida. La capacitancia en polaridad invertida es muy baja. Los diodos de barrera Schottky son útiles a frecuencias muy altas y ultra altas, por sus propiedades de alta velocidad.

3.4.2 Diodo Emisor de Luz

El diodo emisor de luz visible, es el diodo activo en todas las lámparas de diodo emisoras de luz visible, indicadores y despliegues.

Son estructuras desarrolladas y dispuestas en capas sobre un sustrato tipo N, con un exceso de electrones de conducción con movimiento libre y carga negativa.

Los diodos emisores de luz se utilizan mucho como lámparas e indicadores o como componentes de despliegues, por su gran estabilidad mecánica, bajo voltaje de operación, compatibilidad con los circuitos de excitación de lógica digital, habilidad para funcionar a temperatura ambiente baja y larga vida en servicio.

3.4.3 Diodo Gunn

Un diodo Gunn u oscilador de transferencia de electrones, es un oscilador de microondas de estado sólido y resistencia negativa, que puede usarse como oscilador local de microondas o como generador de radio frecuencia en un transmisor.

Los diodos están diseñados para montaje directo en una cavidad para fuga de onda, y es frecuente que puedan ajustarse con un tornillo mecánico de sintonización. Son de bajo ruido y buena estabilidad de frecuencia en condiciones estables de temperatura y voltaje.

Los diodos Gunn se emplean mucho en eslabonamientos de datos en microondas, en radares de onda continua, de baja potencia y modulación en

frecuencia, en sistemas de alarma para detección de intrusión, y como fuentes de bombeo en amplificadores paramétricos.

3.4.4 Diodo Láser

Un diodo láser es un dispositivo semiconductor capaz de emitir luz coherente con un proceso de reflexión y refuerzo internos, similar al de los componentes láser de gas y barra de cristal.

El funcionamiento del diodo láser lo determinan su composición química y su geometría. Todos estos diodos son, en esencia, estructuras de varias capas, formadas por varios tipos diferentes de material semiconductor.

Los materiales son contaminados con impurezas por medios químicos, para darles ya sea un exceso de electrones (tipo N) o un exceso de vacantes de electrones (tipo P).

3.4.5 Diodo Pin

Una forma especial del diodo que tiene una capa intermedia de material semiconductor intrínseco entre las capas de tipo P y tipo N, se conoce como diodo PIN. El término PIN se deriva de los términos tipo P intrínseco y tipo N.

El diodo PIN tiene capacitancia inherente relativamente baja. Esto lo hace útil en la conmutación a frecuencias de radio alta, muy alta y ultra alta. También puede usarse con éxito como rectificador a estas frecuencias.

3.4.6 Diodo IMPATT (Diodo de Tiempo de Tránsito de Avalancha de Imagen)

Este es un diodo de varias capas, de resistencia negativa, capaz de generar potencia de microondas mediante oscilaciones atómicas dentro y en torno a la condición de avalancha. También se le conoce como diodo Read.

Los diodos de esta clase son miembros de alta potencia de la familia de los osciladores de efecto volumétrico. Otros dos osciladores de microondas, de estado sólido y resistencia negativa, que hay en uso en la actualidad, son el diodo ESAKI o de túnel, y el diodo Gunn u oscilador de transferencia de electrones.

3.4.7 Diodo Túnel

El diodo túnel es un dispositivo de dos terminales, de estado sólido y resistencia negativa, que se conoce también como diodo Esaki. Puede funcionar como amplificador, como oscilador o como interruptor. Por su rápida respuesta a las entradas, se le usa casi en forma exclusiva como componente de microondas. Ofrece amplificación con bajo ruido a las frecuencias de microondas.

Un diodo túnel es una unión PN con regiones P y N con alto grado de impurificación. Esto produce una unión muy brusca con barrera de unión muy delgada. El diodo muestra una característica de resistencia negativa muy importante.

3.4.8 Diodo Varactor

El diodo varactor, conocido también como diodo capacitor de variación por voltaje o varicap, es una unión PN de polaridad inversa, cuya operación depende de su variación de capacitancia en la unión con polaridad invertida.

Se desarrollan perfiles con impurezas especiales en la capa de agotamiento para mejorar la variación de la capacitancia y minimizar las pérdidas por resistencia de serie.

La mayoría de los diodos varactores se hacen de silicio, pero los varactores de arseniuro de galio tienen respuesta a mayor frecuencia. Los varactores de baja potencia se emplean como capacitadores variables por voltaje para sintonización electrónica.

En la operación no lineal, también realizan corrimiento de fase y conmutación en las regiones de frecuencia muy alta y de microondas. Los diodos pueden usarse también como multiplicadores de frecuencia de pérdida muy baja en transmisores de estado sólido. Además se utilizan para limitación, conformación de pulsos y amplificación paramétrica.

3.4.9 Diodo Zener

El diodo Zener o diodo de referencia, es una unión PN de silicio que proporciona un voltaje inverso de referencia, que se especifica, cuando se le hace trabajar en la región de disrupción de avalancha en polaridad inversa.

Cuando un diodo está muy dopado, la zona de depleción es muy estrecha. Debido a ello el campo eléctrico en la zona de depleción (tensión dividida por distancia) es muy intenso. Cuando la intensidad del campo alcanza aproximadamente los 300000 V/ cm, el campo puede extraer los electrones de sus órbitas de valencia.

La creación de electrones libres de esta manera recibe el nombre de *efecto zener* conocido también como emisión de campo intenso.

3.5 Diodo Semiconductor

3.5.1 Definición

El diodo semiconductor es un dispositivo de dos terminales. En una de las direcciones, a través del dispositivo desde la región P a la N, el diodo conduce fácilmente, ofreciendo baja resistencia al paso de la corriente. En la dirección opuesta, el diodo semiconductor ofrece alta resistencia al paso de la corriente.

3.5.2 Constitución

Un diodo semiconductor, o diodo PN, se compone de un solo bloque de cristal semiconductor –por ejemplo, germanio o silicio-, al que se conectan dos líneas. Una de las líneas se conecta al elemento N, en el que existen numerosos electrones de conducción que transportan corriente, se fabrica el cristal N añadiéndole al semiconductor impurezas llamadas donantes. Los donantes para el silicio y el germanio comprenden el antimonio, arsénico y fósforo. La segunda línea se conecta al elemento P, que tiene en su estructura más valencias libres que electrones de conducción.

