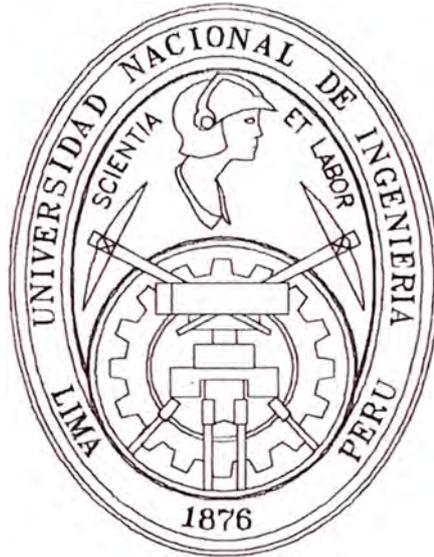


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN UPS  
ELECTRÓNICO DE 1 KWatt DE POTENCIA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**HERNAN CORTEZ GALINDO**

**PROMOCIÓN 1985 – II**

**LIMA - PERU**

**2001**

**DEDICATORIA:**

Un agradecimiento muy especial a mi Madre, que me guío en el camino de la vida, a mis hermanos por su apoyo incondicional y a mis pequeños hijos; que son estímulos para superarme día a día.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN UPS ELECTRÓNICO  
DE 1 KWatt DE POTENCIA**

## SUMARIO

Cuando falla el suministro de energía eléctrica, se presentan problemas que afectan al sistema y deben ser resueltos por un UPS.

El criterio popular que utiliza en la aplicación de un UPS, es el de poder cerrar el proceso informático que se efectúa al final de la jornada, cuando existe un corte de suministro de energía eléctrica.

En esta tesis, planteo como solución a los problemas de corte de suministro, el diseño original e implementación de un UPS electrónico de 1 kwatt de Potencia; usando dispositivos discretos e integrados.

El UPS tiene como objetivo, cuando falla el suministro eléctrico, sustituir automáticamente y poner en funcionamiento su generador interno y comenzar en alimentar al ordenador, sacando la energía de la carga de sus baterías, durante un tiempo limitado que va desde 5 minutos aproximadamente a una hora.

Los resultados obtenidos del diseño, ha hecho posible de un equipo confiable y económico.

# I N D I C E

<b>PROLOGO</b> .....	1
----------------------	---

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS GENERALES SOBRE UPS**

1.1	La línea de transporte y distribución de energía.....	3
1.2	Soluciones existentes.....	6
1.3	Fuente de alimentación ininterrumpida ( UPS ).....	8
1.3.1	Tipos y configuraciones de sistemas UPS.....	9
1.3.2	UPS ON-Line.....	10
1.3.3	UPS Standby.....	10
1.4	Bloques constructivos del UPS.....	11

## **CAPITULO II**

### **ASPECTOS GENERALES DE LOS DISPOSITIVOS DEL UPS**

2.1	La forma de proyectar.....	14
2.2	Componentes discretos del UPS.....	16
2.2.1	Diodos semiconductores.....	16
2.2.2	Diodos como rectificadores.....	19
2.2.3	El diodo Zener.....	20
2.2.4	Diodos emisores de luz ( LED ).....	21

2.3	Los transistores en el UPS.....	23
2.3.1	Transistores bipolares.....	23
2.3.2	Transistores de efecto de campo.....	25
2.3.3	Encapsulado de los transistores.....	27
2.4	El temporizador 555.....	28
2.5	El amplificador operacional .....	32
2.6	Los relay.....	35
2.6.1	Relay N.O-N.C.....	36
2.6.2	Relay tipo chip o DIP.....	36
2.6.3	Relay tipo caja.....	37
2.6.4	Relay de estado sólido.....	37
2.7	Filtro pasa-bajas.....	38

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO**

3.1	Características y especificaciones técnicas.....	41
3.2	Diseño del circuito electrónico Inversor de CC/c.a.....	42
3.2.1	El generador de pulsos LM555.....	43
3.2.2	Diseño del timer LM555.....	46
3.2.3	Diseño de los transistores BJT como conmutadores.....	49
3.2.4	Diseño de los transistores MOSFET'S como conmutadores.....	57
3.3	Principio del transformador.....	62
3.4	La batería en el UPS.....	64
3.5	Estudio de los comparadores o detectores.....	64

