

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA

23² Eje



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"MANUAL DE PRACTICAS DEL LABORATORIO
DE ELECTRONICA DE POTENCIA".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

MARIO ALBERTO SILVA DIAZ

GUADALAJARA, JAL.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTRODUCCION	1
PROLOGO AL ESTUDIANTE	3
MATERIALES Y REGIMENES	4
MATERIALES SEMICONDUCTORES	
RESISTIVIDAD	
REGIMENES DE LOS DISPOSITIVOS	
TIPOS DE REGIMENES	
INTRODUCCION A LOS CIRCUITOS RECTIFICADORES	7
ANALISIS DE LA CIRCULACION DE PORTADORES	
SILICIO TIPO " N "	
SILICIO TIPO " P "	
JUNTURAS P-N	
CONDICIONES DE POLARIZACION INVERSA	
CONDICIONES DE POLARIZACION DIRECTA	
CARACTERISTICAS ELECTRICAS	15
CURVA CARACTERISTICA	
CAIDA DE TENSION DIRECTA	
CAIDA DE TENSION INVERSA	
TIEMPO DE RECUPERACION INVERSA	
PRACTICA NO. 1	18
RECTIFICADOR MONOFASICO DE MEDIA ONDA	
PRACTICA NO. 2	22
RECTIFICADOR MONOFASICO DE ONDA COMPLETA	
PRACTICA NO. 3	26
RECTIFICADOR TRIFASICO DE MEDIA ONDA	
PRACTICA NO. 4	28
RECTIFICADOR TRIFASICO DE ONDA COMPLETA	

INTRODUCCION A LOS DIODOS CONTROLADOS	30
TIRISTORES	
RCS	31
CURVA CARACTERISTICA DEL RCS	
CURVAS CARACTERISTICAS DE COMPUERTA	
TRIAC	37
CURVA CARACTERISTICA	
PRACTICA NO. 5	40
RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO	
PRACTICA NO. 6	45
RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO ACTIVADO CON LUZ	
PRACTICA NO. 7	48
CONTROL DE POTENCIA DE CD POR RCS	
PRACTICA NO. 8	52
CONTROL DE FASE	
PRACTICA NO. 9	55
CONTROL DE FASE POR RED RC	
PRACTICA NO. 10	58
CIRCUITO DE MEDIA ONDA DE CONTROL DE FASE POR RC/SUS	
PRACTICA NO. 11	61
TRANSISTOR DE UNIJUNTURA (UJT)	
PRACTICA NO. 12	66
OSILADOR DE RELAJACION	
PRACTICA NO. 13	70
CIRCUITO DE DISPARO UTILIZANDO PUT	
PRACTICA NO. 14	75
TRIAC	

PRACTICA NO. 15.....	79
DIAC	
PRACTICA NO. 16.....	82
CIRCUITO DE CONTROL DE FASE DIAC/TRIAC	
PRACTICA NO. 17.....	85
CONTROL DE FASE CON SBS-TRIAC	
ESPECIFICACIONES SOBRE EL DISEÑO DEL EQUIPO.....	89
PROCESO DEL DISEÑO	
BIBLIOGRAFIA.....	93

INTRODUCCION

Actualmente la Universidad Autonoma de Guadalajara imparte la asignatura Electronica de Potencia, para los alumnos que cursan la carrera Ingeniero Mecánico Electricista en el area de Sistemas Electricos. El curso tiene como objetivo el de analizar y diseñar circuitos electronicos de potencia de uso industrial, considerando las características, limitaciones y protección de los dispositivos electrónicos.

El presente proyecto enumera una serie de practicas de laboratorio que siguen el plan de estudios propuesto por la UNAM, para la materia Electrónica de Potencia y tiene como finalidad el de infundir en el estudiante de la asignatura, un entendimiento y confianza en un nuevo y amplio campo de conocimientos teóricos, desarrollando ejemplos practicos que deben estar en la reserva del conocimiento de los jóvenes estudiantes de Ingeniería Eléctrica, que se ven interesados por el area de control y protección en potencia.

Con este conocimiento el estudiante adquiere las bases para continuar el aprendizaje sobre semiconductores de potencia, ya que en los últimos años se han mejorado significativamente las características de operación de estos dispositivos lo que ha provocado que el area de acción de los mismos crezca a pasos agigantados, vislumbrándose un amplio horizonte para la aplicación de estos elementos en sistemas de conversión de potencia.

En el capítulo I se hace una breve reseña sobre las principales características de los materiales semiconductores mas comunmente usados y se enumeran los mas importantes regímenes establecidos para los dispositivos de estado solido utilizados en el presente trabajo.

Numerosas ramas de la industria metal mecánica necesitan de tesis directa para diversos procesos. El capítulo II trata de que el estudiante se interese y comprenda los principios básicos de los circuitos rectificadores, con experimentos poco complicados pero completos para el nivel de visualización del estudiante.

El capítulo III describe la manera como se puede controlar la energía suministrada a una carga utilizando elementos de estado sólido. Analiza los dispositivos semiconductores más utilizados para el control y conversión de potencia. Muestra ejemplos de sistemas sencillos que ilustran plenamente los principios que el estudiante puede aplicar. Estos principios conducen a la comprensión de sistemas más complejos que proveen los requisitos de una sociedad que se industrializa cada día más.

El objetivo es, pues, despertar el interés del estudiante, nutrir y acrecentar su apetito por el conocimiento, además de desarrollar su destreza y habilidad práctica que le serán de utilidad en un futuro o para toda la vida de ser interiorizados adecuadamente.

PROLOGO AL ESTUDIANTE

Al utilizar este manual de prácticas, se deben tener en cuenta varias consideraciones necesarias para obtener mejores resultados en los experimentos; estos se anotan a continuación:

Verifique que el equipo de prueba y las conexiones a tierra en los circuitos estén unidas a un punto común, y que los instrumentos de medición se coloquen en la posición señalada del circuito como muestran los diagramas. La mala colocación de los instrumentos de medición puede provocar cargas en el circuito y pequeños (diferencias de potencial) entre los distintos puntos a tierra, lo que puede provocar inexactitudes en la medición.

Debido a que las técnicas de medición apropiadas y los datos exactos son un requisito indispensable para lograr resultados más confiables, se recomienda calibrar los instrumentos de medición y verificar el circuito al iniciar cualquier experimento; para localizar conexiones defectuosas y evitar fallas en las aplicaciones o funcionamiento del equipo de prueba.

Por último y como ya se ha señalado, los manuales de operación de los instrumentos, componentes y dispositivos usados en los experimentos, son fuente primaria de información con relación a capacidad y limitaciones de los mismos.

Se aconseja al estudiante consultarlos antes de cada experimento para que este enterado de los regímenes y características limitativas de los dispositivos de estado sólido.

MATERIALES Y REGIMENES

GENERALIDADES

Los dispositivos de estado sólido son elementos de tamaño reducido pero versátiles que pueden ejecutar una gran variedad de funciones de control en los equipos electrónicos. Al igual que otros dispositivos electrónicos, son capaces de controlar instantáneamente el movimiento de cargas eléctricas. Se les utiliza como amplificadores, osciladores, mezcladores, moduladores, rectificadores y conmutadores electrónicos.

Además, los dispositivos de estado sólido poseen numerosas e importantes ventajas con respecto a los demás tipos de dispositivos electrónicos; son de talla y peso reducido (Algunos tienen longitudes menores al centímetro y pesan apenas unos cuantos gramos); no tienen filamentos ni calefactores y por lo tanto no requieren potencia de caldeo o tiempo de calentamiento; consumen muy poca potencia; son de construcción sólida, extremadamente resistentes y se les puede fabricar de manera que sean inmunes a severas condiciones ambientales.

MATERIALES SEMICONDUCTORES

A diferencia de otros dispositivos electrónicos que dependen para su funcionamiento de la circulación de cargas eléctricas a través del vacío o de un gas, los dispositivos de estado sólido hacen uso de la circulación de corriente en un sólido. En general todos los materiales pueden clasificarse en las siguientes categorías según su capacidad de conducir corriente:

CONDUCTORES
SEMICONDUCTORES
AISLADORES

Los materiales semiconductores más utilizados son el Silicio y el Germanio. El Germanio tiene mayor conductividad

eléctrica que el Silicio por lo que se utiliza en dispositivos que requieren una caída de tensión muy pequeña o que se vean sometidos a altas temperaturas. Generalmente se prefiere al Silicio al Germanio porque las técnicas de procesamiento del primero proporcionan dispositivos más económicos. Como consecuencia el Silicio tiende a remplazar al Germanio en casi todos los tipos de aplicaciones, incluyendo el campo de las señales pequeñas.

RESISTIVIDAD

La aptitud de un material para conducir corriente (conductividad) es directamente proporcional al número de electrones libres del material. Por lo tanto mientras mayor sea el número de electrones libres mejor conductor es el material. Los aisladores tienen muy pocos electrones unidos débilmente , tienen resistividades que alcanzan varios millones de ohms por centímetro, los buenos conductores tales como la plata y el cobre tienen gran cantidad de electrones libres.

Los materiales semiconductores se ubican entre estos dos extremos. El Germanio puro tiene una resistividad de 60 ohms por centímetro. El Silicio puro posee una resistividad considerablemente mayor del orden de 60,000 ohms por centímetro. Sin embargo estos materiales usados en los dispositivos de estado sólido contienen cantidades controladas de ciertas impurezas que reducen su resistividad a aproximadamente 2 ohms por centímetro a la temperatura ambiente.

REGIMENES DE LOS DISPOSITIVOS

Los regímenes establecidos para los dispositivos de estado sólido sirven a los proyectistas de circuitos y equipos para sacar el máximo provecho de las capacidades de comportamiento y servicio de cada tipo.

Este programa de instrucción no considera estas especificaciones para el diseño. Como estos regímenes definen

las condiciones límites dentro de las cuales debe mantenerse a un dispositivo para asegurar su funcionamiento satisfactorio y confiable en los equipos, se considera importante señalarlas con el fin de que el estudiante se interiorice con las principales características de los componentes que va a manejar y al mismo tiempo adquiera las bases para proyectar en un futuro sistemas complejos que provean los requisitos de una sociedad que se industrializa cada día más.

En la industria electrónica se utilizan tres tipos de regímenes:

- SISTEMA MAXIMO ABSOLUTO
- SISTEMA MEDIO DE DISEÑO
- SISTEMA MAXIMO DE DISEÑO

Los regímenes dados en los datos técnicos para los dispositivos de estado sólido se basan en el sistema máximo absoluto. Las pruebas de regímenes son costosas, insumen mucho tiempo y frecuentemente producen la destrucción de los dispositivos que se están probando. Se asegura la validez de los regímenes mediante estrictos controles de procesamiento, y fabricación. Además de amplios controles de calidad en cada etapa del proceso de producción.

TIPOS DE REGIMENES

Los regímenes se dan para aquellos factores causantes de esfuerzos que pueden provocar una degradación en las características del funcionamiento o la eventual falla del dispositivo, a menos que se mantengan dichos factores dentro de ciertos límites. La tabla A enumera los factores críticos de los regímenes usados para especificar las capacidades de operación seguras de los tipos de dispositivos que nos interesan para el presente programa.

II INTRODUCCION A LOS CIRCUITOS RECTIFICADORES

GENERALIDADES

Muchos componentes electronicos se alimentan con corriente continua, que se puede obtener de la red externa alterna, si se intercala un rectificador. Así, un rectificador es un componente que conectado a una red alterna proporciona corriente continua.

Los rectificadores de potencia se fabrican sobre todo, utilizando como materias primas Silicio o Germanio. La pureza muy elevada es una condición básica. Por ejemplo, por cada 1 E13 atomos de Silicio se admite la existencia de un solo atomo de impurezas. Un centímetro cubico contiene cerca de .1 E23 atomos. Tal grado de pureza es equivalente a que en un deposito de agua de 50x12.5x2 metros lleno de agua pura, el volumen de la impureza no sea mayor que una gota de 0.6 mm de diametro. Como el Silicio tiende a remplazar al Germanio en la mayoría de las aplicaciones de semiconductores a continuación analizaremos la estructura de un rectificador de Silicio.(Cuyo funcionamiento es identico al de un rectificador construido de Germanio)

Los rectificadores de Silicio son esencialmente celulas con una juntura P-N simple. Como resultado de ella poseen una baja resistencia a la circulación de corriente en un sentido (DIRECTO), pero alta resistencia en el otro sentido (INVERSO). Pueden funcionar con temperaturas ambiente de mas de 200 °C, con corrientes de varios centenares de amperes y tensiones superiores a los 1000 Volts. Además pueden disponerse en paralelo o en serie para trabajar con corrientes o tensiones elevadas. Esto último, no es recomendable por que estas conexiones pueden acarrear graves problemas incluso la destruccion de los diodos, ya que, aunque sean elementos de una misma denominación, sus características directas e inversas y

sus tiempos de recuperación nunca serán iguales.

Gracias a que la relación entre corrientes directa e inversa es elevada, los rectificadores de Silicio pueden lograr rendimientos superiores al 99%. Cuando son utilizados correctamente alcanzan una larga vida útil, ya que no los afectan la acción del tiempo, la humedad y la temperatura. Son de pequeño tamaño y precio reducido y son muy resistentes a las vibraciones y otras condiciones adversas.

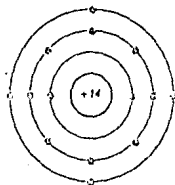
El funcionamiento de un rectificador puede explicarse convenientemente analizando la circulación de portadores de carga a través de la juntura P-N tanto en condiciones de polarización inversa como directa. También se puede analizar la distribución de potencial en la juntura, en cada condición de polarización; con el fin de predecir el comportamiento del rectificador.

ANÁLISIS DE LA CIRCULACION DE PORTADORES

Para lograr un entendimiento completo de la teoría del funcionamiento del rectificador de Silicio, a continuación se analizará la estructura cristalina de este material.

Un átomo se compone de núcleo y electrones. Cada electron posee una carga elemental negativa que se mueve en torno al núcleo positivo. Los electrones de un átomo circundan al núcleo, recorriendo capas fijas, separadas cierta distancia del núcleo (fig. 1).

Figura 1 Representación esquemática del átomo de silicio. En torno al núcleo giran 14 electrones. En la capa interna, 2 electrones, en la intermedia, 8, y en la capa de valencia, 4.



Los electrones de la capa externa son los responsables de los enlaces entre los diversos átomos del material. Determinan la valencia de este y reciben el nombre de electrones de valencia. Estas partículas se pueden alejar del átomo mediante un incremento de energía, como la producido por el calor, la luz o el potencial eléctrico.

El Silicio se cristaliza en el sistema cubico de átomos centrales, se caracteriza por tener cuatro electrones en la capa de valencia, que se combinan con los electrones de átomos adyacentes, ejerciendo sobre estos una fuerza de atracción y constituyendo pares electrónicos cuya ruptura es difícil.

Debido a que tal estructura no tiene electrones unidos debilmente, los materiales semiconductores son malos conductores en condiciones normales. Para poder separar los ligaduras covalentes y proveer electrones libres para la conducción eléctrica, es necesario aplicar altas temperaturas o campos eléctricos intensos.