La electricidad pasa por la materia P fácilmente, por medio de movimientos de los electrones de valencia que pasan de una órbita vacante a otra. La agregación de impurezas aceptantes a los elementos semiconductores puros durante la formación del cristal, constituye el cristal tipo P. Las impurezas aceptantes para el silicio y el germanio comprenden el aluminio, boro e indio.

La unión PN, es de capital importancia para que el diodo conduzca fácilmente en la dirección N-P. Las propiedades de la unión PN son también importantes en otros dispositivos semiconductores.

3.5.3 Características principales de los Diodos Semiconductores

Las características del diodo semiconductor son diversas pero vamos a tratar de citar a las principales dentro de las cuales podemos anotar:

- a) Tamaño extremadamente pequeño y ligero peso.
- b) Comodidad en los precios, ya que estos dispositivos se fabrican en grandes series y sin necesidad de complejas técnicas de elaboración.
- c) Los diodos semiconductores no se desgastan con el tiempo.
- d) Son sólidos y compactos, y por esta razón resisten mejor diversas condiciones de trabajo.

3.5.4 Nomenclatura de los Diodos Semiconductores

Tomemos como ejemplo el sistema moderno de Europa en donde se designa al diodo semiconductor por medio de letras y una cifra al final, que significan lo siguiente:

Primera letra: indica que material es el semiconductor.

A : Fabricado con germanio.

B : Fabricado con silicio

Segunda letra: Indica el tipo y la aplicación mas característica del diodo semiconductor.

A : Diodo Protector

B : Diodo de Capacidad Variable

E : Diodo Túnel

X : Diodo Multiplicador

Y : Diodo Rectificador

Z : Diodo Zener

Ultima cifra:

- a) Si la cifra es un número comprendido entre el 100 y el 999 quiere decir que el semiconductor se aplica en casos generales, como puede ser sonido, TV, etc., es decir, para aplicaciones domésticas.
- b) Si está formada por dos números y una letra se trata de un semiconductor de aplicación especial, y no pueden ser usados para aplicaciones domésticas.

Ejemplo:

AA 115 Semiconductor de germanio, diodo que no es de potencia y de aplicaciones generales; de acuerdo con las siglas y números dados.

3.6 Reconocimiento del Cátodo y el Anodo

Para distinguir el cátodo o zona N y el ánodo o zona P, suponiendo que el diodo no esté dañado, se aplican las puntas del multímetro de forma que proporcionen la resistencia directa de bajo valor; en el terminal del diodo que en estas circunstancias corresponde a la punta de pruebas roja (negativa), será la zona N, es decir, el cátodo; el otro será el ánodo, tal como se puede ver en la Fig. 3.8. y 3.9.

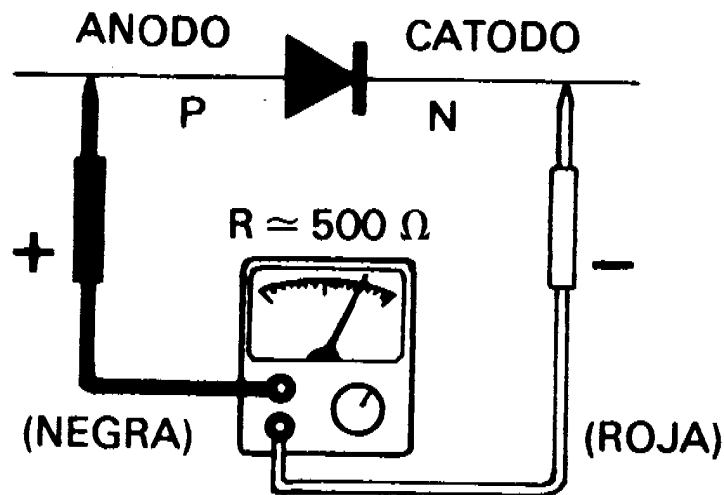


Fig. 3.8 Polarización Directa del Multímetro con el Diodo

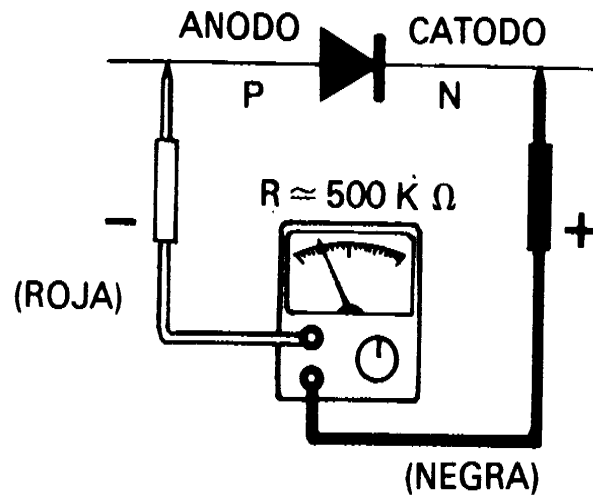


Fig. 3.9 Polarización Inversa del Multímetro con el Diodo

CAPÍTULO IV

APLICACIONES DE LOS DIODOS SEMICONDUCTORES

4.1 Rectificadores

Los aparatos electrónicos funcionan con corriente continua (CC). Sin embargo, y debido a las ventajas que supone a los productores de energía eléctrica, en la mayoría de las naciones del mundo el suministro público es de corriente alterna (CA). De ahí la importancia de la rectificación. Lo que a continuación vamos a presentar.

4.1.1 Rectificador de Media Onda

El circuito más simple que puede convertir corriente alterna en corriente continua es el rectificador de media onda, muestra en la Fig.4.1.

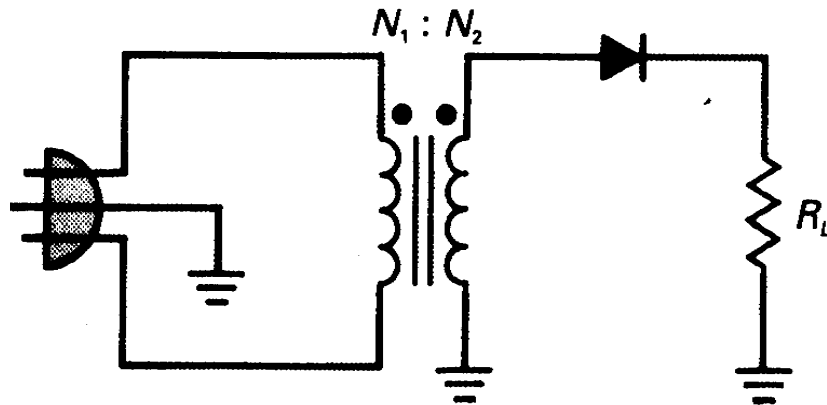


Fig. 4.1 Rectificador de Media Onda

Al arrollamiento primario del transformador se aplica la tensión de red mediante un enchufe eléctrico. Por lo general, el enchufe tiene una tercera conexión

para llevar a masa el equipo. Considerando la relación de espiras, la tensión de pico en el arrollamiento secundario es

$$V_{p2} = \frac{N_2}{N_1} V_{p1} \quad (4.1)$$

Conviene recordar aquí el convenio del punto empleado en los transformadores. Los extremos con punto de un transformador tienen la misma polaridad de tensión en cualquier instante. Cuando el extremo superior del arrollamiento primario es positivo, el extremo superior del arrollamiento secundario también es positivo. Cuando el extremo superior del secundario también lo es.