3.6	Detector de cruce por cero.....	69
3.6.1	Detector de cruce por cero inversor.....	69
3.6.2	Detector de cruce por cero no inversor.....	73
3.7	Realimentación positiva.....	75
3.7.1	Voltaje de umbral superior.....	75
3.7.2	Voltaje de umbral inferior.....	76
3.8	Comparadores con histéresis.....	78
3.8.1	Detector de cruce cero con histéresis.....	79
3.9	Detectores de nivel de voltaje con histéresis.....	79
3.10	Detector de nivel de voltaje con ajuste independiente de la histéresis y del voltaje de centro.....	82
3.11	Diseño del circuito de control del cargador de batería.....	85
3.12	Diseño del circuito cargador de batería.....	88
3.13	Diseño del circuito detector de tensión.....	90
3.14	Diseño del circuito de alarma y protección.....	92

## **CAPITULO IV**

### **IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y**

#### **PRESUPUESTO DEL UPS**

4.1	Implementación.....	93
4.1.1	Disipadores de calor.....	93
4.1.2	Circuito Impreso.....	98
4.1.3	Ensamblaje del circuito.....	99
4.1.4	Orden en el montaje de los componentes.....	99
4.1.5	Lista de componentes.....	101

4.2	Calibrado del UPS.....	103
4.3	Presupuesto del UPS.....	105
	<b>CONCLUSIONES</b>	109
	<b>ANEXO A</b>	
	<b>DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS</b>	111
A1	Circuito electrónico Inversor Vcc/a c.	112
A2	Circuito de control automático, cargador de batería y alarma del UPS	113
A3	Diagrama electrónico final del UPS implementado	114
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	115

## PROLOGO

El propósito de esta tesis, es plantear una alternativa de solución a los problemas que afectan al sistema, cuando se apaga repentinamente el suministro de la energía eléctrica, para el cual se diseña y construye un UPS electrónico de 1 KWatt de Potencia.

El diseño es original, basado precisamente en la utilización de componentes electrónicos discretos e integrados de total existencia en el mercado y de bajo costo; así como transistores bipolares y Mosfet's, que funcionan como conmutadores; el corazón del Inversor de CC/c.a. es el circuito multivibrador astable (Timer LM555), el cual es un generador de pulsos positivos.

El sistema tiene, un circuito electrónico que detecta el corte de energía y conecta la batería recargable. Cuando no hay alimentación de la red, todos los circuitos electrónicos que no se utilizan quedan desconectados a fin de no consumir energía de la batería.

Cuando se restaura la alimentación de 220 voltios c.a el circuito vuelve a conectar en forma normal.

Para que el sistema sea confiable, se tubo en cuenta en la implementación, un pequeño cargador de baterías y el diseño de un circuito de comparación, el cual debe cargar automáticamente, cuando requiera la

batería de corriente continua; este circuito de control automático se ha realizado en base a los amplificadores operacionales.

Son 4 los capítulos en los que se ha dividido la presente tesis.

- ❖ En el CAPITULO I, se realiza los aspectos generales sobre UPS.
- ❖ En el CAPITULO II, se realiza los aspectos generales de los dispositivos del UPS.
- ❖ En el CAPITULO III, se describe detalladamente el proceso de diseño del sistema propuesto.
- ❖ En el CAPITULO IV, se detalla el proceso de Implementación, pruebas de funcionamiento y presupuesto del UPS.

Quiero expresar mi agradecimiento sincero a los profesores de la UNI, por haber contribuido en mi formación profesional; además haberme brindado el tiempo necesario para la elaboración de la presente tesis.

Un agradecimiento muy especial a mi asesor Ingeniero Domingo Lazo Ochoa, por brindarme el apoyo necesario para la finalización de la presente tesis.

# **CAPITULO I**

## **ASPECTOS GENERALES SOBRE UPS**

### **1.1 La línea de transporte y distribución de energía**

Los problemas de la calidad de la energía y los causados por su defecto, son consecuencia de la evolución de la electrónica y mas particularmente de su integración. Con ello se incrementa la exposición del usuario a perturbaciones eléctricas y aumenta también la sensibilidad de los equipos.

Es por ello que el suministro de corriente alterna, suele ser inadecuada para alimentar sistemas informáticas, pudiéndoles causar problemas de perdidas de datos. Todos estos efectos se pueden agrupar en **seis fenómenos: Reguladores, transitorios, Ruidos eléctricos, Armónicos, Tierra y cortes de energía.**

**Regulación.-** Son variaciones lentas en la tensión o frecuencia, pudiendo durar desde algunos ciclos hasta algunas horas.

Distinguiremos tres fenómenos que implican a la regulación "swells" o picos, son crecimientos lentos de la tensión, pueden alcanzar valores superiores al 20% de valor nominal y durar segundos. Caídas de tensión de corta duración, son normalmente provocadas por el arranque de motores, ya que estos, en el arranque llegan a consumir hasta veinte veces su valor

nominal. caídas de tensión de larga duración, son provocadas por sobrecargas en la red, en un área amplia. Aunque los equipos electrónicos suelen tolerar bien los efectos de la regulación a corto plazo, el efecto mas inmediato es la reducción de la vida útil de estos, debido fundamentalmente a los sobrecalentamientos generados.