Para que un cristal de Silicio puro tenga las características semiconductoras necesarias, se requiere combinar el Si. con átomos de otros elementos, lo que se conoce

como impurificación. Mediante el agregado de cantidades casi infinitesimales de los elementos llamados impurezas, es posible modificar y controlar las propiedades eléctricas básicas de los materiales que poseen un electrón de valencia mas (5) o menos (3) que el Silicio.

SILICIO CON CONDUCTIVIDAD " N "

Cundo el átomo de impureza tiene un electrón de valencia mas que el átomo del semiconductor, este electrón adicional no puede formar una ligadura covalente debido a que no hay un electrón de valencia adyacente. El electrón excedente es entoncer atraído muy débilmente por el átomo, según la Fig. 2 y solo requiere una ligera excitación para separarse.

La presencia de tales electrones excedentes hacen al material mejor conductor.

Los elementos de impureza que se agregan a los cristales de Silicio y Germanio para proveer electrones excedentes incluyen Fosforo, Arsenico y Antimonio, el material resultante se denomina " N " debido a que los electrones libres excedentes tienen una carga negativa.

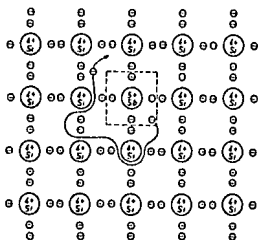


Figura 2 Estructura cristalina de Si con impurezas de Sb y un elemento resultante "n" (electronegativo). El quinto electrón, que permanece libre, se desplaza por la estructura.

SILICIO CON CONDUCTIVIDAD " P "

Se produce un efecto diferente cuando en la estructura cristalina se sustituye un átomo de impureza con un electrón de valencia menos que el átomo semiconductor. Aunque todos los electrones de valencia del átomo de impureza forman ligaduras covalentes con los electrones de los átomos vecinos del semiconductor, una de las ligaduras de la estructura cristalina no puede completarse. Como consecuencia de ello, aparece un vacío o hueco en la red cristalina como se muestra en la Fig. 3. Un electrón de la ligadura covalente adyacente puede entonces absorber suficiente energía para romper su ligadura y moverse a través de la red para llenar el hueco.

Se considera que el lugar vacío de la estructura cristalina tiene una carga eléctrica positiva por que representa la ausencia de un electrón. El material semiconductor que contiene huecos o cargas positivas se denomina material tipo " P " y se forma agregando Boro, Aluminio, Galio o Indio al semiconductor. (Fig. 3).

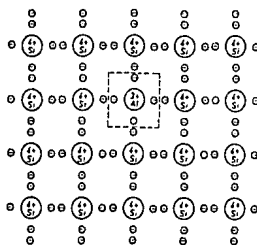
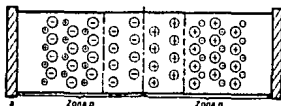


Figura 3 Estructura cristalina de Si con impurezas de Al. El elemento resultante es "p" (electropositivo).

JUNTURAS P-N

Cuando se ponen en contacto dos materiales uno tipo P y otro tipo N se produce en la línea de unión llamada juntura, una interacción entre los dos tipos de materiales como resultado de los huecos en un material y de los electrones excedentes en el otro.

Cuando se forma una juntura P-N algunos de los electrones libres del material tipo N se difunden a través de la juntura y se recombinan con los huecos de la estructura cristalina del material tipo P, en forma similar algunos huecos del material tipo P se recombinan con los electrones del material tipo N al otro lado de la juntura. Esta interacción es puesta en equilibrio por una pequeña región de carga espacial, llamada región de transición o capa de deserción. El material tipo P adquiere así una ligera carga negativa y el material tipo N una ligera carga positiva. (Fig. 4)



Como resultado del proceso de difusión o interacción se produce un gradiente de potencial a través de la región de carga espacial, que forma una barrera de energía que impide que se sigan difundiendo los portadores de carga a través de la juntura.

CONDICIONES DE POLARIZACION INVERSA

Cuando se aplica polarización inversa (Tensión positiva a la region tipo N y tension negativa a la region tipo P), se produce una distribución desequilibrada de huecos y electrones debido a que la region que rodea a la juntura P-N se vacía de portadores de carga libres. Esta redistribución se produce por que los electrones son atraídos por la tensión positiva aplicada a la región tipo N y los huecos son atraídos por la tensión negativa aplicada a la región tipo P de manera que son remplazados de las posiciones de equilibrio.

El resultado final es que los portadores se alejan de ambos lados de la juntura para crear una región de deserción o región de carga espacial, que puede soportar la tensión aplicada sin que aumente la circulación de corriente (Fig. 5). Solo circulara una pequeña corriente de fuga debido a la generación térmica de pares electron-hueco dentro de la region de deserción.

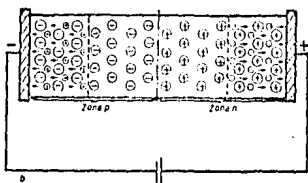


Figura 5

CONDICIONES DE POLARIZACION DIRECTA

La juntura se polariza en sentido directo cuando se aplica tensión positiva a la región tipo P y tensión negativa a la región tipo N. Esta polarización hace que los electrones y los huecos se muevan hacia la juntura y la atraviesen. En consecuencia, la concentración de portadores de carga libre en la región central de la juntura aumenta considerablemente, porque bajo la acción motora de la tensión aplicada, los huecos van de la zona P a la N, y los electrones liberados de N hacia P (Fig. 6). En estas condiciones la resistencia eléctrica de la sección P-N es pequeña. Ya no existe capa de bloqueo; incluso tensiones reducidas (del orden de magnitud de 1 Volt) si se aplican en el rectificador, pueden dar origen al paso de corrientes elevadas.

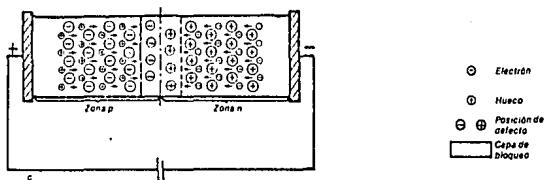


Figura 6

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

CURVA CARACTERISTICA

La figura 7 muestra la curva característica de corriente versus tensión de un rectificador de Silicio.

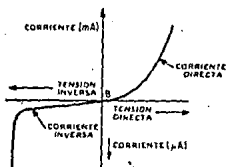


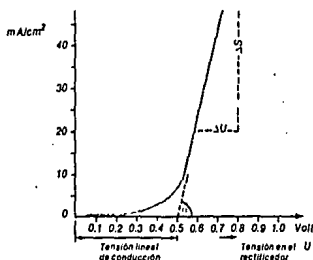
Figura 7 Curva característica de corriente-tensión de un rectificador de silicio.

Se puede observar que la corriente directa es mucho mayor que la corriente inversa en el rango de funcionamiento normal del rectificador. La pequeña corriente inversa aumenta gradualmente al aumentar la tensión inversa conduciendo finalmente a la ruptura de la juntura, como lo indica el aumento brusco de la corriente inversa con tensiones inversas elevadas. Otra característica importante de la curva del rectificador es que la caída de tensión directa permanece pequeña hasta la corriente nominal máxima. Los datos de las curvas dados para los rectificadores de Silicio proporcionan la información que el proyectista de un circuito necesita para predecir las capacidades de su circuito y formar las bases de los regímenes que definiran los límites de funcionamiento seguro del rectificador. Es por eso que a continuación se analizaran las características inherentes del dispositivo que se pueden considerar más importantes.

CAIDA DE TENSION DIRECTA

La principal fuente de pérdida de potencia de un rectificador de Silicio se origina en la caída de tensión en conducción directa. Esta característica constituye, pues, la base de varios de los regímenes del rectificador. El rectificador de Silicio generalmente requiere una tensión directa de 0.4 a 0.8 volts según la temperatura y concentración de impurezas de la unión P-N.

Un ligero aumento en la tensión directa más allá de este punto produce un incremento pronunciado en la corriente directa como se muestra en la figura 8.



La pendiente de la curva tensión-corriente con tensiones superiores a este valor de umbral representa la resistencia dinámica del rectificador, la cual depende de la construcción de la juntura y es inversamente proporcional al área de la pastilla de Silicio.

CAIDA DE TENSION INVERSA

Cuando se aplica una tensión de polarización inversa a través de un rectificador de Silicio circula por este una cantidad limitada de corriente de bloqueo inversa. Esta corriente es del orden de unos pocos de microamperes. Inicialmente la corriente inversa aumenta ligeramente cuando la tensión de bloqueo aumenta, pero luego tiende a permanecer relativamente constante; aun cuando la tensión inversa aumente

significativamente. Si la tensión de bloqueo inversa se incrementa continuamente llega finalmente a un valor (que varía para los diferentes tipos de rectificadores) en el cual se produce un incremento muy brusco de la corriente inversa. Esta tensión se llama tensión de ruptura o de avalancha o zener.

Aunque los rectificadores pueden funcionar sin riesgos en los puntos de avalancha, los mismos pueden destruirse como resultado del embalamiento térmico por bloqueo inverso. El cual es producido si la disipación inversa llega a ser tan grande que, a medida que la temperatura de juntura aumente, las pérdidas aumentan más rápido que la velocidad de enfriamiento.

TIEMPO DE RECUPERACION INVERSA

Después de que un rectificador de Silicio ha funcionado en condiciones de polarización directa, debe transcurrir cierto intervalo de tiempo finito del orden de unos microsegundos antes de que pueda volver a la condición de polarización inversa. Este tiempo de recuperación inversa es una consecuencia directa del gran aumento en la concentración de portadores de carga en la región central o juntura producido por una polarización directa. Si la polarización se invierte bruscamente, algunos de estos portadores cambian subitamente de dirección y se mueven en sentido inverso, mientras que los restantes se recombinan con los de polaridad opuesta. En razón de que hay un número finito de estos portadores en la región de deserción y no hay una fuente que proporcione los portadores de carga libres que puedan reemplazar a los que se alejan de la juntura al instante de cambiar el sentido de conducción, el dispositivo finalmente pasará a la condición de polarización inversa o bloqueo. Durante este período, sin embargo, los portadores de carga constituyen una corriente inversa conocida como corriente de recuperación inversa.

PRACTICA 1 RECTIFICADOR MONOFASICO DE MEDIA ONDA

OBJETIVO:

- A.- Comprobar y analizar el funcionamiento de los circuitos rectificadores monofásicos de media onda.
- B.- Graficar las formas de onda de tensión en los distintos componentes para diversas condiciones de filtraje y carga.

INFORMACION INTRODUCTORIA

El circuito rectificador mas adecuado para una aplicación particular, depende de los requerimientos de tensión y de corriente, de la magnitud de la ondulación (fluctuación indeseable que se produce en la salida de corriente continua a causa de una componente alterna) que puede tolerar el circuito y del tipo de energía CA disponible.

La conexión del rectificador de media onda se utiliza cuando no hay exigencias especiales en lo que se refiere a la variación del valor de la tensión o de la corriente rectificadas. El transformador se utiliza de manera inadecuada, puesto que sólo se aprovecha la mitad de la onda senoidal. Por el devanado secundario del transformador pasa apenas una corriente en uno de los sentidos haciendo que su núcleo se premagnetice. Así, por cada período pasa por el rectificador solo una media onda, y este conducirá toda la circulación de corriente.

Este tipo de circuito rectificador contiene un porcentaje muy elevado de ondulación de salida (alrededor del 121%).

EQUIPO Y MATERIALES

-MODULO DE FUENTE DE ALIMENTACION	ENS9821
-MODULO DE MEDICION CD	ENS8412
-OSCILOSCOPIO	
-MULTIMETRO ANALOGICO	
-MULTIMETRO DIGITAL	
-TABLERO DE EXPERIMENTOS	
-R1	Rectificador de silicio 1N4001
-C1	470 μ F
-C2	470 μ F
-C3	470 μ F
-R1	Resistencia variable 1 k

PROCEDIMIENTO

- 1.a) Conecte el circuito de la figura 1.1, ajuste la fuente de alimentación para el valor de 10 volts (mantenga constante la tensión para todas las mediciones) y R1 para su valor de resistencia máxima.

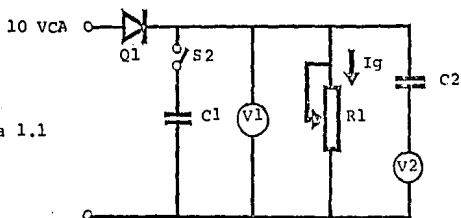


Figura 1.1

Inicialmente use los rangos de 25 Vcd y 25 mAc para los medidores y verifique sus conexiones.

- b) Cierre S2 y ajuste R1 para una corriente de carga $I_g=0$ mA y anote los valores de tensión en V1 y V2. Repita el procedimiento para una $I_g=16$ mA.

V1= _____ v

V2= _____ v

$$\% \text{ ondulaci3n} = V_2 * 100 / V_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

El volt3metro V2 registra la componente alterna que existe todav3a en la tensi3n rectificada. El capacitor de 470 μF tiene la funci3n de evitar la acci3n de la tensi3n continua sobre el instrumento.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Que funci3n tiene el capacitor de filtrado en el c3rcuito?
- 2.- Que pasa si se var3a la capacidad del capacitor y la carga se mantiene constante.
 - a) Con la tensi3n en la carga.?
 - b) Con la ondulaci3n?
- 3.- Cambia la ondulaci3n con la carga?

PRACTICA 2 RECTIFICADOR MONOFASICO DE ONDA COMPLETA

OBJETIVO:

- A.- Se comprobará el funcionamiento de un circuito rectificador de onda completa.
- B.- Se graficarán las curvas de tensión en algunos elementos del circuito, para diversas condiciones de filtraje y carga.

INFORMACION INTRODUCTORIA

Con un rectificador de onda completa, se obtiene mayor aprovechamiento de energía, los tipos mas comunes son el de conexión central y el de conexión en puente. Se utiliza la conexión con derivación central cuando se desea rectificar corrientes elevadas ante tensiones de red de un valor de hasta la mitad del valor nominal del rectificador. Este tipo de conexión utiliza dos rectificadores, en cada rectificador se puede aplicar solo la mitad de la tensión alterna nominal.

Un circuito rectificador en puente para corriente alterna monofásica tiene siempre 4 rectificadores o un número múltiplo de 4. En cada dirección de la corriente se encuentra siempre la mitad de los rectificadores existentes, en serie. Se puede exponer a cada rectificador individual a la mitad de la tensión inversa de pico para la misma tensión de salida. A través de cada rectificador circula sólo el 50 % de la corriente total. Este circuito, por no tener transformador punto medio, proporciona el doble de voltaje de salida que el de un circuito con derivación central con la misma tensión de transformador.

La ondulación del circuito de rectificador de onda completa es alrededor del 48 %.