Durante el semiciclo positivo de la tensión en el primario, el bobinado secundario tiene una media onda positiva de tensión entre sus extremos. Este aspecto supone que el diodo se encuentra con polarización directa.

Sin embargo, durante el semiciclo negativo de la tensión en el primario, el arrollamiento secundario presenta una media onda sinusoidal negativa. Por tanto, el diodo se encuentra polarizado en inverso. Si en un análisis inicial utiliza la aproximación ideal del diodo, encontrará que en la resistencia de carga aparece el semiciclo positivo, pero no aparece el semiciclo negativo.

Por ejemplo, suponiendo que la Fig. 4.1 muestre un transformador con una relación de espiras de 5:1, un voltaje de entrada de 120 V con una frecuencia de 60 Hz. La tensión de pico en el primario es

$$V_{p1} = \frac{120 \text{ V}}{0,707} = 170 \text{ V}$$

La tensión de pico en el secundario es

$$V_{p2} = \frac{170 \text{ V}}{5} = 34 \text{ V}$$

En la Fig. 4.2 se muestra la tensión en la carga. Este tipo de onda se llama señal de media onda porque los semiciclos negativos han sido cortados o eliminados. Como la tensión en la carga tiene solamente un semiciclo positivo, la corriente por la carga es unidireccional, lo cual quiere decir que fluye en una sola dirección. Por tanto, la corriente en la carga es una corriente en forma de pulsos sinusoidales positivos. En cada ciclo comienza de cero, aumenta hasta un valor máximo igual al valor de pico y disminuye a cero permaneciendo en este valor durante todo el semiciclo negativo.

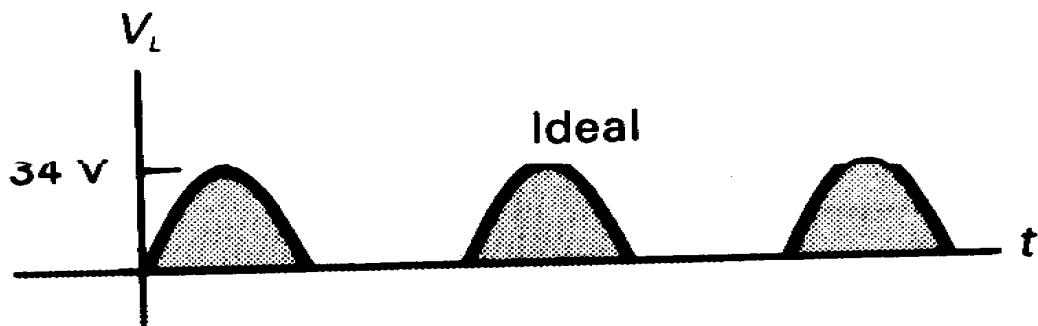


Fig. 4.2 Señal de Media Onda

4.1.1.1 Período

La frecuencia de la señal de media onda sigue siendo igual a la frecuencia de la tensión de red, que es de 60 Hz. Recuérdese que el período T es igual al inverso de la frecuencia. En consecuencia, la señal de media onda tiene un período de

$$T = \frac{1}{f} \quad (4.2)$$

$$T = \frac{1}{60 \text{ Hz}} = 0,0167 \text{ s} = 16,7 \text{ ms}$$

Este es el tiempo que transcurre entre el comienzo de un semiciclo positivo y el comienzo del siguiente semiciclo positivo. Es lo que se mediría si se observase una señal de media onda con un osciloscopio.

4.1.1.2 Valor medio

Si se conecta un voltímetro a la resistencia de carga (suponiendo que sea de 1 K Ω) de la Fig. 4.1 indicará una tensión continua igual a $V_{p/\pi}$, que puede escribirse como

$$V_{cc} = 0,318 V_p$$

Donde V_p es el valor de pico de la señal de media onda en la resistencia de carga. Por ejemplo, si la tensión de pico es de 34 V, el voltímetro indicará

$$V_{cc} = 0,318(34 \text{ V}) = 10,8 \text{ V}$$

Esta tensión recibe a veces el nombre de *valor medio* de la señal de media onda, ya que el voltímetro indica el valor medio sobre un ciclo completo.

4.1.2 Rectificador de Onda completa

La fig. 4.3 muestra un *rectificador de onda completa*. Aprecie la conexión intermedia llevada a masa en el arrollamiento secundario. Debido a esta conexión central, el circuito es equivalente a dos rectificadores de media onda.

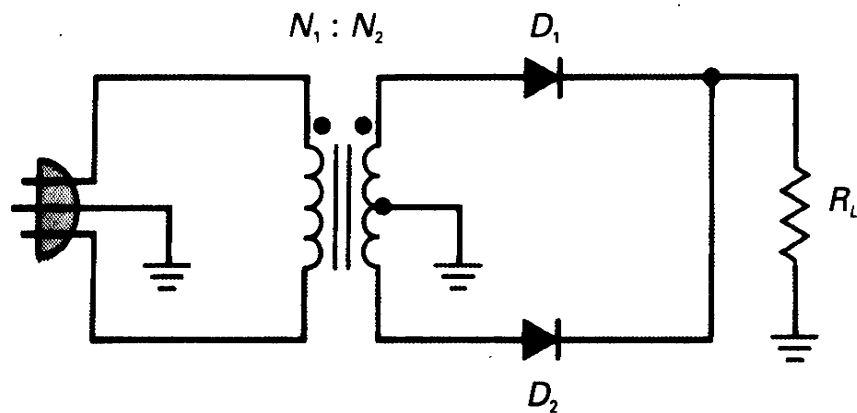


Fig. 4.3 Rectificador de Onda Completa

El rectificador superior funciona con el semiciclo positivo de tensión en el secundario, mientras que el rectificador inferior funciona con el semiciclo negativo de tensión en el secundario.