**Transitorios.-** Los transitorios son sobretensiones de corta duración y elevadas corrientes. Se considera transitorio a un fenómeno de duración inferior de 1ms y las frecuencias involucradas van desde KHz hasta centenares de MHz. El origen de los transitorios, según estudios realizados, releva que un 35% es debido a fenómenos naturales ( relámpagos ) y un 65%, a la conexión de cargas reactivas ( motores, fluorescentes etc ). Otro origen de importancia son las descargas electrostáticas, debido al uso de las fibras artificiales como moquetas, vestidos, etc. Un transitorio, puede afectar de varias maneras, en un primer grado, un circuito lógico puede recibir un transitorio, no ser destruido por el, pero interpretarlo erróneamente como información, provocando por tanto un fallo lógico. Una repetición del efecto en el circuito, puede destruirlo por sobrecalentamiento, con lo cual no se hallaran las causas de su destrucción.

**Ruidos.-** El ruido eléctrico, ocupa un rango de frecuencias similares al de los transitorios, sin embargo estos son de baja magnitud, pero de larga duración. Un ejemplo seria la inducción en la línea de transmisión de ondas de radio. Los fenómenos de ruido suelen provocar mas errores de funcionamiento, que daños físicos.

**Armónicos.-** Son causa de la integración de múltiples frecuencias fundamentales de las fuentes de alimentación, suelen agravarse por el consumo de cargas alinearles como fuentes de alimentación conmutadas.

Los armónicos impares son los mas frecuentes, siendo el margen de frecuencias de 180Hz hasta 1KHz. Los problemas mas frecuentes que presentan los armónicos son inesperados flujos en los sistemas eléctricos, sobre corrientes en los hilos conductores de neutro y grandes perdidas en los transformadores. Los magneto térmicos no alcanzaran tampoco, sus prestaciones habituales, produciéndose disparos prematuros. Para una solución o mas bien una atenuación de este tipo de problemas, cabe mencionar el sobredimensionamiento de neutros, utilización de transformadores de factor K, uso de disruptores de línea en que suelen incluir un filtro activo, para la transformación de cargas no lineales en lineales.

**Tierra.-** Dos efectos debemos considerar respecto a la toma de tierra, el primero es de referencia, consiste en asegurar que varios equipos se mantienen a la misma tensión; el segundo es de seguridad, respecto a descargas eléctricas y riesgos de incendio. En ausencia de una tierra de referencia común, ordenadores conexionados pueden verse afectados por fallos lógicos y/o daños en las líneas de comunicación. La referencia a tierra, se obtiene a través del cero de impedancia, dado por la red eléctrica nacional, con ello la utilización de un punto único de tierra, es la mejor solución la equipotenciación de los equipos informaticos. En las líneas de transmisión de datos, el aislamiento eléctrico será la mejor solución.

**Cortes de energía.-** Son pérdidas o cortes del suministro eléctrico que también se conocen como apagones, son el problema de alimentación mas fácil de diagnosticar. Cualquier interrupción del suministro eléctrico, sea temporal o no temporal, producirá un corte de alimentación que puede dañar los equipos y ocasionar pérdidas de datos.

Ocasionan que los usuarios de las computadoras pierdan horas de trabajo cuando sus sistemas se apagan repentinamente. Los apagones también pueden dañar las unidades de disco duro y, por consiguiente ocasionar la pérdida de todos los datos de un sistema, aun peor cuando la energía regresa, muy frecuentemente esta viene con picos y sobretensiones posteriores que pueden causar, aun mas daños.

## **1.2 Soluciones existentes**

Existen diversas soluciones, las cuales aportan distintos grados de protección, y que en realidad forman parte de un proceso histórico de la evolución de las tecnologías electromagnéticas y electrónicas. En la parte final de esta documentación, trataremos de las soluciones posibles a los transitorios, dado que implica una tecnología externa al UPS, así como unas recomendaciones en la instalación.

**Transformador de aislamiento.-** Equipado de pantalla electrostática o bobinado mediante carrete separador, permite obtener una atenuación importante de ruidos y parásitos. La atenuación de estos depende de la concepción y calidad mismo. No soluciona variaciones, cortes ni microcortes. Su utilidad estriba únicamente en la atenuación de ruidos.

**Transformador ferroresonante.**- Disponen de un condensador en la salida, en paralelo con bobinas secundarias, con lo que se proporciona una realimentación magnética y se consigue una estabilización de salida, esta técnica fue muy empleada, (antiguos estabilizadores para T.V.), pero obtiene muy poco rendimiento. La aplicación de este tipo de transformador, usado para hacer frente a problemas de regulación quedo en desuso, con la aparición de los estabilizadores electrónicos.