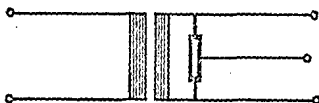
EQUIPO Y MATERIALES

-MODULO DE TRANSFORMADOR		EMS8341
-MODULO DE FUENTE DE ALIMENTACION		EMS8821
-OSCILOSCOPIO		
-MULTIMETRO ANALOGICO		
-Q1,Q2,Q3,Q4	RECT. DE SI.	1N4001
-R1	RES. VARIABLE	1K
-C1		470 μ F
-TABLERO DE EXPERIMENTOS		

PROCEDIMIENTO

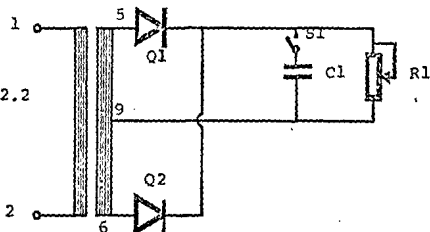
1. a) En la primera parte de esta práctica se comprobará el funcionamiento de un circuito rectificador con conexión de derivación central. Si no existe un transformador con derivación central accesible, creese un punto central artificial con una resistencia como lo muestra la fig. 2.1.

Figura 2.1



Conecta el circuito de la fig. 2.2, en seguida ajuste la salida de la fuente de alimentación a 25 Vca, use el modulo de transformador monofásico EMS8341 y conéctelo como muestra la fig. 2.2. Calibre los medidores y ajústelos a los rangos de 2.5 μ cd y 20 Vcd.

Figura 2.2



- b) Ajuste R1 para que circule a través de la carga una corriente de 16 mA, anote el valor de tensión.

$$V = \underline{\hspace{2cm}} \text{ volts}$$

- c) Conecte el osciloscopio y grafique la forma de onda de la tensión observada en la carga.

Cuántos pulsos de energía recibe la resistencia de carga en un período?

- d) Cierre el interruptor S1 y ajuste R1 para que circule por la carga una corriente de 8 mA. Anote el valor de tensión en la carga y con ayuda del osciloscopio grafique la forma de onda en la misma.

$$V = \underline{\hspace{2cm}} \text{ volts}$$

2.a) A continuación se mostrará la operación de un circuito de onda completa conectado en puente.

Conecte el circuito de la fig. 2.3. Ajuste la fuente de energía para que proporcione una tensión de 25 Vca y ajuste los rangos de los medidores a 25 Vcd y a 2.5 Acd.

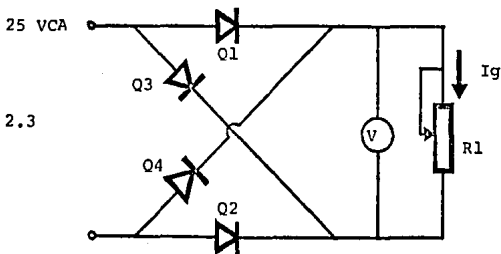


Figura 2.3

- b) Ajuste R_1 para que circule una corriente de carga $I_g=30$ mA. Anote el valor de la tensión en la carga y utilizando el osciloscopio grafique la forma de onda.

$V=$ _____ -volts

El rectificador de onda completa conectado en puente para la misma tensión en el transformador que en el caso anterior nos proporciona un valor de tensión doble.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Anote ventajas y desventajas de los rectificadores de conexión puente y derivación central.
- 2.- Pórque el rectificador tipo puente proporciona el doble de tensión que el de derivación central para las mismas condiciones de transformación?
- 3.- Que tensión inversa soportan los rectificadores en los dos tipos de circuitos?

PRACTICA 3 RECTIFICADOR TRIFASICO DE MEDIA ONDA

OBJETIVO

- A.- Comprobar el funcionamiento de un circuito rectificador trifásico de media onda con conexión en estrella.
- B.- Graficar las curvas de tensión en los distintos componentes del circuito.

INFORMACION INTRODUCTORIA

La conexión rectificadora en estrella, es la conexión trifásica más simple y puede considerarse que esta formada por tres circuitos monofásicos conectados a un punto común en unas de sus extremidades, a través del punto de estrella del secundario de un transformador trifásico. El primario del transformador se conecta en triángulo para evitar que se pierda la simetría de las tensiones de la red, por desequilibrio en las fases del secundario. El circuito trifásico de media onda en estrella utiliza tres rectificadores. Este circuito tiene mucha menos ondulación que los circuitos mencionados anteriormente (alrededor del 18% de ondulación). Además, a través de cada rectificador circula un tercio de la corriente de salida total.

EQUIPO Y MATERIALES

-FUENTE DE ALIMENTACION	EMS821
_MODULO DE MEDICION CD	EMS8412
_OSCILOSCOPIO	
_MULTIMETRO DIGITAL	
_D1,D2,D3	RECTIFICADOR SI 1N4001
_R1	RES VARIABLE 1 K
_TABLERO DE EXPERIMENTOS	

PROCEDIMIENTO

- 1.- a) Conecte el circuito de la figura 3.1, ajuste la fuente de alimentación aun valor de 25 Vca, ponga el rango de los medidores a 20Vcd y 250 mA. Ajuste el valor de la resistencia R1 a su valor máximo.

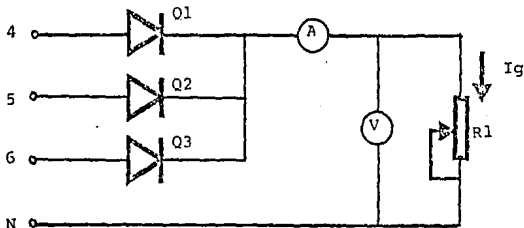


Figura 3.1

- b) Disminuya lentamente la resistencia R1, hasta que la corriente de carga $I_g = 30$ mA. Lea y anote el valor de la tensión en la carga al igual que la corriente a través del diodo.

$V =$ _____ volts $I =$ _____ mA

- c) Conecte el osciloscopio en el punto 1 y grafique la forma de onda de tensión a través de la carga.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Cuál es el número de pulsos por período que recibe la carga?
- 2.- Que proporción de la corriente total en la carga circula a través de cada diodo?

PRACTICA 4 RECTIFICADOR TRIFASICO DE ONDA COMPLETA

OBJETIVO:

- A.- Comprobar el funcionamiento de un circuito rectificador de onda completa con conexión trifásica en puente.
- B,- Graficar la curva de tensión a la salida del rectificador.

INFORMACION INTRODUCTORIA

La conexión trifásica en puente, es una de las conexiones trifásicas más comunes y más utilizadas, ya que la onda de tensión y corriente a la salida, sin filtros tiene solo una ondulación de solo 4.2%. En la mayoría de los casos se puede considerar como corriente continua. Además esta conexión entrega el doble de tensión de salida que el rectificador trifásico de media onda conectado en estrella para las condiciones del mismo transformador. El número de pulsos por período a la salida es de seis. El secundario del transformador puede estar conectado en estrella o en delta ya que no ocupa el punto en estrella neutro.

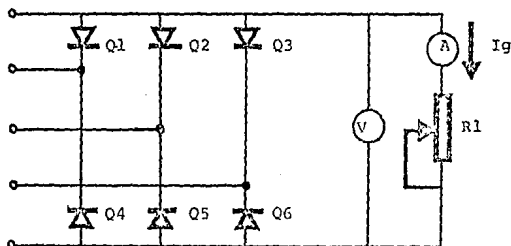
EQUIPO Y MATERIALES

- FUENTE DE ALIMENTACION EMS8821
- OSCILOSCOPIO
- MULTIMETRO ANALOGICO
- R1, R2, R3, R4, R5, R6 RECT SI 1N4001
- R1 RES VAR 1 K
- MODULO DE MEDICION
- TABLERO DE EXPERIMENTOS

PROCEDIMIENTO

- 1.- a) Se conecta el circuito de la figura 4.1, ajuste la fuente de alimentación para que proporcione una tensión de 25 Vca entre fases, y la resistencia R_1 a su valor máximo.

Figura 4.1



- b) Ajuste las escalas de los medidores a 50 Vcd y 2.5 Ad, disminuya la resistencia de R_1 hasta que la corriente de carga $I_g = 40$ mA. Anote el valor de la tensión en la resistencia de carga.

$V_c =$ _____ Volts

- c) Conecte el osciloscopio en el punto 1 y grafique la forma de onda de la curva de tensión en la carga.
- d) Cuántos pulsos por período recibe la resistencia de carga?

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- ¿Qué ventajas tiene la conexión rectificadora trifásica en puente?
- 2.- ¿Qué tensión inversa soportan los diodos?
- 3.- Esta conexión necesita de filtros a la salida?

III INTRODUCCION A LOS DIODOS CONTROLADOS

TIRISTORES

Los tiristores son dispositivos de estado solido cuyas características son similares a las de las valvulas tiratrón. Más específicamente son interruptores de estado sólido cuyo estado estable depende de la realimentación positiva asociada a una estructura PNFN. Básicamente este grupo incluye cualquier dispositivo semiconductor bistable, con tres o mas junturas que puede pasarse de un estado de alta impedancia a un estado de conducción y viceversa, dentro de un cuadrante por lo menos de las curvas características de la tensión principal.

Existen varios tipos de tiristores, los cuales difieren en el número de electrodos terminales y en las características de funcionamiento en el tercer cuadrante (negativo) de las curvas características de tensión-corriente. Los tipos más comunes y los cuales vamos a analizar más a fondo son los tiristores triodicos de bloqueo inverso, llamados comunmente rectificadores controlados de Silicio (RCS) y los tiristores triodicos bidireccionales, conocidos como TRIACS.

RCS

Un RCS es básicamente un dispositivo unidireccional PNPN de cuatro capas proyectado para proporcionar conmutación biestable cuando funciona con polarización directa. El dispositivo tiene 3 electrodos, llamados cátodo, ánodo y compuerta (fig 3.1).

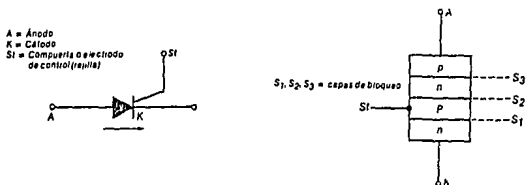


Figura 3.1

La compuerta es el electrodo de control del dispositivo. Cuando la polarización es directa, el potencial del ánodo debe ser positivo con respecto al cátodo. Durante el funcionamiento normal el RCS se enciende aplicando una tensión positiva al electrodo de compuerta. El RCS permanece entonces encendido, aun cuando la tensión de compuerta se elimine o se haga negativa, hasta que la tensión del cátodo se reduzca a un valor inferior al necesario para mantener la corriente de regeneración o directa. Es posible conseguir un apagado más rápido invirtiendo la polarización de corriente directa. Como se muestra en la figura 3.2 la estructura básica PNPN de un RCS es analoga a un par de transistores bipolares NPN y PNP.

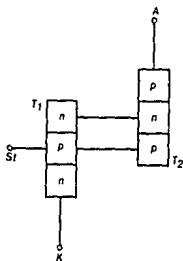


Figura 3.2

Para simular el funcionamiento normal del RCS, el modelo de dos transistores se conecta como lo muestra la figura 3.3.

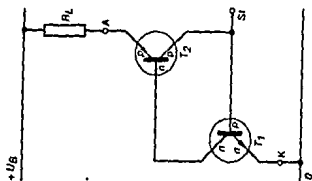


Figura 3.3

El emisor del transistor PNP, Q1 esta retornado al terminal positivo de una fuente de CC, A través de una resistencia limitadora R_L , mientras que el emisor del transistor NPN, Q2 esta retornado al terminal negativo de la fuente CC para proporcionar un camino eléctrico completo. Cuando el modelo esta en estado de no conducción aunque polarizado directamente, permanece en estado de bloqueo presentando una elevada impedancia.

Si se tiene entonces un pulso positivo a la base del transistor NPN, Q2 este se enciende y obliga al colector a reducir su potencial y como resultado de ello comienza a circular una corriente I_A . En razón de que el transistor PNP, Q1 esta en estado activo, su corriente de colector circular hacia la base del transistor NPN y fija las condiciones de regeneración por lo que la corriente I_A seguira circulando incluso después de que desaparezca el impulso de entrada.

Teóricamente el modelo de la figura 3.3 permanece en estado de conducción hasta que la circulación de la corriente principal I_A se reduce a cero. En realidad el apagado se produce en algun valor de corriente superior a cero ya que a medida que la corriente principal se reduce gradualmente hasta cero, la división de corrientes dentro del modelo ya no puede mantener la regeneración necesaria y el modelo pasa al estado de bloqueo.

CURVA CARACTERISTICA DEL RCS

La curva característica de tensión vs. corriente de un RCS indica que estos dispositivos son ideales para la conmutación de potencia. Cuando la tensión existente a través de los terminales principales de este tipo de tiristor esta por debajo del punto de ruptura, la corriente que atraviesa el dispositivo es muy pequeña y el tiristor se comporta como interruptor abierto. Cuando la tensión entre las terminales principales aumenta hasta un valor superior al punto de ruptura, el tiristor pasa a su estado de alta conducción y es efectivamente un interruptor cerrado. El tiristor permanecera en este estado hasta que la corriente que pasa por las terminales principales disminuya por debajo de un valor denominado corriente de mantenimiento. En este punto el tiristor volvera al estado de alta impedancia.

La figura 3.4 muestra la curva característica principal de tensión-corriente de un RCS.

Si observamos la curva nos daremos cuenta que un RCS en condiciones de polarización inversa (Anodo negativo con respecto al Cátodo) se comporta de manera muy similar a la de los rectificadores de silicio polarizados inversamente.

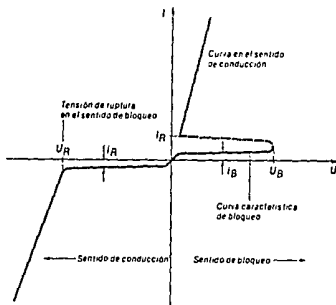
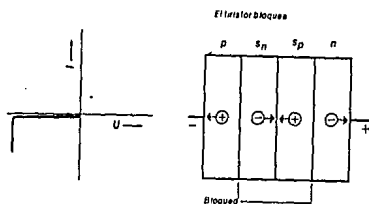
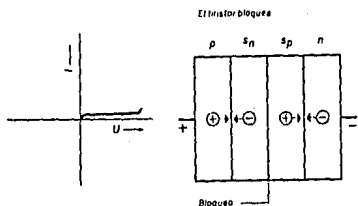


Figura 3.4 Curva característica del tiristor: I_R = corriente residual en el sentido de bloqueo; I_B = corriente positiva de bloqueo en el sentido de control; U_B = tensión de conmutación con corriente de control nula; I_R = corriente de retención; I = corriente en el sentido de conducción.

El RCS exhibe un alta impedancia interna y a través de la estructura FNPN solo puede circular una pequeña cantidad de corriente inversa. Esta corriente es muy reducida, hasta que la tensión inversa exceda la tensión de ruptura inversa. Después de este punto la corriente inversa aumenta rápidamente (fig 3.5).