Así pues, la corriente en la carga rectificadora circula durante los dos semiciclos. Además, esta corriente en la carga circula solamente en una dirección.

En la fig. 4.4 se representa la tensión en la carga. A este tipo de onda se le llama *señal de onda completa*. Equivale a invertir los semiciclos negativos de una

onda sinusoidal para obtener semiciclos positivos. Por la ley de ohm¹, la corriente en la carga es una señal de onda completa con un valor de pico de

$$I_p = \frac{17 \text{ V}}{1 \text{ K}\Omega} = 17 \text{ mA}$$

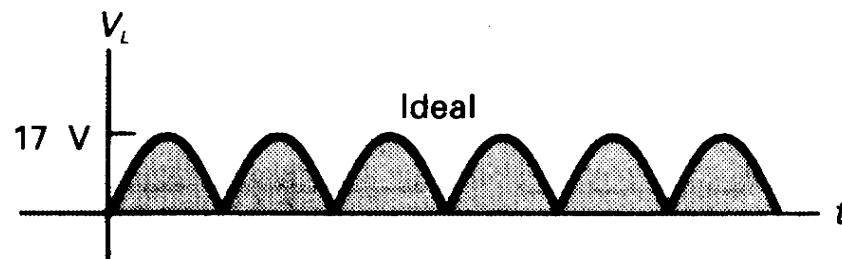


Fig. 4.4 Señal de Onda Completa

4.1.2.1 Valor medio

Si se conecta un voltímetro de continua a la resistencia de carga de la figura, indicará una tensión igual a $2 V_p / \pi$, que equivale a

$$V_{cc} = 0,636 V_p$$

Donde V_p es el valor de pico de la señal de media onda en la resistencia de carga. Por ejemplo, si la tensión de pico es 17 v, el voltímetro indicará

$$V_{cc} = 0,636(17 \text{ V}) = 10,8 \text{ V}$$

¹ **Ley de Ohm.**- es una ley de la electrónica que nos demuestra la relación que existe entre el voltaje, la corriente y la resistencia, siendo esta directa o indirectamente proporcional respectivamente.

Esta tensión es el valor medio de la señal de onda completa, ya que el voltímetro indica la tensión media de un ciclo completo.

4.1.2.2 Frecuencia de salida

La frecuencia de la señal de onda completa es el doble de la frecuencia de entrada. ¿Por qué? Recuérdese cómo está definido un ciclo completo. Una onda tiene un ciclo completo cuando se repite. En la Fig. 4.4 la onda rectificadora comienza a repetirse después de medio ciclo de la tensión en el primario. Como el período T_1 de la tensión de red es:

$$T_1 = \frac{1}{f} = \frac{1}{60 \text{ Hz}} = 0,0167 \text{ s} = 16,7 \text{ ms}$$

el período de tensión rectificadora en la carga es

$$T_2 = \frac{16,7 \text{ ms}}{2} = 8,33 \text{ ms}$$

la frecuencia de la tensión en la carga es igual a

$$f_2 = \frac{1}{T_2} \tag{4.3}$$

$$f_2 = \frac{1}{8,33 \text{ ms}} = 120 \text{ Hz}$$

Todo indica que la frecuencia de salida es igual al doble de la frecuencia de entrada. O sea:

$$f_{\text{sal}} = 2 f_{\text{en}} \quad (4.4)$$

4.1.3 Puente Rectificador

La figura muestra un *puente rectificador*. Mediante el uso de cuatro diodos en lugar de dos, este diseño elimina la necesidad de la conexión intermedia del secundario del transformador.

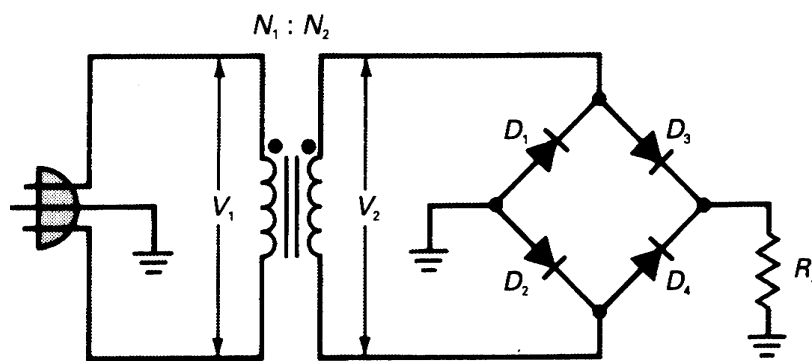


Fig. 4.5 Puente Rectificador

La ventaja de no usar dicha conexión es que la tensión en la carga rectificadora es el doble que la que se obtendrá con el rectificador de onda completa.

Durante el semiciclo positivo de la tensión de red, los diodos D_2 y D_3 conducen; esto produce un semiciclo positivo en la resistencia de carga. Los diodos D_1 y D_4 conducen durante el semiciclo negativo; lo que produce otro semiciclo positivo en la resistencia de carga. El resultado es una señal de onda completa en la resistencia de carga.

Por ejemplo, suponiendo que la Fig. 4.5 muestre un transformador con una relación de espiras de 5:1, un voltaje de entrada de 120 V con una frecuencia de 60 Hz.

La tensión de pico en el primario es

$$V_{p1} = \frac{120 \text{ V}}{0,707} = 170 \text{ V}$$

La tensión de pico en el secundario es

$$V_{p2} = \frac{170 \text{ V}}{5} = 34 \text{ V}$$

Como toda la tensión del secundario está aplicada a los diodos que conducen en serie con la resistencia de carga, la tensión en la carga tiene un valor de pico ideal de 34 V, el doble de lo que da el rectificador de onda completa.

La forma de onda es idéntica a la de la tensión en un rectificador de onda completa. Por lo tanto la frecuencia de la señal rectificada es igual a 120 Hz del doble de la frecuencia de red. Por la Ley de Ohm, la corriente en la carga es una señal de onda completa con un valor de pico de

$$I_p = \frac{34 \text{ V}}{1 \text{ K}\Omega} = 34 \text{ mA}$$

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN DEL ENTRENADOR

5.1 Generalidades

El entrenador EB-1 es un completo laboratorio portátil de electrónica proyectado para facilitar la realización de pruebas y experimentos con circuitos electrónicos básicos por parte de estudiantes, profesores y aficionados.(Ver anexo 1).