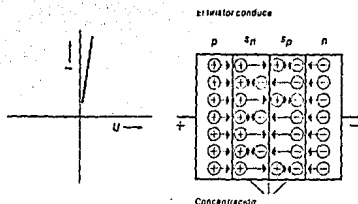


Si polarizamos el RCS directamente (ánodo positivo con respecto al cátodo), su estructura FNPN es electricamente biestable y pueden mostrar o impedancia muy alta (estado de bloqueo directo) o una impedancia muy baja (estado de conducción). Fig. 3.6.



En el estado de bloqueo directo circula a través del RCS una pequeña corriente directa, el valor absoluto de esta corriente es aproximadamente el mismo que el de la corriente de bloqueo inversa que circula en condiciones de polarización inversa. Cuando aumenta la polarización directa, se llega a un nivel de tensión en el cuál la corriente aumenta rápidamente y

el RCS pasa al estado de conducción. Este valor de tensión se le denomina tensión de ruptura directa (fig 3.7).



Cuando un RCS está en estado de conducción la corriente directa es limitada principalmente por la impedancia del circuito externo.

CURVAS CARACTERISTICAS DE COMPUERTA

Los RCS están proyectados específicamente para ser disparados por una señal aplicada a la terminal de compuerta. Esta señal en la compuerta varía o controla la tensión de ruptura del tiristor (fig. 3.8).

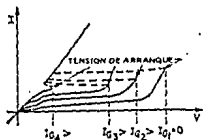


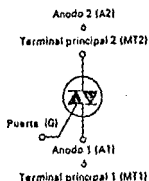
Figura 246. Curvas que muestran las curvas de ruptura de un tiristor para diferentes valores de corriente de compuerta.

Cuando la corriente de compuerta I_G es cero, el tiristor no se ceba hasta que se alcanza la tensión de ruptura directa. Sin embargo a medida que aumenta la corriente de

compuerta IG, disminuye el valor de la tensión de disparo del tiristor, existiendo un cierto valor de corriente de puerta IG en el cual el comportamiento del tiristor se asemeja mucho al de un rectificador.

TRIAC

Un TRIAC es un dispositivo bidireccional que funciona principalmente con CA, proyectado para proporcionar conmutación bilateral en cualquiera de las polaridades de la tensión aplicada. Los tres electrodos de este dispositivo PNPN se denominan terminal principal 1, terminal principal 2 y compuerta (Fig 3.9).



La compuerta está proyectada de tal manera que una tensión negativa o positiva de puerta pueda hacer conducir al TRIAC, cualquiera que sea la polaridad de tensión que haya a través de los terminales principales. Al igual que un RCS el TRIAC una vez puesto en estado de conducción, la compuerta no se ejerce ningún control, el dispositivo permanece así hasta que la tensión existente a través de los terminales principales se reduzca por debajo del nivel requerido para mantener la conducción. Sin embargo a diferencia del RCS el TRIAC no puede apagarse invirtiendo la polaridad de la tensión que hay a través de los terminales principales, una inversión de tensión solo ocasionaría que la corriente que circula por el dispositivo cambiara de dirección (sentido inverso).

En los TRIACS, la polaridad de los pulsos de disparo de compuerta se mide generalmente con respecto a la terminal principal 1. El TRIAC puede dispararse mediante un pulso de disparo de compuerta positivo o negativo con respecto al terminal principal 1 cuando el terminal principal 2 es positivo o

negativo. Por lo tanto el TRIAC se dispara en cualquiera de los cuatro modos de funcionamiento resumidos a continuación en la figura 3.10.

Tabla 3.10 - Modos de disparo de los triacs

Tensión entre terminal principal N° 2 y terminal principal N° 1	Tensión entre compuerta y terminal principal N° 1	Cuadrante de funcionamiento*
Positiva	Positiva	I (+)
Positiva	Negativa	I (-)
Negativa	Positiva	III (+)
Negativa	Negativa	III (-)

Los signos positivo (+) y negativo (-) indican la polaridad del pulso de disparo de compuerta.

El modo I (+) es comparable con el funcionamiento de un RCS equivalente, es generalmente el más sensible, ya que requiere menor corriente de puerta. Los otros tres modos de funcionamiento necesitan corriente de disparo de compuerta ligeramente superiores.

CURVA CARACTERÍSTICA

La curva característica tensión-corriente de un TRIAC exhibe el estado de bloqueo directo y conducción directa de una estructura PNPN, cualquiera que sea el sentido de la tensión aplicada. Esta capacidad de conmutación bidireccional se debe a que un TRIAC se compone esencialmente de dos dispositivos PNPN orientados en forma opuesta y contruidos en el mismo cristal. Por lo consiguiente el dispositivo funciona como dos RCS conectados en paralelo pero con el ánodo y cátodo de un RCS conectado al cátodo y al ánodo, respectivamente de otro RCS.

La figura 3.11 muestra que las curvas características del funcionamiento del TRIAC en los cuadrantes primero y tercero son iguales, con excepción del sentido de la circulación de la corriente y la polaridad de la tensión aplicada.

Las curvas del TRIAC en estos cuadrantes son esencialmente idénticas a las de un RCS que funciona en el primer cuadrante. Debido a la construcción simétrica del TRIAC

Los terminos directo e inverso no se emplean.

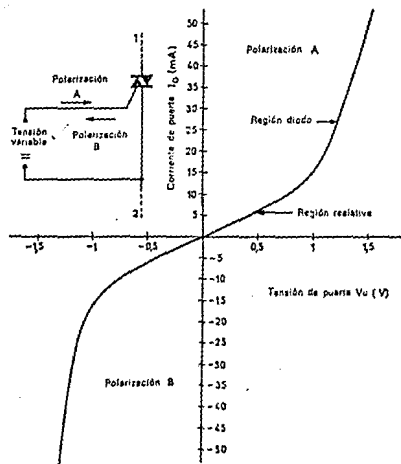


Figura 3.11- Características de puerta del triac con polarización directa (zona A) o inversa (zona B), manteniendo los electrodos principales en circuito abierto.

PRACTICA 5 RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO

OBJETIVO:

- A.- Identificar las tres terminales de un rectificador controlado de silicio (RCS) utilizando un ohmetro.
- B.- Mostrar la operación del RCS Y medir la corriente de mantenimiento.

INFORMACION INTRODUCTORIA

El rectificador controlado de silicio es un interruptor de estado solido de 3 electrodos que se utiliza primordialmente para el control de energía de CA y CD. El RCS tiene 4 capas de material semiconductor dispuestas en una estructura PNPN. Las terminales Anodo y Cátodo se conectan a las capas externas P y N respectivamente. La terminal de compuerta se conecta a la capa P interna y sirve para disparar al RCS al estado de conducción.

El RCS funciona como 2 transistores bipolares uno PNP y el otro NPN, conectados en forma cruzada de colector a base para formar un par de retroalimentación regeneradora. Para disparar el RCS y pasarlo al estado de conducción se debe aplicar una tensión positiva entre la compuerta y el cátodo, como el circuito es regenerativo ya no se necesita el disparo de compuerta y el RCS puede seguir en conducción sin el. Otra forma de poner en conducción el RCS es aumentando el voltaje directo o inverso entre ánodo y cátodo, el RCS entra en ruptura y conduce sin importar cual sea el potencial de la compuerta.

El disparo de compuerta reduce el voltaje directo de ruptura, hasta el punto que el RCS se comporta como

rectificador. Cuando fluye la corriente directa se requiere de un valor de corriente mínimo de retención, para mantener la conducción entre ánodo y cátodo. En caso contrario el RCS se apaga automáticamente.

El RCS no se puede apagar cortando el voltaje de compuerta ni aplicando un disparo negativo a la misma.

EQUIPO Y MATERIALES

- FUENTE DE ALIMENTACION		EMS0821
- MODULO DE MEDICION CD		EMS0412
- MULTIMETRO ANALOGICO		
- Q1	RCS	C106B1
- R1		4.7 K
- R2		1 K
- R3	POT	10 K
- R4		47 K
- R5		1 M
- TABLERO DE INSTRUMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) Consulte un manual de semiconductores e identifique las terminales de ánodo, cátodo y compuerta del RCS C106B1
- b) Ajuste el multímetro analógico a la función de ohmetro en el rango $\times 100$
- c) Conecte la punta común (-) al cátodo del RCS y la punta de ohms (+) a la compuerta con estas conexiones la unión PN de la compuerta cátodo está polarizada directamente, anote la resistencia.

$$R_{gk} = \text{-----Ohms}$$

- d) Invierta las puntas del ohmetro y anote la resistencia inversa

$$R_{kg} = \text{----- Ohms}$$

- e) Mantenga conectada la punta común en la compuerta y

pase la punta de ohms al ánodo. Anote la resistencia

$$R_{ag} = \text{----- Ohms}$$

- f) Invierta las puntas del ohmetro y mida la resistencia inversa de ánodo y compuerta

$$R_{ga} = \text{----- Ohms}$$

- g) Conservando la punta común conectada al ánodo pase la punta (+) al cátodo. Registre la resistencia

$$R_{ka} = \text{----- Ohms}$$

- h) Invierta las puntas del ohmetro y anote la resistencia.

$$R_{ak} = \text{----- Ohms}$$

- i) Manteniendo las puntas del ohmetro como en el procedimiento anterior (h) conecte la resistencia R5 entre ánodo y compuerta. Explique que sucede.

2. a) Conecte el circuito de la figura 5.1 mantenga abierto el interruptor S1 y ajuste la resistencia R3 para su valor de resistencia mínima.

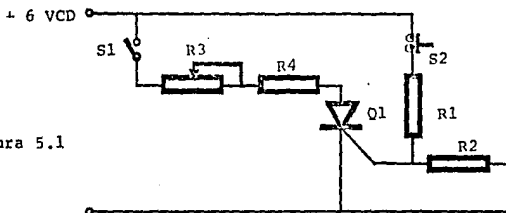


Figura 5.1

- b) Ajuste inicialmente los rangos de los medidores a 15 Vcd y 150 mácd, la fuente de alimentación manténgala en 6 Vcd. Cierre el interruptor S1 y mida la tensión ánodo a tierra del RCS.

$V = \text{-----} \text{Volts}$

- c) Oprima momentaneamente y libere el interruptor S2. Observe el Voltmetro a cada momento. Describa lo que sucede

La caída a través de un RCS en conducción tiene aproximadamente el mismo valor que cualquier unión PN de silicio. Aunque S2 está liberado el RCS sigue conduciendo, sin importar que la tensión de compuerta sea cero.

- d) Abra el interruptor de S1 momentaneamente y ciérrelo de nuevo. Que tensión marca el voltímetro?. El RCS está apagado o encendido?.

$V = \text{-----} \text{Volts}$

Una manera de apagar el RCS es desconectar la tensión de fuente de ánodo y cátodo o reducirla por debajo del valor que se requiere para mantener la corriente mínima de retención.

- e) Oprima momentaneamente S2 para encender de nuevo el RCS y aumente lentamente la resistencia de R3. La corriente de ánodo I_a , empieza a disminuir; ajuste de nuevo el rango del medidor de I_a para poder seguir la lectura de I_a (corriente de ánodo). Describa lo que sucede:

- f) Anote el valor de la corriente de ánodo I_a , justo antes de que caiga a cero.

$I_{ah} = \text{-----} \text{mA}$

- g) Cómo se le conoce a este valor de corriente y qué

representa?

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Qué características de conducción tiene un RCS?
- 2.- Cómo se ceba un RCS? Explique varias formas.
- 3.- Cómo se deceba un RCS? Explique varias formas.

PRACTICA 6 RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO ACTIVADO CON LUZ

OBJETIVO:

- A.- Mostrar el funcionamiento de un rectificador controlado de silicio activado con luz, analizando sus dos modos de disparo.

INFORMACION INTRODUCTORIA

Para disparar un RCS se inyecta una corriente en la base de los transistores que lo componen (Compuerta), lo que produce su saturación. La exposición del elemento a la luz puede equivale a una corriente de compuerta, ya que la iluminación crea pares electrón-hueco que al ser inyectados en la base del transistor considerado en forma de protadores mayoritarios, crean una corriente de base.

Los rectificadores controlados activados con luz se fabrican principalmente con materiales semiconductores como Germanio y Silicio. Su sensibilidad luminosa se basa en el efecto fotoeléctrico que se produce en ellos, en el cuál la capa semiconductor modifica el valor de su resistencia en el sentido de bloqueo. Su valor dependera de la intensidad luminosa incidente.

Las estructuras de estos tiristores son muy sensibles, por lo que las corrientes de disparo son del orden de microamperes..

El electrodo o compuerta aparte de poner en conducción el LASERS sin necesidad de luz presenta la ventaja de permitir el gobierno de la sensibilidad del dispositivo. El LASER o fototiristor es entonces un elemento conmutable por luz que posee dos estados estables y además conserva las características de un RCS

común al no estar expuesto a la luz.

EQUIPO Y MATERIAL

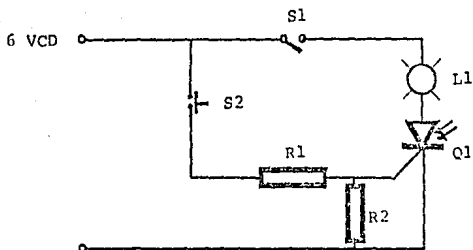
- FUENTE DE ALIMENTACION		EMS8021
- OSCILOSCOPIO		
- Q1	LASCR	LB
- R1		22 K
- R2		56 K
- L1	LAMP	6.5 V
- TABLERO DE INSTRUMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) El circuito de la figura 6.1 mostrara la operación de un LASCR un rectificador controlado de silicio activado con luz. Su funcionamiento es idéntico el de un RCS común. Al cerrar el interruptor S1 y oprimir momentaneamente S2 se aplica un disparo a la compuerta de RCS a través del divisor de tensión R1-R2 . El RCS se dispara y conduce energía a la carga. El LASCR presenta otro modo de disparo ya que puede ser activado sin necesidad de corriente de puerta, solo con estar polarizado directamente y ser expuesto a la luz. Esto provoca que el LASCR se active y conduzca energía a la lampara. La resistencia alrededor de la juntura P-N de compuerta-catodo controla la sensibilidad del disparo del LASCR al estar expuesto a la luz.

El LASCR se apagará cuando la corriente de ánodo a cátodo caiga a un valor menor que el de la corriente de mantenimiento. A diferencia de los RCS la corriente de mantenimiento es mucho menor, del orden de microamperes. Conecte el circuito de la figura 6.1.

- b) Ajuste la fuente de alimentación a 6 Vcd. Mantenga el LASCR cubierto para evitar que este expuesto a la luz. Cierre S1 y oprima S2 momentaneamente.



El LASCR conduce corriente a la lámpara? _____ Se comporta como un RCS? _____ Cómo apagaría el LASCR? _____ Apaguelo.

- c) Abra el interruptor S1. Al interrumpir la corriente de ánodo a cátodo el LASCR se debe de apagar.
- d) Descubra el LASCR y permita que le de la luz.

Enciende la lámpara? _____ Sí lo vuelve a cubrir que sucede? _____ La incidencia de luz sobre el LASCR sustituye el disparo de compuerta? _____

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Explique el efecto fotoeléctrico en el LASCR?
- 2.- Mencione aplicaciones del LASCR?