El sistema que alimenta directamente de la red pública de 115 V_{AC} / 60 Hz a través de un cordón monofásico y esta protegido por un fusible general de 0,5 A y proporciona diversa utilidades dentro de las cuales puede citar las siguientes:

- ◆ Una fuente DC regulada lineal, variable desde 1,25V hasta 25V y capacidad de 1 A. Incluye un medidor de voltaje, un fusible de protección y dos bornes de salida (+ , -). Sus aplicaciones incluyen alimentación de circuitos análogos y/o digitales tanto discretos como integrados, análisis y prueba de componentes y circuitos pasivos en régimen DC, etc.
- ◆ Una fuente AC de 60 Hz con salidas de voltaje fijas de 6V, 9V y 12 V, y capacidad de 1 A. Incluye 4 bornes de acceso, uno de referencia (0V) y 3 de salida (6V, 9V, 12V). Útil para realizar y experimentar con rectificadores y fuentes de alimentación, analizar y comprobar componentes y circuitos pasivos en régimen AC de 60 Hz, derivar señales de referencia de tiempo sincronizadas con la red de AC, y otras aplicaciones.
- ◆ Un multímetro digital de 20 K / V en DC y 8 K / V en AC con rangos de voltaje de AC de 0 – 10 – 50 – 250 y 1000V; rangos de voltaje DC de 0 – 2,5 – 10 – 50 – 250 y 1000V; rangos de corriente en DC de 0 – 5 – 50 – 500 mA y 10 A en jack separado;

rangos de resistencia de $R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 1K$ (50 ohmios en el centro) incluye zumbador para prueba de continuidad y 2 puntas de prueba, escala graduada con elemento reflector para minimizar errores de medida y perilla selectoras de funciones y rangos. Esta fijado al panel de trabajo a lado de los protoboards, pudiéndose utilizar como instrumento independiente y autónomo. Sus aplicaciones incluyen la realización de mediciones de voltaje y corriente en los circuitos locales (montados en el protoboard) o en circuitos externos, así como medidas de resistencia en elementos aislados (no incorporados a un circuito). Posee también dos terminales para la prueba de pilas y baterías de hasta de 9V.

- ◆ Un parlante dinámico independiente de $8\Omega / 0,5 W$, con dos conectores de presión de acceso, para la reproducción de señales sonoras de amplificadores, alarmas y otros circuitos de audio. La cabina interna del entrenador actúa como caja acústica o baffle, permitiendo obtener un sonido de salida mas realista y puro.

- ◆ Dos protoboards o tableros de conexiones sin soldadura de fácil acceso y convenientemente localizados para realizar el montaje rápido y seguro de experimentos, circuitos y proyectos electrónicos. Están firmemente asegurados a la estructura metálica (chasis) del equipo mediante un adhesivo especial para mayor comodidad de trabajo y proporcionan cerca de 1720 puntos de contacto, todos a disposición del usuario. El espacio de trabajo a su alrededor puede ser completado por relés, zumbador, potenciómetros, y otros dispositivos.

- ◆ Una salida auxiliar de $115 V_{AC} / 60 Hz$, útil para realizar experimentos de potencia o alimentar lámparas, cautines y otros artefactos eléctricos de baja demanda de corriente.

5.2 Estudio de Alternativas

Cuando se emprende el desarrollo de un proyecto electrónico se deben tener en cuenta varios factores; por ejemplo, cuál es su propósito o finalidad, qué herramienta y componentes se requieren para su elaboración, la disponibilidad de los mismos, cuál va a ser su presentación final, etc. Todos estos aspectos se deben tener en cuenta antes de empezar, ya que su buena planeación depende en gran parte del éxito o fracaso del proyecto.

La elaboración de un proyecto electrónico es una tarea en la que se requiere tener algunos conocimientos básicos en el área, como son la identificación de los componentes, tanto en su forma física como en su representación en un diagrama, y el conocimiento de las unidades de medida con que se trabajan, también se debe conocer un poco sobre la interpretación de planos o diagramas electrónicos.

Para la construcción del entrenador y de los módulos se han realizado una serie de estudios tanto económicos como técnicos de los diferentes materiales que se emplearán en su implementación.

En la construcción física del entrenador se analizaron las posibilidades de diseño en materiales de metal (toll), madera y la combinación de los dos materiales.

Con el material puramente de metal se logrará un entrenador pesado y costoso, con el material de madera se obtendrá un módulo más barato pero poco ilustrativo. Al combinar los dos materiales tanto el metal como la madera, se logrará un entrenador de costo mediano y llamativo, es el que se ha utilizado en el presente proyecto.

Para la implementación de los módulos se ha recurrido primeramente a analizar las necesidades que se requieren para la ejecución de una manera fácil, práctica y entretenida de las diferentes prácticas que se desarrollan con él. Para ello se ha estudiado los requerimientos eléctricos y técnicos que permitirán manejar fácilmente el entrenador.

Todos los laboratorios cuentan con fuentes de alimentación tanto de cd como de ca. Además toda persona con conocimientos de electrónica requiere de instrumentos de medida como voltímetros, multímetros, etc.

El multímetro es un instrumento que permite realizar las medidas más necesarias y frecuentes como son resistencia, voltaje y corriente en todo tipo de circuitos eléctricos y electrónicos. Esto lo convierte en una herramienta indispensable en electrónica.

Existen dos tipos de multímetro: Los análogos y los digitales. Los análogos tienen un panel en su parte delantera superior en varias escalas por donde se desplaza una aguja que indica el valor medido.

Los digitales muestran el valor medido directamente en números con uno o varios decimales dependiendo de su precisión. Los multímetros se distinguen por su cantidad de escalas, funciones y por su calidad y precisión.

En el presente proyecto se ha escogido el multímetro digital por ser más preciso y por brindar otras ventajas como facilidad de lectura y socket para probar elementos transistores y diodos.

Los dispositivos de protección protegen la carga contra niveles de voltaje o corriente anormales. Los fusibles y los breakers protegen la carga contra sobre corrientes, desconectando físicamente el circuito, mientras que los otros la protegen contra sobrevoltajes, absorbiendo el voltaje excedente.