PRACTICA 7 CONTROL DE POTENCIA DE CD POR RCS

OBJETIVO:

- A.- Mostrar que un RCS opera como interruptor semiconductor utilizandolo para controlar un voltaje de CD aplicado a una carga.
- B.- Mostrar que un RCS disparado puede funcionar como un rectificador de media onda y que puede controlar la aplicación de tensión rectificada a la carga.

INFORMACION INTRODUCTORIA

El RCS está diseñado para funcionar como un dispositivo de control de energía. Una pequeña corriente de compuerta puede controlar un voltaje o corriente mucho mayor en el circuito ónodo-cátodo. Se pueden utilizar diversos métodos para disparar la compuerta por ejemplo, la señal de compuerta puede ser CA, CD, un pulso o puede ser una señal relacionada en fase con la carga. De la misma manera el RCS puede controlar diversas condiciones de carga. La carga puede ser una simple lámpara o un motor industrial. También puede ser necesario que se utilice simultaneamente al RCS como rectificador y como dispositivo de control. Resumiendo para su tamaño y costo el RCS es un dispositivo unico en las aplicaciones de control de potencia.

MATERIAL Y EQUIPO

- FUENTE DE ALIMENTACION	ENS0021
- MULTIMETRO ANALOGICO	
- VARIAC	
- Q1	RCS C106B1
- R1	4.7 K
- R2	1 K
- LAMPARA	6.5 V 150 mA
- TABLERO DE INSTRUMENTOS	

PROCEDIMIENTO

- 1.- a) Conecte el circuito de la figura 7.1, el interruptor S2 se utiliza para aplicar voltaje de ánodo a cátodo. El interruptor S1 se utiliza en combinación con el divisor de voltaje R1/R2 para aplicar un disparo de compuerta al RCS Q1.

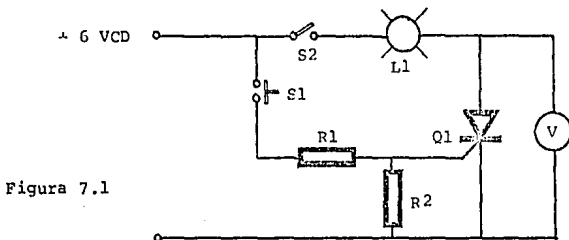


Figura 7.1

La resistencia R2 sirve también para conducir la corriente de fuga de compuerta, alrededor de la unión PN de compuerta-cátodo. Esta reduce la posibilidad de un disparo en falso del RCS.

- b) Ajuste la fuente de alimentación a 6 Vcd, cierre el interruptor S2 y oprima momentáneamente S1.

Enciende la lámpara? _____

Se apaga la lámpara al soltar S1? _____

Por qué? _____

- c) Es mayor la tensión en el RCS o en la lámpara?

La corriente de carga y ánodo es la misma?

Podemos observar que el RCS funciona como interruptor de control, con un gasto de potencia mínima.

- d) Abra el interruptor S2 y apague la fuente de alimentación .

2. a) Examine el circuito de los figura 7.2. La fuente de alimentación nos proporcionara la tensión en CD 6 Vcd y el VARIAC la tensión alterna 6.3 Vca. Conecte como muestra la siguiente figura.

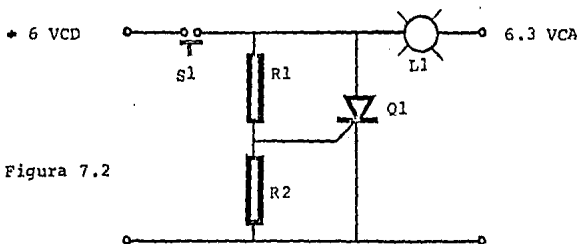


Figura 7.2

El RCS conducirá cuando se oprima el interruptor S1. Una vez disparado conduce en cada ciclo positivo del voltaje ánodo-cátodo, en la alternación negativa el RCS esta polarizado inversamente y se apaga a menos que se mantenga activado el circuito de disparo.

- b) Ajuste el voltaje ánodo-cátodo con el VARIAC a 6.3 Vca, y la fuente de alimentación a 6 Vcd oprima y mantenga el interruptor S1.

Se enciende la lámpara? _____

Libere S1. Se mantiene encendida la lámpara?

El RCS funciona como rectificador de media onda?

- d) En cuántos pulsos por periodo se entrega potencia a la carga?

En tanto se aplique un voltaje de disparo el RCS conduce durante el semiciclo positivo y se comporta como rectificador de media onda, controlando la aplicación de voltaje rectificado a la carga.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Qué puede provocar la corriente de fuga de compuerta?
- 2.- El voltaje de disparo del RCS con relación al cátodo debe ser?

PRACTICA 8 CONTROL DE FASE POR RESISTENCIA VARIABLE

OBJETIVOS :

- A.- Mostrar la operación de un circuito de media onda de control de fase por resistencia variable.

INFORMACION INTRODUCTORIA

Control de fase significa controlar la fase del disparo con respecto a la del voltaje de ánodo, limitando con ello el tiempo de conducción del RCS. Así la potencia que se entrega a una carga se puede controlar variando el ángulo de conducción de un RCS. El ángulo de conducción es el tiempo en grados eléctricos que conduce el RCS y entrega potencia a la carga.

Como las características de la carga en las aplicaciones de control de potencia de CA pueden ser tales que no se requiera potencia de entrada en forma continua, un pulso de voltaje o corriente entregado a la carga periódicamente, reduce la potencia promedio que basta para desarrollar toda la potencia necesaria. Al controlar de manera efectiva los pulsos periódicos, se puede satisfacer los requerimientos de potencia de la carga y al mismo tiempo evitar disipación innecesaria. Si se suministran los voltajes de compuerta y de carga desde la misma fuente de CA, se puede ajustar el tiempo de conducción del RCS en el ciclo positivo controlando la amplitud relativa del voltaje de disparo de compuerta con respecto al voltaje de carga. Por lo general, el voltaje de disparo se ajusta de manera que se pueda variar el ángulo de conducción para satisfacer los requerimientos de la carga.

EQUIPO Y MATERIALES

- FUENTE DE ALIMENTACION	EMS0821
- MODULO DE MEDICION CA	EMS8426
- MULTIMETRO ANALOGICO	
- OSCILOSCOPIO	
- Q1	RCS C106B1
- R1	1 K
- R2	POT 50 K
- R3	100 K
- D1	DIODO DE SI 1N4004
- L1	LAMP 6.5 V
- TABLERO DE INSTRUMENTOS	

PROCEDIMIENTO:

1. a) analice el circuito de la figura 8.1 al cerrar el interruptor S1 se aplican 6.3 Vca entre ánodo y cátodo del RCS, pero la lámpara permanecera apagada en tanto el RCS no se dispare.

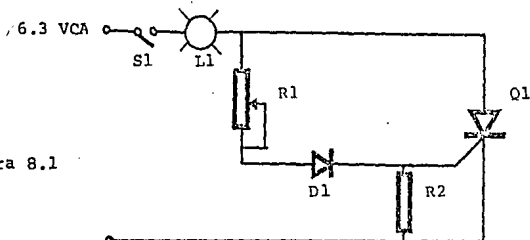


Figura 8.1

R1 controla la amplitud de la tensión de disparo y por tanto, controla el tiempo de conducción de Q1. El disparo ocurrirá en el semiciclo positivo, el RCS se apaga automáticamente en el semiciclo negativo, la función del diodo D1 es impedir que haya una tensión negativa en compuerta, en los periodos negativos de la onda de alimentación.

b) Conecte el circuito. Ajuste la resistencia R_1 a su valor mínimo, encienda la fuente de alimentación y mantenga la tensión en 6,3 Vca. Cierre el interruptor S_1 , la lámpara debe de encender. Utilice el osciloscopio para observar la forma de onda de tensión a través de la lámpara, grafíquela.

c) Aumente lentamente la resistencia de R_1 y describa lo que sucede a la media onda senoidal.

d) El ángulo de conducción es el tiempo que el RCS conduce medido en grados eléctricos, Registre los ángulos de conducción máximo y mínimo de Q_1 .

ANGULO MAX = _____grados ANGULO MIN = _____grados

e) El retraso de disparo que introduce R_1 respecto al voltaje de ánodo se conoce como retraso de fase y se expresa también en grados eléctricos. Registre los valores mínimos y máximos de retraso de fase.

RETRASO DE FASE MINIMO _____grados

RETRASO DE FASE MAXIMO _____grados

f) Si controlamos la fase con una resistencia variable, se puede retardar la fase del disparo de compuerta desde cero a 90 grados con respecto a la tensión del ánodo, Apague la fuente.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Cómo controla R_1 el retraso de fase en este circuito?
- 2.- Porqué R_1 no puede retrasar la fase más de 90 grados?
- 3.- Controla R_1 la potencia que se entrega a la carga?

PRACTICA 9 CONTROL DE FASE POR RED RC

OBJETIVO

- A.- Mostrar la operación de un circuito de media onda de control de fase por diodo y red RC

INFORMACION INTRODUCTORIA

El metodo más simple para mejorar el circuito de control de puerta de la práctica anterior, es adicionando un condensador en el extremo inferior de la resistencia de la compuerta (fig, 9.1).

La ventaja de este circuito es que el ángulo de disparo se puede ajustar a mas de 90 grados, porque el condensador C1 cargarse a través de R, retarda el momento en que se alcanza la tensión de cobado. A continuación se explicara brevemente la operación de un circuito de retardo en el disparo usando una red RC.

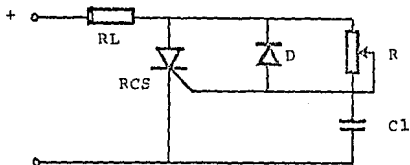


Figura 9.1

Este experimento viene a demostrar que una red RC logra un retraso de fase en mayor ángulo. El voltaje a través del capacitor es el del disparo, la cantidad y velocidad para cargarse se determinan por la constante de tiempo RC. Cuando R presenta su valor de resistencia mínima, el condensador se carga cuando la tensión de ánodo del RCS comienza a hacerse positiva, lo que ocasiona que el RCS se dispare de inmediato. Cuando R presenta una máxima resistencia, el condensador se carga lentamente de manera tal que este jamás obtiene

suficiente carga para disparar el RCS, antes de que la polaridad se invierta y se descargue. En consecuencia para una máxima resistencia el RCS siempre estará apagado.

EQUIPO Y MATERIAL

- FUENTE DE ALIMENTACION		EMS8821
- MULTIMETRO ANALOGICO		
- OSCILOSCOPIO		
- Q1	RCS	C106B1
- C1		0.22 μ F
- R1	POT	50 K
- D1	DIODO DE SI	1N4004
- D2	DIODO DE SI	1N4004
- L1	LAMP	6.5 V
- TABLERO DE INSTRUMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) Conecte el circuito que muestra la figura 9.2. El disparo de compuerta se controla con la constante de tiempo RC de R1 y C1. C1 se carga durante el medio ciclo positivo y se descarga en el medio ciclo negativo a través del diodo D2, quedando listo para el siguiente ciclo de carga. Con este circuito se puede variar el retraso de fase en mayor ángulo que usando una resistencia variable.

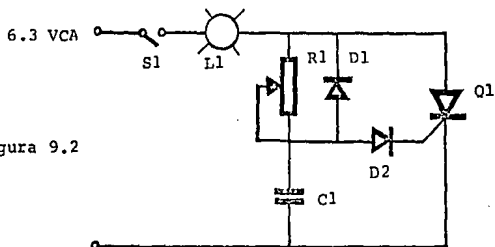


Figura 9.2

b) Prenda la fuente de alimentación y ajústela a 6.3 Vca, ajuste R1 para mínima resistencia del circuito de disparo y cierre el interruptor C1. Enciende la lámpara?

c) Conecte el osciloscopio y observe la curva de tensión a través de la lámpara. Dibujela y registre el ángulo de conducción máxima.

ANGULO MAX = _____ grados

d) Aumente lentamente la resistencia R1 hasta el máximo mientras observa el osciloscopio, registre el ángulo mínimo de conducción

ANGULO MIN = _____ grados

e) Apague la fuente

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Cuáles son los valores mínimo y máximo de retraso de fase?
- 2.- Por qué este circuito da mayor control del rango del retraso de fase que el circuito anterior?

PRACTICA 10
CIRCUITO DE MEDIA
ONDA DE CONTROL
DE FASE POR RC/SUS

OBJETIVO:

- A.- Mostrar la operación de un circuito de control de fase que utiliza RCS-SUS

INFORMACION INTRODUCTORIA

Aunque los circuitos de control de puerta que utilizan una red RC para el retardo del disparo presentan la ventaja de que el ángulo de disparo puede ajustarse a más de 90 grados. Su operación se ve afectada por dos características que se pueden considerar desventajas y que presentan todos los RCS; estas son; la variación del valor de corriente necesaria para disparar el RCS dependiendo de la temperatura, y las desviaciones en las características eléctricas de los RCS con respecto al grupo que pertenecen. Analizando las dos desventajas notaremos que para un cambio de temperatura se debe producir un cambio en el ángulo de disparo del RCS y de hecho un cambio en la corriente de carga, y que dos RCS de un mismo tipo pueden tener diferencias grandes en sus características. La variación de la corriente de puerta es la diferencia más seria.

La figura 10.1 muestra como pueden eliminarse estas dificultades. Este circuito utiliza un SUS (Interruptor unilateral de silicio) que presenta las ventajas de su independencia de la temperatura y de una dispersión de grupo muy estable que logra que la tensión de disparo pueda mantenerse consistente en todas las unidades del mismo tipo. El SUS tiene cierto voltaje de disparo en el sentido directo (ruptura positiva). Si la tensión aplicada al ánodo esta por debajo del punto de disparo, el SUS actúa como interruptor abierto, cuando la

tensión alcanza la tensión de ruptura el SUS conduce produciendo una inyección instantánea de corriente que se puede utilizar para el cebado seguro de un RCS o un TRIAC.

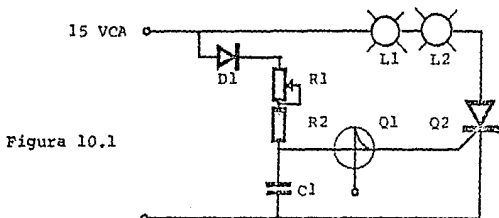
El SUS tiene una terminal de puerta, la cuál puede alterar el funcionamiento básico de disparo. Conectando un diodo zener entre puerta y catodo del SUS la tensión de disparo puede reducirse a la tensión zener sumada a la tensión de la juntura PN interna.

EQUIPO Y MATERIALES

- FUENTE DE ALIMENTACION		EMS821
- OSCILOSCOPIO		
- MULTIMETRO ANALOGICO		
- Q1	SUS	2N4987
- Q2	TRIAC	SC106B
- R1		4.7 K
- R2	POT	10 K
- L1,L2		6.5 V
- C1		.22 μ F
- TABLERO DE INSTRUMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) Conecte el circuito de la figura 10.1.



El condensador C1 se carga a través de las resistencias R1 y R2 cuándo alcanza la tensión de ruptura

del SUS este se dispara, conduciendo un pulso de corriente a la puerta de el RCS ocasionando que este se 'encienda' y conduzca energia a la carga , la resistencia variable R2 se utiliza para cambiar el ángulo de disparo, ya que varía el tiempo de carga del capacitor C1 ocasionando que la tensión de ruptura del SUS se alcance mas rápida o lentamente.

- b) Ajuste la fuente de alimentación a 15 Vca y la resistencia R2 a su valor máximo , Cierre el interruptor S1 y aumente lentamente el valor de resistencia en R2. Observe lo que sucede.

Enciende la lámpara? _____

- c) Conecte el osciloscopio y observe la onda de tensión en la carga, grafique la curva para el mínimo ángulo de conducción (resistencia máxima) y para el máximo ángulo de conducción (resistencia minima).

- d) Conecte el osciloscopio entre el ánodo del SUS y tierra, observe la curva de tensión y explique por que esta cae rápidamente a un valor mínimo.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Cuántas terminales tiene un SUS. Para que se utiliza la terminal de compuerta?
- 2.- Qué diferencia hay entre un SUS y un SBS?

PRACTICA 11 TRANSISTOR DE UNIJUNTURA (UJT)

OBJETIVOS:

- A.- Medir la resistencia entre las bases y determinar las características de la unión PN entre el emisor y la base 1 de un UJT.
- B.- Determinar la relación intrínseca de mantenimiento de un UJT.
- C.- Medir tensión máxima de disparo del emisor de un transistor de unijuntura.

INFORMACION INTRODUCTORIA

El transistor de unijuntura UJT, como su nombre lo indica, posee sólo una juntura PN semejante a un rectificador. Sin embargo difiere del diodo en que el material N es una pieza de silicio con un contacto óhmico a cada extremo. Estos dos contactos se conocen como base 1 y base 2. La terminal que sale del material P se conoce como emisor. Fig. 11.1.

R_{b1} y R_{b2} representan la resistencia óhmica de la pieza de silicio entre la base 1 y la base 2, la resistencia total entre las bases es R_{bb} . Cuando se aplica una tensión V_{bb} entre las bases, fluye corriente a través de R_{bb} y se establece una caída gradual de tensión, lo que hace que el punto de la unión con la juntura PN este más positivo que B1.

Como no hay tensión aplicada al emisor, la juntura PN esta polarizada inversamente. Para que el UJT funcione como transistor es necesario aplicar una tensión positiva a la terminal de emisor. Pero esta tensión debe ser suficiente para vencer la polarización inversa provocada por la caída de tensión en R_{b1} y así lograr que

circule una corriente de emisor hacia la base 1.

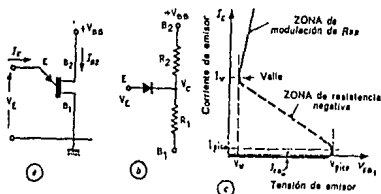


Figura 11.1 Polarización del UJT (a), esquema equivalente (b) y curva característica de emisor (c).

Esta tensión máxima de disparo de emisor es una función de tensión de la fuente V_{bb} , la caída del diodo V_d y de la relación intrínseca de mantenimiento η .

$$V_p = \eta * V_{bb} - V_d$$

La relación intrínseca de mantenimiento se refiere a la relación de divisor de tensión de la resistencia de base (R_b).

Una característica única del UJT es que, al alcanzar la tensión máxima de disparo en el emisor la resistencia R_{b1} disminuye, por lo que se dice que cuando dispara el UJT, el emisor exhibe resistencia negativa.

MATERIALES Y EQUIPO

-FUENTE DE ALIMENTACION		EMS8821
_MULTIMETRO ANALOGICO		
-Q1	UJT	2N2646
-R1		10 K
-R2		100K
-R3		1 K
-R4	Pot.	10 k
-C1		.022 μF
-C2		.01 μF
-TABLERO DE EXPERIMETOS		

PROCEDIMIENTO

- 1.a) Utilice un manual de semiconductores e identifique las terminales del UJT. Fije la función de Ohmetro en el multímetro analógico en el rango $\times 1k$.

- b) Mida y registre la resistencia entre la base 1 y la base 2, invierta las puntas del ohmetro y mida de nuevo.

$$R_{bbo} = \underline{\hspace{2cm}} k$$

Las mediciones iguales de resistencia de base indican que el UJT conduce corriente en ambos sentidos.

- c) Conecte la punta de ohms (+) en el emisor y la de común (-) en la base 1, anote la medición del ohmetro.

$$R_{be1} = \underline{\hspace{2cm}} k$$

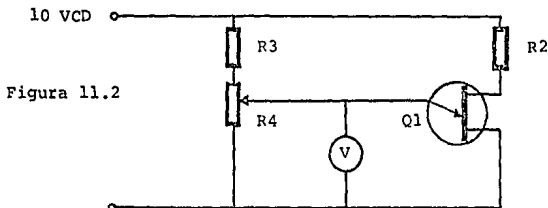
Este valor será siempre menor a R_{bbo} e incluye la resistencia directa del diodo.

- d) Invierta las puntas del ohmetro y mida la resistencia inversa entre emisor y base 1.

$$R_{be1} = \underline{\hspace{2cm}} k$$

Los valores obtenidos revelan que entre el emisor y la base 1 existe una juntura PN.

- 2.a) Conecte el circuito que muestra la fig. 11.2 cuidando de ajustar R_4 a su mínimo valor de resistencia.

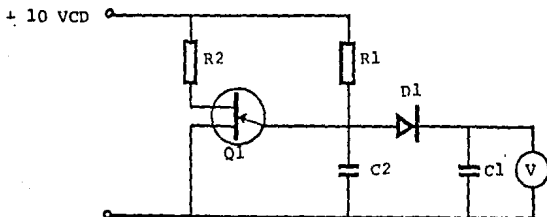


- b) Ajuste la tensión de la fuente V_{bb} a 10 V cd. A continuación aumente la resistencia R_4 y con el voltímetro contestado como en la figura, observe y describa que sucede con la tensión de emisor a tierra.

- c) Qué representa la lectura máxima en el voltímetro?
- d) Repita el procedimiento si es necesario y anote el valor máximo de disparo.

$$V_p = \underline{\hspace{10em}} \text{ volts}$$

- 3.a) En este experimento trataremos de determinar la relación intrínseca de mantenimiento de un UJT a partir de la ecuación para la tensión máxima de disparo: $V_p = \eta * V_b + V_d$



La función de C_2 es cargarse a través de R_1 hasta alcanzar la tensión de disparo del UJT. Cuando este se dispara el capacitor se descarga a través del circuito emisor-base 1 del UJT. Al descargarse C_2 no puede mantener la tensión de disparo y el UJT se apaga. La acción se volverá a repetir al siguiente ciclo positivo y así sucesivamente.

El capacitor C_1 se carga a la par que C_2 con la tensión máxima, menos la caída del diodo. Debido al diodo D_1 , C_1 se conserva cargado, en consecuencia; cada vez que

se carga C_1 la lectura máxima del voltímetro represente la tensión máxima de disparo V_p . Como el diodo D_1 compensa la caída de tensión en la juntura del UJT la ecuación de V_p se reduce a:

$$V_p = \eta * V_{bb}$$

Conociendo V_p y V_{bb} podemos calcular la relación intrínseca de mantenimiento.

- b) Ajuste la tensión de la fuente a 10 V cd, mida y anote la tensión máxima a través de C_1 .

$$E_{c1} = \text{_____ volts}$$

- c) Calcule la relación de intrínseca de mantenimiento utilizando el valor de V_{bb} y E_{c1} .

$$\eta = V_p / V_{bb} = E_{c1} / V_{bb} \quad \eta = \text{_____}$$

La ventaja de conocer la relación intrínseca η es que si se conoce V_{bb} se puede calcular la tensión de disparo V_p para un UJT dado. Por esta razón casi siempre nos la da el fabricante.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- En el procedimiento 2.-(e) qué provoca la repentina disminución de tensión en el emisor.
- 2.- Qué es la relación intrínseca de mantenimiento?

PRACTICA 12 OSCILADOR DE RELAJACION

OBJETIVO:

- A.- Mostrar la operación y determinar la frecuencia de un oscilador de relajación con un UJT.
- B.- Mostrar el efecto de un cambio de elementos sobre la frecuencia en un oscilador de relajación.

INFORMACION INTRODUCTORIA

En el experimento anterior vimos como funciona el UJT. Se comprobó que la tensión máxima V_p controla el disparo del UJT; la tensión V_v , que es la tensión a la cuál la juntura PN se polariza nuevamente a la inversa, se le denomina tensión de valle y controla esencialmente el punto en que el UJT se apaga. La constante de tiempo RC del circuito de sincronía determina la frecuencia de un UJT.

Controlando adecuadamente V_p y V_v se puede prender y apagar el UJT y variando la R o C se puede cambiar la frecuencia. Lo que es básicamente la manera como se utiliza el UJT en los circuitos de generación de ondas. El más común de los circuitos generadores de onda es el oscilador de relajación.

EQUIPO Y MATERIALES

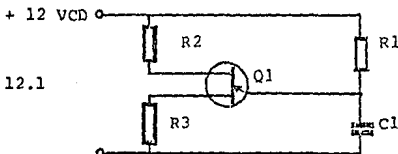
-FUENTE DE ALIMENTACION	EMS8821
-OSCILOSCOPIO	
-MULTIMETRO ANALOGICO	
-C1	.22 μ F
-C2	Eléctrolítico 25 μ F
-R1	10 K
-R2	1 K

-R3		47 Ω
-R4		100 K
-R5		1 M
-Q1	UJT	2N2646
-TABLERO DE EXPERIMENTOS		

PROCEDIMIENTO

- 1.a) Conecte el circuito de la fig. 12.1. Es un oscilador de relajación y puede proporcionar ondas tipo diente de sierra, pulsos positivos y pulsos negativos en sus diferentes terminales.

Figura 12.1



- b) Ajuste la tensión de la fuente a 12 V cd. Observe la onda a través de C1 utilizando el osciloscopio. Grafíquela.

El capacitor C1 se carga a través de R1 hasta alcanzar una tensión igual a la de disparo V_p . En este punto el UJT se dispara y C1 se descarga a través de R3 y el circuito de base 1-emisor.

Al siguiente semiciclo el condensador comienza a cargarse nuevamente y la acción se repite. La forma de onda de tensión es entonces un diente de sierra.

- c) Mida, registre el período y calcule la frecuencia.

$$P = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ms} \quad f = 1/T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz}$$

- d) Observe con ayuda del osciloscopio la curva de tensión en la resistencia R3. Qué tipo de onda se despliega y cuál es su amplitud?

La corriente de descarga del capacitor produce un máximo de tensión positiva a través de R3 entre la base 1

y tierra.

- e) Repita el procedimiento del inciso d); para la resistencia R2.

Cuando se dispara el UJT la corriente máxima de Base 2 provoca una caída de tensión en R2 por lo que se produce un máximo de potencial negativo.

- d) Calcule la frecuencia para el oscilador de relajación utilizando los valores de R1 y C1.

$$F=1/RC = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz}$$

Coincide con lo obtenido en el procedimiento c)?

La constante RC determina la frecuencia del oscilador de relajación y esta es independiente de cualquier cambio en el circuito que no involucre R1 o C1.

2. a) Observaremos el efecto que produce sobre la frecuencia del oscilador de relajación, el cambio de valor de las componentes de la constante de tiempo RC.

- b) Reemplace en el circuito anterior la resistencia R1 de 10 K Ω por la resistencia R4 de 100 K. Prenda de nuevo la fuente y ajústela a 12 Vcd, mida el período del diente de sierra en C1 y calcule la frecuencia.

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ seg} \quad F = 1/T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz}$$

Nos daremos cuenta que conforme aumentamos el valor de la resistencia de la constante RC, disminuye la frecuencia de oscilación. El mismo efecto tendremos al aumentar el valor de la capacitancia.

- c) Apague la fuente de alimentación, reemplace la resistencia R4 por R1 de nuevo y C1 por el capacitor C2 de 25 μF .

Este condensador es electrolítico. Asegúrese de observar la polaridad apropiada. El extremo positivo de

C2 se conecta al emisor y el extremo negativo a tierra.

- d) Ajuste la fuente de la alimentación a 12 Vcd, mida el período diente de sierra a través de C2 y calcule la frecuencia.

$$T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ seg} \quad F = 1/T = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Hz}$$

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Una onda senoidal esta disponible en un oscilador de relajación?
- 2.- Cuáles son los principales aplicaciones del oscilador de relajación? Mencione 3.
- 3.- Qué influye en la tensión de disparo de un oscilador de relajación?

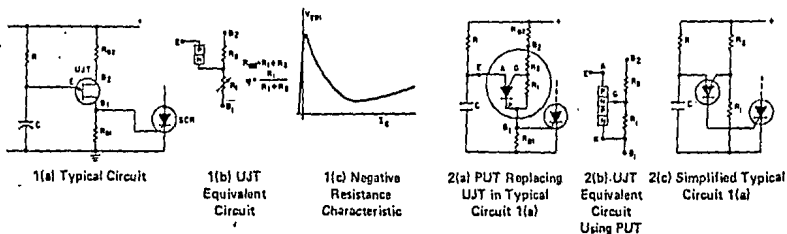
PRACTICA 13 CIRCUITO DE DISPARO UTILIZANDO PUT

OBJETIVO:

- A.- Mostrar la operación de un transistor unijunción programable (PUT) en un circuito de disparo para RCS.

INFORMACION INTRODUCTORIA

El transistor de unijuntura programable (PUT) tiene características idénticas de funcionamiento de un UJT común, solo que en el PUT se pueden ajustar los valores de η , I de pico e I de valle. El PUT es un tiristor de 3 terminales que son designadas como ánodo, ánodo-gate y cátodo. Presenta una estructura planar FPNP conectada a la resistencia de las bases como muestra la fig. 13.1.



La fig. 13.c muestra un circuito básico con UJT. La fig. 13.d muestra el mismo circuito pero se reemplaza por un PUT. Comparando los circuitos equivalentes en las figuras 13.a y 13.b, se puede observar que ambos circuitos tienen un diodo conectado a un divisor de tensión R_1 - R_2 , cuando este diodo se polariza directamente tanto el UJT como el PUT se disparan presentando una característica única de resistencia negativa entre el

emisor o ánodo y R_{b1} (ver practica 10). Cuando el diodo se polariza directamente circula una corriente de ánodo a gate (fig. 13.a) que sirve para el disparo del PUT. La corriente de ánodo necesaria para el disparo es la corriente de pico I_p y esta es más débil mientras mayores sean las resistencias conectadas al gate. Si la corriente principal de ánodo I_s disminuye de determinado valor, la juntura FN entre el gate y el ánodo se polariza inversamente y el PUT se "apaga", este valor de I_g se conoce como corriente de valle I_v ; esta será tanto mayor cuanto menor sea la resistencia. Las resistencias R_1 y R_2 en el PUT pueden regular la tensión a la cuál el diodo se polariza directamente.