Para la ejecución de las prácticas con dispositivos de potencia es indispensable contar con fuentes de corriente alterna (CA) y corriente continua (CC). Las señales de corriente alterna pueden tomarse de la red pública, y debido a que se desarrollarán prácticas con estudiantes que están iniciando con el mundo de la electrónica deberán trabajar con fuentes menores de 110V/60Hz como 20 Vca, 10 Vca, 6 Vca, etc. Para ello se necesitarán de un transformador que permite acondicionar la señal de 110 V.

Se ha estudiado los transformadores disponibles en el mercado y de ello se indica que el que se utilizará es el transformador de 110V/60Hz a 12-0-12 V. El mismo que permitirá obtener salidas de 6V, 9V y 12V con una capacidad de 1A.

En las prácticas se necesitan fuentes de corriente continua (CC), sin embargo no todos los dispositivos electrónicos trabajan con voltajes de un solo valor. Es por ello que se ha visto en la necesidad de implementar una fuente variable (regulador de voltaje variable) de 1.2V a 25V de cd.

La mayoría de las cargas que permiten manejar los dispositivos de potencia pueden ser motores, focos, taladros, ventiladores, etc. En virtud del costo que puede representar un motor se implementarán las prácticas con focos que permitan simular una carga como

los ventiladores, taladros, etc. Pensando entonces acondicionar un módulo en el que cuente con estos dispositivos y elementos que faciliten la ejecución de las prácticas.

En Electrónica, un prototipo (protoboard) es un aparato preliminar que permite montar y modificar fácil y rápidamente circuitos electrónicos sin soldaduras, permitiendo que los que ejecutan las prácticas puedan comprobar y desarrollar los circuitos. Los estudiantes entonces desarrollan sus prácticas en el proto que se instalará en el entrenador.

5.3 Materiales

El entrenador está constituido por los siguientes materiales:

- 1 Resistencia de $1,5\text{ K}\Omega$, $\frac{1}{4}\text{ W}$ (R1) *
- 1 Resistencia de $240\ \Omega$, $\frac{1}{2}\text{ W}$ (R2) *.
- 1 Potenciómetro lineal de $5\text{ K}\Omega$ para chasis (P1) *
- 1 Condensador de tantalio de $1\ \mu\text{F}/35\text{V}$ (C3) *
- Condensadores electrolíticos $2200\ \mu\text{F}/50\text{V}$ *
- 1 Condensador electrolítico de $10\ \mu\text{F}/50\text{V}$ (C4) *
- 1 Transformador MAGOM
- 1 Parlante dinámico de $8\ \Omega$, $0,5\text{ W}$, $2\ \frac{1}{4}$ “
- 1 Multímetro digital
- 1 Voltímetro DC de 0 a 30 V para chasis
- Diodos de 1 A (1N4004 o equivalentes) *
- 1 Regulador de voltaje LM317 *
- 1 Cable de alimentación AWG18 con enchufe monofásico
- 1 Cable ribbon de 2 líneas calibre AWG28
- 1 Cable vehículo duplex AWG28 polarizado rojo / negro

- 1 Cable sencillo AWG22
- 12 Terminales para circuito impreso (espanelines) *
- Borneras de presión de dos elementos
- 1 Bornera de presión de cuatro elementos
- 1 Fusible corto de 0,5A/250V
- 1 Fusible corto de 1 A/250V
- 1 Interruptor de balancín con piloto
- Portafusibles pequeños para chasis
- 1 Tomacorriente monofásico para chasis
- 1 Protoboard largo
- 1 Circuito impreso K-025 (fuente variable 1 A) *
- 1 Disipador de calor para cápsulas TO-220 *
- Piezas de Velcro
- 1 Pasacable de caucho
- Patas de caucho
- 1 Chasis de montaje EB-1
- Tapas laterales de madera
- 15 tornillos milimétricos con tuerca
- 1 Perilla estriada negra
- Separadores plásticos

Nota : Los componentes marcados con un asterisco (*) forman parte de la tarjeta de fuente variable K-025.

5.4 Constitución Interna (Alambrado)

En el anexo 2 se muestra el diagrama general de las conexiones del entrenador. El sistema está desarrollado, básicamente, alrededor de un transformador de potencia con secundario dividido y una fuente DC variable.

La tensión de entrada, proveniente de la red de distribución pública se aplica al primario de T1 a través de la clavija PL1, el fusible general F1 (0.5 A) y el interruptor S1. Este ultimo incorpora un indicador de neón que se ilumina automáticamente cuando S1 se sitúa en la posición de conectado (ON). En los TAPS del secundario se obtienen tensiones de salida de 6 V_{AC}, 9V_{AC}, 12 V_{AC} y 21 V_{AC}.

Las tres primeras son accesibles al primario desde el conector de 4 vías J1. La salida de 20 V_{AC} se utiliza localmente para alimentar la fuente variable.

Todas las tensiones de AC están referidas al TAP 0. la tensión de 6 V_{AC} se obtiene entre los TAPS 0 y 6, y la tensión de 9 V_{AC} entre los TAPS 0 y 9. la tensión de 12 V_{AC} entre los TAPS 0 y 12 y la tensión de 21 V_{AC} entre los TAPS 0 y 21.

También es posible obtener otras tensiones AC, no referidas a 0V. Por ejemplo 3 V_{AC} entre los TAPS m12 y 9, 9V_{AC} entre los TAPS 21 y 12, 11V_{AC} entre los TAPS 21 y 9.

La fuente variable K-025, esta desarrollada alrededor de un regulador de voltaje LM 317. El potenciómetro P1 actúa como control de voltaje. El usuario tiene acceso al voltaje de salida a través del conector de dos vías J2. El valor de este voltaje se monitorea

directamente en el medidor M1. El fusible F2 (1 A) protege la fuente en caso de sobrecorriente.

El parlante SP1 los protoboards PB1 y el multímetro análogo M2 son completamente autónomos y no están incorporados a ningún circuito en particular. El parlante asiste al usuario en la realización de pruebas de audio que requiera la reproducción de sonidos. El protoboard permite el montaje, sin necesidades de soldaduras, desde circuitos pasivos y activos, simples hasta circuitos análogos y digitales relativamente complejos.

5.5 Tabla de Reparación

(Ver Anexo 3)

5.6 Manual de Probadores

(Ver Anexo 4)

5.7 Ensamblaje del Entrenador

En el caso que se necesite implementar el laboratorio con más entrenadores, a continuación se detalla los materiales y los pasos para ensamblar el entrenador básico.

Antes de comenzar el ensamblaje del entrenador básico, debe revisarse cuidadosamente la lista de materiales para verificar que los elementos se encuentren completos y en orden.