Después que él diodo conduce, la retroalimentación regeneradora en la estructura PNPN (ver gráfica 13.1) ocasiona que el PUT se encienda y dispare, generandose la característica de resistencia negativa de ánodo-gate a cátodo de R_{b1} para un UJT convencional.

El empleo convencional del PUT es en timers, controles de fase de alta ganancia y osciladores de relajación.

EQUIPO Y MATERIAL

-FUENTE DE ALIMENTACION		EMS0021
-Q1	SCR	C106D1
-Q2	PUT	2N6027
-R1		4,7 K
-R2		4,7 K
-R3		2,2 K
-R4		100 K
-R5		100 Ω
-C1		.004 μ F
-C2		.0022 μ F
-L1	Lámpara	6.5 V
-TABLERO DE EXPERIMENTOS		
-OSCILOSCOPIO		

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Exponga las diferencias del PUT y del UJT.
- 2.- Mencione una manera para programar por separado la Iv y la Ip de un PUT.
- 3.- Al disparar un RCS. Que características debe tener el disparo en la compuerta?

PRACTICA 14 TRIAC

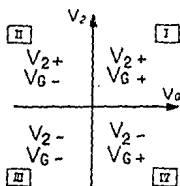
OBJETIVO:

- A.- Mostrar la operación bidireccional de un TRIAC y sus cuatro formas de disparo.

INFORMACION INTRODUCTORIA

El TRIAC es un interruptor de estado sólido bidireccional de tres terminales. Opera en forma muy semejante a dos RCS conectados a la inversa en paralelo. Como tal puede conducir con cualquier polaridad de tensión entre terminales y se puede disparar por cualquiera de las polaridades de la señal de puerta. Las tres terminales se denominan: Terminal principal 1 (MT1), Terminal principal 2 (MT2), y Puerta.

El TRIAC tiene la misma propiedad regenerativa interna que el RCS, por lo que se requiere un valor mínimo de corriente de retención I_{oh} (Corriente de mantenimiento) y voltaje terminal para mantener la conducción en cualquiera de las direcciones. El TRIAC tiene cuatro modos posibles de disparos que son (Con respecto a la terminal principal 1)



CUADRANTE	V_2	V_g	NOTACION
I	> 0	> 0	++
II	> 0	< 0	+ -
III	< 0	< 0	- -
IV	< 0	> 0	- +

La conducción siempre ocurre en el primer cuadrante cuando MT2 es positivo y en el tercer cuadrante

cuando HT2 es negativo.

EQUIPO Y MATERIALES

- FUENTE DE ALIMENTACION		EMS8821
- FUENTE DE CD		5-6 V
- OSCILOSCOPIO		
- Q1	TRIAC	SC136B
- R1		47 Ω
- L1	LAMP	6.5 V
- TABLERO DE INSTRUMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) Conecte el circuito de la figura 14.1, ajuste la tensión entre terminales a 6.3 Vca y la de la fuente de compuerta a 6 Vcd.

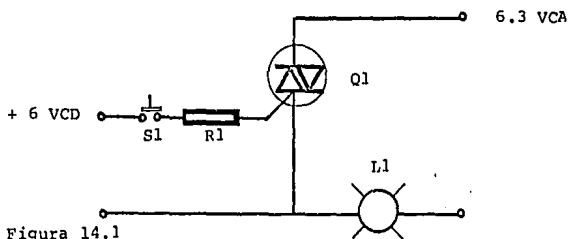


Figura 14.1

- b) Oprima el interruptor S1 y sostengalo así. Se enciende la lámpara?

Libere S1. Se apaga la lámpara?

Aunque el TRIAC es bidireccional una vez disparado mantiene la conducción solo si el voltaje entre terminales no cambia de polaridad. Ya que si la tensión cambia de polaridad tiene que pasar por un valor de

tensión cero y la corriente que circula a través del TRIAC caería a un valor menor que el de la corriente de mantenimiento; apagándose el TRIAC dejando de proporcionar energía a la lámpara.

- c) Conecte el osciloscopio a través de la lámpara para observar la curva de tensión de la carga. Oprima el interruptor S1 y reténgalo; observe la forma de onda en el osciloscopio. Grafíquela.

Es una onda senoidal? _____

Esto verifica la característica bidireccional del TRIAC, ya que está conduciendo los 360 grados integros del voltaje entre terminales.

2. a) Al circuito anterior añada el interruptor S2 como lo muestra la figura 12.3 con los procedimientos de este experimento complete la tabla 14.I

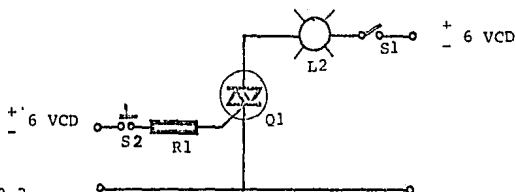


Figura 12.3

- b) Ajuste los voltajes de terminal y compuerta a 6 Vcd.
 c) Cierre S2 y oprima momentáneamente S1. Enciende la lámpara?

_____. Abra S2 y apague todo.

Registre en la tabla 14.I el modo de disparo del TRIAC

- d) Invierta la polaridad de tensión en la compuerta y ajuste el voltaje a menos 6 Vcd. Cierre el interuaptor S2

y oprima momentáneamente S1. La lámpara enciende? _____ abra S2 y apague todo.

Registre en la tabla 14.I el modo de disparo del TRIAC

- e) Invierta la polaridad de la fuente de alimentación. Ajuste la tensión entre terminales a menos 6 Vcd cierre S2 y oprima momentáneamente S1. La lámpara debe de encender.

Registre en la tabla 14.I el modo de disparo del TRIAC

- f) Invierta nuevamente la polaridad de la tensión de compuerta cambiandola a 6 Vcd y repita los pasos señalados en los procedimientos anteriores.

Registre en la tabla 14.I el modo de disparo del TRIAC

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Cuántas junturas PN hay entre la compuerta y la terminal principal 1 (MT1) en un TRIAC?
- 2.- Cuántos modos distintos de disparo tiene un TRIAC?
- 3.-Cuál de los modos de disparo es menos utilizado y por qué?

MODO DE DISPARO DEL TRIAC		
CUADRANTE	POLARIDAD DE MT2	POLARIDAD DE VOLTAJE DE COMPUERTA
I		
I		
III		
III		

PRACTICA 15

DIAC

OBJETIVO:

- A.- Mostrar la operación bidireccional de un DIAC

INFORMACION INTRODUCTORIA

El DIAC es un diodo de avalancha bidireccional de dos electrodos y tres capas que puede pasarse del estado de apagado al de conducción para cualquiera de las polaridades de la tensión aplicada. La figura 15.1 muestra el diagrama de juntas y el símbolo esquemático de un DIAC.

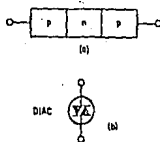


Figura 15.2

Su construcción es similar al de un transistor bipolar, pero difiere de este en que las concentraciones de impurezas entre las juntas son aproximadamente las mismas y en que no hay ningún contacto a la capa base. Los niveles de impureza semejantes producen una curva característica de conmutación bidireccional simétrica. (figura 15.2)

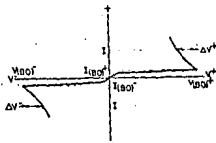


Figura 15.1 Curva característica de tensión-corriente de un diac.

Cuando se aplica una mayor tensión negativa o positiva a través de las terminales del DIAC, circula a través del dispositivo una corriente (I_{bo}) mínima, hasta que la tensión llega al punto de ruptura V_{bo} . La juntura sufre entonces una ruptura de avalancha y más allá de este punto, el dispositivo muestra una característica de resistencia negativa, es decir; la corriente que atraviesa al dispositivo aumenta sustancialmente al disminuir la tensión el pulso de corriente que se produce cuando el DIAC cambia de estado de no conducción al de conducción se utiliza para fines de disparo. La tensión de ruptura del DIAC es simétrica en ambas direcciones.

EQUIPO Y MATERIALES

- FUENTE DE ALIMENTACION		EMS0021
- OSCILOSCOPIO		
- Q1	DIAC	ST2
- C1		0.1 μ F
- R1		10 K
- TABLERO DE INSTRUMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) El circuito de la figura 15.3 es un oscilador de relajación que utiliza un DIAC. El capacitor C1 se carga al voltaje de ruptura del DIAC y entonces este se dispara. La acción se repite sucesivamente. Conecte el circuito.

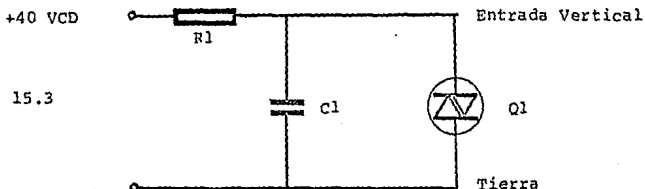


Figura 15.3

- b) Ajuste la tensión de la fuente de alimentación a 40 Vcd.
- c) Aterrice momentáneamente la entrada vertical del osciloscopio, conectandola como muestra la figura 13.3. Coloque el trazo en la pantalla del osciloscopio en el centro para una referencia a cero volts. Mida la tensión máxima positiva de la onda a través del BIAC.

Amplitud de diente de sierra = _____ Volts.

Esta es su tensión de ruptura.

- d) Reduzca la tensión de la fuente de alimentación a cero volts e invierta su polaridad. Ajustela a menos 40 Vcd.

Los dientes de sierra invierten su polaridad? _____

Mida al igual qué en el procedimiento anterior la amplitud de la tensión máxima de la forma de onda.

Amplitud de diente de sierra = _____ Volts

El voltaje de ruptura del BIAC es aproximadamente simétrico en ambas direcciones. La diferencia es típicamente menor que un volts. Esto permite que un circuito de disparo mantenga prácticamente iguales los ángulos de disparo en ambos semiciclos de la fuente de tensión AC.

PRACTICA 14 CIRCUITO CONTROL DE FASE DIAC/TRIAC

OBJETIVO:

- A.- Mostrar la operación de un circuito de control de fase básico con DIAC/TRIAC.

INFORMACION INTRODUCTORIA

El TRIAC se utiliza primordialmente en los circuitos de control de energía de CA debido a su conducción bidireccional. En ambas alternaciones del voltaje aplicado se entrega energía a la carga, con lo cual se aprovecha mejor la energía disponible. Como el TRIAC tiene cuatro modos de disparo independientes, se pueden utilizar una diversidad de métodos de disparo. El DIAC se diseñó especialmente para disparar al TRIAC. El DIAC conduce y produce un pulso de corriente cuando su voltaje de ruptura es alcanzado en cualquiera de las direcciones. Por lo consiguiente puede suministrar cualquier polaridad de corriente de disparo para el TRIAC.

Al controlar la dirección de disparo del DIAC con respecto a la polaridad del voltaje a través de las terminales del TRIAC, se puede controlar de manera efectiva la dirección del flujo de corriente y el ángulo de conducción de la energía entregada a la carga a través del TRIAC.

EQUIPO Y MATERIALES

- | | |
|--------------------------|--------------|
| - FUENTE DE ALIMENTACION | ENS8821 |
| - OSCILOSCOPIO | |
| - Q1 | TRIAC SC136B |
| - Q2 | DIAC ST2 |
| - C1 | 0.1 μ F |

- R1		22 K
- R2	POT	100 K
- L1,L2,L3,L4	LAMP	6.5 V
- TABLERO DE INSTRUMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) El circuito de la figura 16.1 representa un circuito básico de control de fase que utiliza un DIAC para el disparo y un TRIAC para controlar la potencia entregada a la carga.

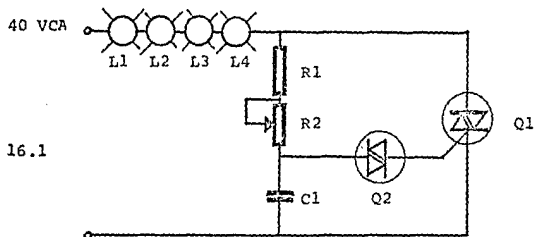


Figura 16.1

Al cerrarse el interruptor S_1 , el capacitor C_1 se carga a través de las lámparas y de las resistencias R_1 y R_2 , hasta alcanzar la tensión de ruptura del DIAC; Q_2 en este punto el DIAC se dispara y entrega un pulso de corriente a la compuerta del TRIAC Q_1 , lo que hace que este se dispare y entregue energía durante el resto del ciclo de entrada. Cuando cambia la polaridad de la tensión de la fuente de alimentación C_1 se carga en la dirección opuesta, el DIAC se dispara entonces en el sentido contrario y el TRIAC conducirá corriente a la carga también en dirección opuesta.

Variando la constante de tiempo de carga de R_1/R_2-C_1 se varía el punto de disparo del TRIAC. Al hacerlo varía el ángulo de conducción del TRIAC y se controla la cantidad de energía que se entrega a la carga. Conecte el circuito de la figura 16.1.

- b) Ajuste la fuente de alimentación a 40 Vca y R2 a su valor de máxima resistencia. Cierre S1 y disminuya lentamente la resistencia R2.

Encienden las lámparas de pronto y brillantemente?

- c) Aumente lentamente la resistencia de R2 hasta alcanzar su valor máximo. Disminuye notablemente la intensidad de las lámparas antes de apagarse?

La causa de que inicialmente las lámparas enciendan intempestivamente y brillantes y de que al apagarlas la disminución de la intensidad de su brillo sea más notable se conoce como HISTERISIS O CENTEELLED.

- d) Qué es la HISTERISIS?

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

- 1.- Explique cómo se puede evitar la Histerisis?
- 2.- Que ventajas presenta un circuito de control de fase DIAC/TRIAC contra los circuitos de control de fase analizados anteriormente?
- 3.- Cómo es el pulso de disparo que suministra un DIAC?

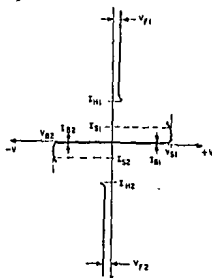
PRACTICA 17 CONTROL DE FASE CON SBS-TRIAC

OBJETIVO:

- A.- Mostrar la operación de un circuito de control de fase básico con SBS-TRIAC.

INFORMACION INTRODUCTORIA

La utilización de un dispositivo de disparo en el circuito de disparo de puerta de un TRIAC, presenta algunas ventajas importantes sobre los circuitos de control de puerta con una red RC simple. Estas ventajas parten del hecho de que un dispositivo de disparo entrega un pulso de corriente de puerta en lugar de un corriente de puerta senoidal. El interruptor bilateral de silicio SBS es utilizado en circuitos de control de baja tensión. Su tensión de ruptura es menor que para los DIACS; de 6 a 10 V y un coeficiente de temperatura de .02%/°C. Presenta las mismas características bidireccionales que el DIAC pero la curva característica muestra una declinación de tensión más drástica después que entra en estado de conducción. (Fig. 17.1)



El SBS es superior al DIAC ya que presenta unas características de conmutación más vigorosas, ya que el

SBS es más estable con la temperatura, más simétrico y presenta una dispersión de grupo menor.