Provéase también, como mínimo de las siguientes herramientas y materiales con el fin de hacerle al trabajo más fácil y ágil:

- 1 Cautín de 25 W
- 1 Pinza cortafríos o de corte diagonal
- 1 Pinza de puntas planas
- 1 Pinza pelacables
- 1 destornillador de punta plan mediano
- 1 destornillador de punta de estrella mediano
- 1 multímetro análogo o digital
- soldadura (estaño)
- Pegante

Una vez asegurados los materiales y equipo necesario se procede al ensamblaje del entrenador mediante los siguientes pasos:

PASO 1

Primeramente instalar y soldar los siguientes componentes a la tarjeta de circuito impreso K-025 (PCB1):

- Las resistencias de 150 K (R1) y 240 ohmios (R2)
- Los diodos de 1 A (D1, D2, D3, D4, D6, D7)
- Los condensadores de 2200 μ F (C1, C2), 10 μ F (C3) y 1 μ F (C4)
- El regulador LM317 (IC1)

siguiendo las instrucciones proporcionadas en los pasos 1 hasta 7.

PASO 2

Asegurarse el regulador al disipador de calor y a la tarjeta utilizando un tornillo con tuerca.

PASO 3

Instalar y soldar los terminales en los pads de la tarjeta rotulados “salida”, “fusible 1A”, “AC 18 V” y “P1”. Solamente deberán quedar libres los pads correspondientes al led D5 y a la salida opcional para voltímetro.

PASO 4

Revisar detenidamente la tarjeta K-025 ensamblada para detectar soldaduras defectuosas, pistas en corto circuito, componentes faltantes, mal orientados o en el sitio incorrecto, etc.

PASO 5

Una vez detectados y corregidos los posibles errores, asegurar la tarjeta a la pared posterior interna del chasis utilizando cuatro tornillos milimétricos con tuerca y cuatro separadores plásticos.

PASO 6

Separar la sección principal del chasis y verificar que tenga puestas las debidas señales de identificación y con la orientación correcta.

PASO 7

Asegurar a la estructura, en sus lugares respectivos los siguientes elementos:

- El transformador EB-1 (T1)
- El pasacable del cordón de potencia (PL1)
- Los portafusibles de F1 y F2
- El tomacorriente auxiliar (SO1)
- El interruptor general (S1)
- El medidor de voltaje de la fuente (M1)
- El potenciómetro de control de voltaje (P1)
- El parlante (SP1)
- Los conectores de presión J1 (salidas AC), J2 (salidas DC) y J3 (parlante)

PASO 8

Separar el cordón de alimentación (PL1) del conjunto de partes y corte a unos 20 cm de la punta. Con el segmento recortado obtenemos 4 tramos de cable sencillo. Estañar las puntas de estos tramos y las del cordón mismo.

PASO 9

Introducir el extremo libre del cordón de alimentación (PL1) por el pasacable, y realice en el interior del chasis, a unos 10 cm de las puntas, un nudo de seguridad. Este nudo proporciona firmeza mecánica a la conexión de entrada, evitando que al halar el cable se ejerza una tensión excesiva sobre los conductores, suficiente para desprenderlos del tomacorriente y crear un riesgo latente de un cortocircuito.

PASO 10

Realizar la interconexión de la tarjeta K-025, el transformador T1 y todos los demás elementos eléctricos previamente fijados al chasis.

PASO 11

Finalizar el ensamble retirando la capa que protege la parte posterior del protoboard y adhiriendo este último al área de trabajo del chasis. Sitúelo en el centro de la posición más conveniente para las necesidades del trabajo diario.

5.8 Prueba de Funcionamiento

Una vez armado el entrenador completamente, antes de ponerlo en funcionamiento, se debe realizar un chequeo preliminar del ensamblaje. Para ello se debe buscar posibles errores en el armado y ensamblaje, como condensadores o diodos al revés, el transformador conectado al contrario los bornes haciendo contacto con la caja metálica.

Si el transformador se conecta al contrario, se producir un daño definitivo en su combinado y puede provocar un cortocircuito quedando a la vez inservible par cualquier uso.

Una vez seguro de que todo está bien, gire totalmente la perilla P1 en sentido antihorario, lo que hace que en los bornes de salida se presente el mínimo voltaje. Esto sucede si se ha conectado los terminales de P1 exactamente como se muestra en el diagrama de alambrado.

Conectar la alimentación y encender el circuito con el interruptor de potencia; el voltímetro debe marcar 1,2 V. Si giramos la perilla en sentido horario, entonces el voltímetro registrará un aumento en su lectura hasta llegar a 25V aproximadamente.

Verificar con un multímetro que el voltaje mostrado en el voltímetro de la fuente sea verdadero.

Si al encender la fuente nota algo extraño en su funcionamiento, apague inmediatamente.

Verificar con un multímetro de V_{AC} y V_{DC} , las cuales como ya se ha comentado deben ser de 6,9 y 12 V referenciados con el terminal 0 V.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez que se ha concluido el presente trabajo y bajo las diferentes experiencias obtenidas durante el desarrollo de cada una de las prácticas se puede concluir y recomendar:

6.1 Conclusiones

1.- El objetivo al iniciar el presente proyecto ha sido optimizar el laboratorio de electrónica a través de una investigación profunda de los dispositivos y circuitos que se pueden acoplar al entrenador o implementarse y de esta manera proveer los conocimientos necesarios a un alto nivel a las futuras generaciones. Bajo este criterio se logró optimizar el laboratorio con la implementación de entrenadores y módulos que permiten la realización y exposición práctica de diodos semiconductores, por lo que se considera haber alcanzado la meta propuesta esperando que los esfuerzos realizados sean aprovechados.

2.- Las prácticas propuestas para el aprovechamiento del entrenador permiten una instrucción individual del estudiante ya que ofrece un elevado nivel de participación directa del estudiante en cada práctica.

3.- Los materiales y módulos son prácticos, actualizados y responden a las necesidades requeridas en el aprendizaje de los estudiantes del I.T.S.A

4.- En la elaboración de guías se ha estudiado las características y funcionamiento de cada uno de los elementos principales que forman parte de los diodos semiconductores.

5.- El desarrollo tecnológico en el país y el mundo, ha dado lugar a que los dispositivos semiconductores hayan desplazado casi por completo a elementos obsoletos como las válvulas, por las diversas ventajas que estos ofrecen. Estas válvulas poco a poco han ido desapareciendo y es muy difícil encontrar repuestos porque ya no se los fabrican en la actualidad.