La terminal de puerta G de un SBS puede utilizarse para alterar su operación básica de disparo. Conectando un diodo zener entre puerta G y cualquiera de las terminales A1 o A2, la tensión de disparo cambiará al valor de la tensión zener V_z más la tensión de la juntura P-N interna.

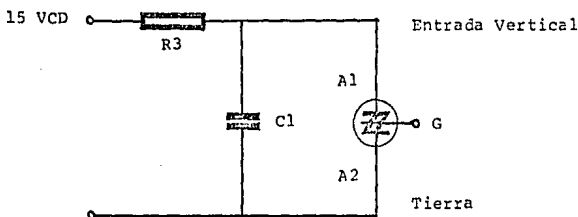
El SBS se utiliza principalmente en controles de fase con TRIACS ya que un arreglo adecuado puede reducir el fenómeno de histeresis.

EQUIPO Y MATERIAL

-FUENTE DE ALIMENTACION		EMS8821
-OSCILOSCOPIO		
-Q1	SBS	2N4991
-Q2	TRIAC	SC136B
-R1	POT	100 k
-R2		22 k
-R3		10 k
-C1		.22 μ F
-D1	ZENER	6 V
-L1,L2	LAMP	6.5 V
-TABLERO DE EXPERIMENTOS		

PROCEDIMIENTO

1. a) Conecte el oscilador de relajación simple de la fig. 17.2. El capacitor C1 se carga a la tensión del SBS y este se dispara.
- b) Ajuste la fuente a una tensión de 15 V cd.
- c) Aterrice momentáneamente la entrada vertical del osciloscopio, coloque el trazo en el centro de la pantalla (para tener una referencia a cero volts) y mida la tensión máxima positiva de la onda a través del SBS. Grafique la forma de onda.



Amplitud= _____ volts

- d) Apague la fuente y cambie la polaridad de la tensión de la fuente. Indique si se invierte la polaridad de la onda _____

Amplitud= _____ volts

- e) Coloque un diodo zener de baja tensión ($V_z < 6V$) entre A1 y G para alterar la tensión de ruptura +VBo. Mida la tensión de disparo con ayuda del osciloscopio. Repita el procedimiento para A2 y G invirtiendo la polaridad de la fuente.

(A1-G) Amplitud= _____ volts

(A2-G) Amplitud= _____ volts

Varia el valor de la tensión de ruptura? _____

2. a) El circuito de la figura 17.3 es un típico arreglo para el control de fase usando SBS. Cuando cerramos el interruptor S1, C1 comienza a cargarse a través de las lámparas y R1-R2, hasta alcanzar la tensión de ruptura del SBS, este se dispara y entrega un pulso de corriente a la compuerta del TRIAC disparandolo y haciendo que entregue energía a la carga.

Cuando se invierte la polaridad en el segundo semiciclo, la acción se repite pero el sentido de la corriente es opuesto. El disparo del SBS se controla con

la constante de tiempo RC de $R1/R2$ y $C1$ con lo cual se logra variar el ángulo de conducción del triac.

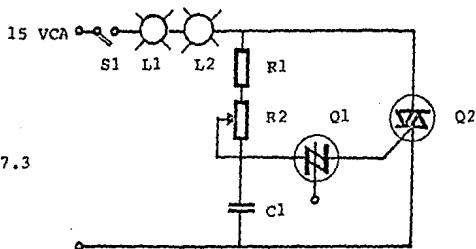


Figura 17.3

- b) Conecte el circuito. Ajuste la fuente de alimentación a 15 V ca y $R2$ para la máxima resistencia. Cierre el interruptor $S1$ y disminuya lentamente la resistencia $R2$.

• Enciénden las lámparas? _____

- c) Cómo controla $R2$ la intensidad de las lámparas?

- e) Conecte el osciloscopio y observe la forma de onda de tensión en la carga. Varie la resistencia $R2$ y mida los ángulos máximo y mínimo de conducción al igual que en la práctica anterior.

Angulo máximo= _____ grados

Angulo mínimo= _____ grados

- e) Apague todo.

IV ESPECIFICACIONES SOBRE EL DISEÑO DEL EQUIPO.

DISEÑO

Aunque la aceptación académica en español de la palabra diseño indica que sólo es la delineación o trazo de alguna cosa, su significado debe interpretarse como la acción y efecto de idear y planear la ejecución de alguna obra. El proceso de diseño principia con la consideración de un problema y termina cuando se ha especificado o determinado completamente una solución funcional, económica y satisfactoria en cualquier otro sentido. Comprende el enunciado o definición del problema, su análisis y síntesis, el desarrollo de dispositivos, la predicción del funcionamiento, el tomar la decisión de su ejecución, la optimización, las especificaciones, y, de hecho, la mayoría de las técnicas y habilidades que se consideran parte del método de la ingeniería.

PROCESO DE DISEÑO

Inicialmente, el presente trabajo estaba proyectado para presentar y comprobar los principios generales de los semiconductores de potencia más utilizados para el control y conversión de energía, estudiando el comportamiento de los dispositivos de estado sólido a base de experimentos de laboratorio y haciendo énfasis en que cada estudiante participe activamente en la ejecución de las prácticas y demostraciones.

Pero conforme se fue avanzando en el proyecto, se vio la necesidad de diseñar el equipo adecuado en el cual implementar los experimentos de laboratorio, por no existir en el mercado algo que se adapte exactamente a los requerimientos y necesidades de cada práctica. Para lograr el objetivo de cada experimento es necesario conectar un

circuito sencillo que ilustre los principios que se pretenden demostrar. El problema es que no se dispone de un tablero que permita un rápido y fácil montaje de los componentes que conforman el circuito, que a la vez proporcione la debida protección a los dispositivos electrónicos y la seguridad adecuada al estudiante encargado de realizar el experimento.

Se decidió analizar varias alternativas que consideran la solución del problema, a continuación se describen las ventajas y desventajas de cada una de ellas con el fin de que si se desea construir un tablero de experimentos que facilite la implementación de las prácticas enumeradas en este manual, se tomen en cuenta, y, si se decide se escoja la más apropiada de acuerdo a sus posibilidades.

El tablero de experimentos, físicamente debe de estar compuesto de dos secciones, en la primera sección están ubicados los interruptores, potenciómetros y lámparas necesarios para implementar los circuitos de cada experimento, la segunda sección ubica un sistema de terminales que permite el acople de los dispositivos que forman parte de cada circuito. (Fig. 4.1)

El objetivo principal del tablero de experimentos es su funcionalidad para facilitar que los elementos semiconductores se acoplen a él. Para esto, los elementos deben estar montados sobre una base de acrílico cuya forma estara determinada por el número de terminales del elemento. Los dispositivos de dos terminales (resistencias, capacitores, diodos y díacs) van sobre una base de forma como la muestra la fig. 4.2. Los orificios circulares facilitan el rápido acople de la base sobre el tablero y están separados entre sí aproximadamente 3 cm. Los elementos de tres electrodos (scr's y triacs) se acoplan a una base de transistor que va sobre un acrílico triangular como el de la fig. 4.3, la disposición de los orificios se visualiza en la misma figura. La distancia entre los centros de los círculos forman un triángulo de 3 cm de base y 1.5 cm de alto.

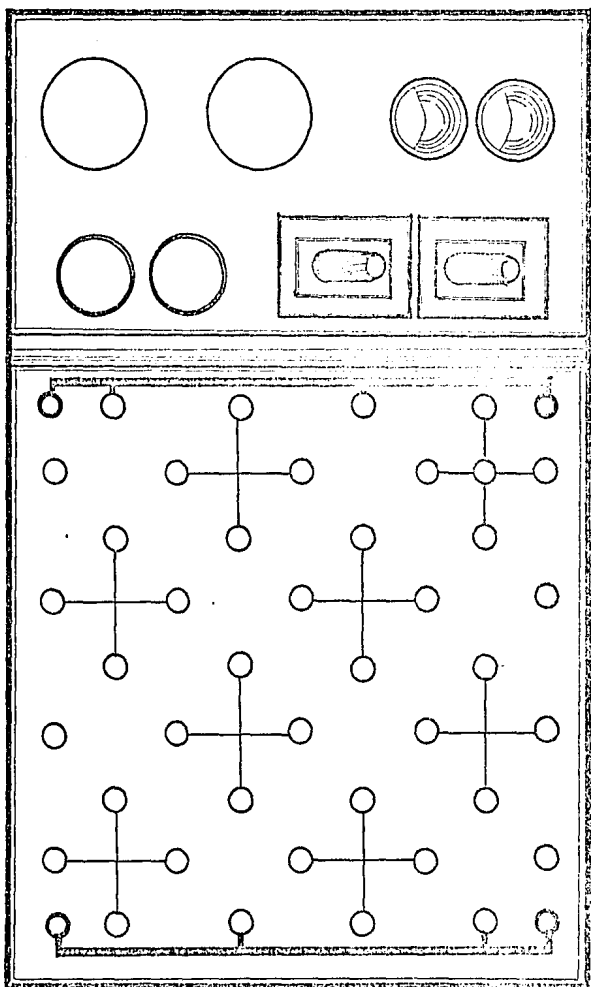


Figura 4.1

IME-UAG

La sección del tablero que permite el acoplo de los elementos electrónicos está compuesto por una serie de puntos en forma de cruz, los cuales no están conectados entre sí. Estos puntos vendrán a formar los nodos del circuito que se conecte y permitirán la comunicación de nodo con nodo a través de determinado dispositivo semiconductor y continuar el circuito en cuatro posibles direcciones. A lo largo del tablero, atraviesan dos líneas paralelas que con varias terminales hacen que la tensión de la fuente esté disponible a lo largo del tablero, para cualquier elemento del circuito que lo necesite.

Tomando en cuenta factores comerciales, económicos y técnicos, se escogieron tres soluciones posibles, las cuales vienen a ser diferentes entre sí por la forma en que van a ser acoplados los dispositivos electrónicos al tablero.

- 1.- La primera opción considera el uso de tornillos en las cuatro terminales del punto en forma de cruz los cuales entrarán en los orificios de las bases de los dispositivos electrónicos como lo indica la fig. 4.4. Los elementos se mantendrán en su lugar con tuercas. En el centro de la cruz va colocado un plug o "hembra" para insertar las terminales de un instrumento de medición si es necesario. Esta opción es la más factible desde el punto de vista comercial y económico, ya que lo necesario para la construcción del tablero se consigue fácilmente y a bajo costo, pero tiene la desventaja de que es necesario el uso de tuercas para apretar las bases de los elementos y estas se extravían fácilmente y hacen muy tardado el procedimiento.
- 2.- La segunda alternativa, introduce una variante con respecto a la primera. Utiliza una especie de jack o "macho" en lugar de tornillo, esto elimina la necesidad de tuercas ya que la base de los dispositivos ensamblaría ajustada y estos se mantendrían fijos fácilmente, además, cuando sea necesario cambiar algún elemento esto se haría rápidamente. La fig. 4.5 nos muestra como sería el acoplo entre el tablero y el elemento electrónico. La desventaja es que este sistema,

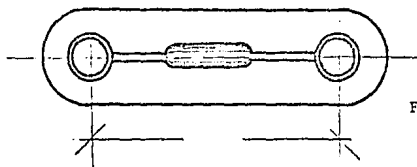


Figura 4.2

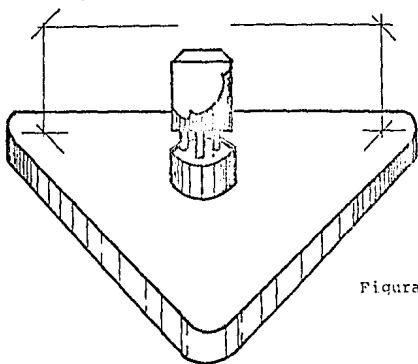


Figura 4.3

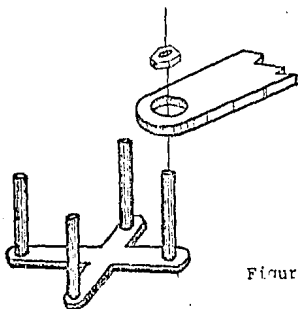


Figura 4.4.

aunque más sencillo y rápido que el anterior, es más caro y la construcción del tablero es más laboriosa.

- 3.- La tercera opción es la más práctica y el sistema es contrario al anterior. En este caso el jack o "macho" va en la base del dispositivo electrónico como lo muestra la fig. 4.6. En el tablero van colocados unos plugs o "hembras" donde antes estaban situados los tornillos o jacks. Además los jacks de la base del dispositivo son del tipo de "acople", o sea que por la parte posterior tienen un orificio plug para que pueda acoplarse a ellos otro jack de menor calibre y esto elimina la necesidad del plug en el centro de la cruz y facilita la medición de tensión o corriente en los dispositivos. Como ya se menciona antes, esta solución es la más práctica porque se elimina la posibilidad de un falso contacto, se logra que el ensamble de determinado circuito sea más rápido y facilita la conexión de un instrumento de medición o el osciloscopio.

La desventaja es que los materiales necesarios son muy difíciles de conseguir en el mercado nacional y es la alternativa más cara.

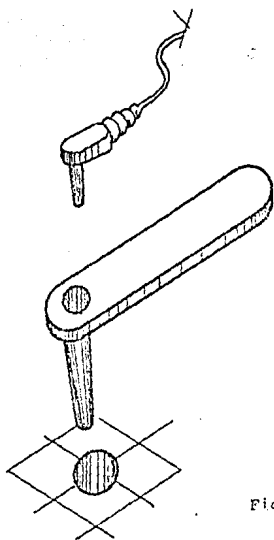


Figura 4.6

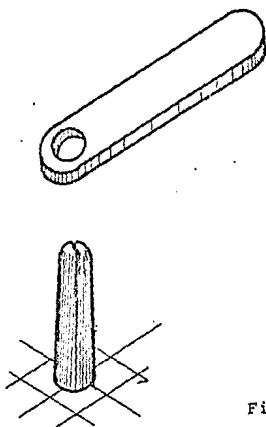


Figura 4.5

012110000779

MANUAL DE RECTIFICADORES CONTROLADOS DE SILICIO

FRANCISCO RUIZ VASSALLO
EDICIONES CEAC

MANUAL DE RECTIFICADORES

FRANCISCO RUIZ VASSALLO
EDICIONES CEAC

SCR ENGINEERS SCR MANUAL

GENERAL ELECTRIC

THYRISTORES Y TRIACS

HENRY ILLEN
MARCOMBO BOIXAREAU EDITORES

ELECTRONICA INDUSTRIAL

TIMOTHY J. MALONEY
EDITORIAL PRENTICE/HALL INTERNATIONAL

SYSTEMAS DIGITALES, PRINCIPIOS Y APLICACIONES

RONALD J. TOCCI
EDITORIAL PRENTICE/HALL INTERNATIONAL

TRANSISTORES Y SEMICONDUCTORES INDUSTRIALES

GUY A. LECLERO