6.- El calor produce vibraciones moleculares que tienden a perturbar la ordenación de los átomos. Esta energía térmica produce vibración de los átomos y como consecuencia la separación o aproximación de los núcleos; la separación puede ser tal que se puede romper un enlace. Es por esa razón que depende de la temperatura la conducción dentro de un material semiconductor.

7.- En rectificación, al colocar un diodo en serie con una carga y aplicar corriente alterna (CA), solo circula corriente y se produce tensión en la carga durante los semiciclos positivos, pasando la intensidad por la carga siempre en la misma dirección y manteniéndose fija la polaridad entre sus extremos. En los semiciclos negativos la intensidad que circula es despreciable.

6.2 Recomendaciones

1.- El principio fundamental de aprendizaje en la electrónica es la realización práctica de los conocimientos adquiridos y esto se logra a través de una serie de experimentos en el laboratorio. Mientras se desarrolla las prácticas se descubre o discierne con facilidad los conceptos relacionados a su teoría, es por ello, que se recomienda continuar optimizando el laboratorio de tal manera que permitan alcanzar una tecnología de punta en el I.T.S.A.

- 2.- Los diferentes módulos y el entrenador implementados en el laboratorio son seguros y confiables poseen protecciones para evitar daños en los mismos, sin embargo se recomienda que las personas encargadas de operarlos reciban capacitación sobre el manejo.
- 3.- Se recomienda que antes de llevar a cabo cada una de las prácticas se preparen y estudien los temas correspondientes a ellas, para lograr un mejor desenvolvimiento y entendimiento del desarrollo de las mismas, para que puedan darles el mantenimiento necesario que requieren.
- 4.- Los pasos indicados en el procedimiento de cada práctica se deben seguir en forma estricta, a fin de lograr el objetivo propuesto en cada una de ellas, así como también se evitarán daños en los equipos existentes.
- 5.- En la práctica, al realizar las instalaciones e interconexiones de todos los elementos que conforman el entrenador se debe tomar todas las medidas de seguridad ya que es importante su bienestar y el de los equipos.
- 6.- En caso de que se tenga la necesidad de reparar el entrenador, se recomienda seguir al pie de la letra las instrucciones de ensamblaje para realizar correctamente los cambios y arreglos necesarios.
- 7.- Se recomienda también que se designe a una persona en especial para que se haga cargo exclusivamente del buen uso del entrenador, y que sea a esta persona a la que se le capacite mediante este documento para que verifique fallas, las arregle y así brinde las comodidades para un trabajo confiable.

ANEXOS

ANEXO 3

Tabla de Reparación

TIPO DE FALLA	POSIBLE AVERIA
El circuito no enciende cuando se acciona el interruptor en general.	<ul style="list-style-type: none">* El fusible no está puesto o está quemado* Se ha equivocado en la conexión del interruptor general.* Al transformador se le ha quemado su devanado.* Los bornes de salida están haciendo corto con el chasis.* El cable de alimentación está interrumpido.
La fuente enciende normalmente pero su voltaje permanece constante aunque se varíe el eje del potenciómetro	<ul style="list-style-type: none">* El regulador de voltaje está quemado* El diodo está en corto.* El potenciómetro está mal conectado o está en mal estado.
Cuando se enciende la fuente el fusible se quema durante la etapa de rectificación	<ul style="list-style-type: none">* Se ha equivocado en la instalación de los diodos del puente rectificador.* Existe un posible corto en la etapa de rectificación.

ANEXO 4

Manual de Probadores

Uno de los problemas más frecuentes con que se encuentra el estudiante de electrónica, o el técnico poco experimentado, es como realizar pruebas sobre el estado de diodos, transistores y capacitores e incluso como se efectúa la medición para conocer el valor de estos (capacitores). En este manual se explica el modo de realizar pruebas sobre los elementos mencionados con un multímetro y además se proporciona un entrenador compuesto por un transformador. De esta manera cubrimos un espacio en blanco que seguramente tienen muchos estudiantes.

Probador de Diodo Rectificador

1. Primeramente coloque el diodo rectificador polarizado directamente.
2. Alimente el circuito con 5 Vdc. Observe si se enciende el led, si este se enciende, el diodo se encuentra en buen estado.
3. Retire el diodo y colóquelo ahora en polarización inversa.
4. Observe si se enciende el led, si este no se enciende se encuentra en buen estado, caso contrario se encuentra en corto (mal estado).

Probador de Diodo Zener

1. Inserte el diodo zener en el circuito (polarizado directamente).
2. Alimente con 25 Vdc.
3. Mida el voltaje con un voltímetro, debe medir de 0,8 V hasta 1,5 V., si mide el voltaje de la fuente el diodo zener está abierto.
4. Invierta la polaridad del zener.

5. Mida el voltaje en el mismo, si marca un valor de voltaje alto el zener está en buenas condiciones, si marca un valor aproximado igual a 0V. o al voltaje de la fuente (25V) el zener está en corto circuito o abierto respectivamente.

Probador de Transistores

1. Verifique que tipo de transistor es. (Utilice el ECG).
2. Los puentes J1 y J2 se deben mover al contacto positivo o negativo dependiendo de si estamos chequeando un transistor NPN o PNP.

Cuando el puente J1 es positivo y el J2 es negativo, estamos chequeando el transistor PNP.
3. Coloque el interruptor J1 en el lado positivo que es la parte de arriba del circuito, y el interruptor J2 en el lado negativo que es el lado de abajo del circuito.
4. Inserte un transistor en el circuito, en el sitio para prueba asegurándose de que el emisor (E), la base (B) y e colector (C) estén colocados en la posición correcta.
5. Alimente el circuito con 9 Vdc.
6. Presione el pulsador. Si el transistor está en bueno uno de los leds se iluminará y al mismo tiempo indicará si el transistor es PNP o NPN.
7. Si el transistor bajo prueba está en corto circuito, un led se pondrá muy brillante sin haber presionado el pulsador. Si usted desea simular una condición de corto circuito, coloque un alambre en puente entre el emisor (E) y el colector (C).

BIBLIOGRAFÍA

ELECTRÓNICA GENERAL (TOMO II)

FONTAINE G.

ELECTRÓNICA MODERNA (ENCICLOPEDIA)

ANGULO, José Ma.

PRINCIPIOS DE ELECTRONICA

MALVINO, Albert Paul

INTERNET

www.altavista.com

www.google.com

www.monografias.com