**Regulador de tensión, Estabilizador.**- Ofrece soluciones cuando el problema estriba en variaciones de red, sin embargo depende en gran modo de sus características, tiempo de respuesta y margen de regulación.

Consiste en la conmutación de diversas tomas de un transformador, a fin de seleccionar la tensión de salida requerida. Pueden incorporar un transformador de aislamiento, de modo que solucionan a la vez el problema de ruidos, pero son incapaces de solucionar los cortes, microcortes y las variaciones de frecuencia de la red, puesto que no aportan autonomía.

Existen dos familias de estabilizadores, los ferroresonantes y los electromagnéticos. Los primeros actúan por saturación del núcleo del transformador. Los segundos mediante conmutación de tomas.

**Acondicionadores de red.**- Es la combinación de un transformador de aislamiento y un regulador de red. Pueden por tanto ser ferroresonantes o electromagnéticos. Logran buenos resultados frente a variaciones y parásitos de red, pero siguen siendo impotentes frente a cortes y variaciones de frecuencia, en cambio su corte empieza a ser importante.

**UPS.-** Cuando existen pérdidas o cortes totales o parciales del suministro eléctrico, se recomienda que los usuarios de computadoras protejan sus sistemas con una UPS, se refiere a una unidad que monitorea los niveles de suministro eléctrico en una línea y pasa a batería cuando se produce un corte de suministro eléctrico.

### **1.3 Fuente de alimentación ininterrumpida ( UPS )**

Una UPS ( **Uninterruptible Power Supply** ) (fuente de alimentación ininterrumpida) ofrece protección mas completa contra variaciones de potencia, porque utiliza la potencia de batería para mantener funcionando al ordenador, cuando se interrumpe la alimentación del suministro de la energía eléctrica de 220 Voltios c.a

Son equipos que por su concepción autónoma, permiten realizar suministro aun cuando no exista suministro de red. Para ello incorporan baterías, cargador de baterías, inversor de CC/a.c., la finalidad de este ultimo es convertir la corriente continua procedente de los acumuladores, en corriente alterna, de iguales características de la red, pero exenta de los problemas de ruidos y variaciones que la afectan.

La batería se carga mientras la alimentación de C.A esta disponible, de manera que cuando se interrumpe la alimentación de CA, la batería puede proporcionar alimentación al ordenador, durante un tiempo limitado de 15 minutos hasta aproximadamente 1 hora dependiendo del sistema UPS.

Cuando falla el suministro eléctrico del exterior el UPS automáticamente, pone en marcha su generador interno y comienza a alimentar al ordenador sacando la energía de la carga de sus baterías. Esta

energía hace que las baterías se vayan descargando poco a poco hasta que se agotan y se para. El tiempo que tarda el UPS en agotarse depende básicamente de dos factores: El tamaño o potencia del UPS y el consumo de los equipos conectados a el. Las medidas se hacen para un tiempo de duración medio en 15 minutos.

Los UPS cuesta desde pocos dólares hasta varios miles de dólares, las unidades mas caras, permiten al usuario utilizar sistemas mas grandes, durante un tiempo más prolongado cuando se interrumpe la alimentación de C.A.

Los UPS que proporcionan únicamente 5 minutos de potencia de baterías, permiten realizar un apagado correcto del ordenador, es decir no están diseñados para un funcionamiento continuo. Alimenta equipos eléctricos que deben continuar funcionando durante las interrupciones de la red comercial de energía: computadores, equipos de video, equipo medico, centrales telefónicas, etc.

### **1.3.1 Tipos y configuraciones de sistemas UPS**

En el mercado actual hay gran cantidad de diseños de UPS. Puede llegar a ser confuso determinar, que tipo de equipo es el mas conveniente para nuestra carga critica, y cual nos entregará la energía con el nivel requerido de calidad y confiabilidad.

Aun la mas esotéricas configuraciones, caen dentro de dos categorías principales de UPS, llamadas ON-Line y Standby.

Ambos diseños nos proveen de una energía de reserva desde un grupo de baterías cuando la línea de alimentación principal falla, pero difieren en el rango y extensión de otros beneficios que ellas pueden otorgar.

### **1.3.2 UPS ON-Line**

Es un sistema de alimentación ininterrumpida, que en situación normal de red, utilizan la energía de la compañía eléctrica solamente para cargar las baterías y alimentarse a si mismo.

La entrada de corriente solo va al cargador de baterías, manteniéndoles siempre a plena capacidad. De las baterías y no de la entrada de corriente, se toma la energía para alimentar los equipos. En caso de un impulso por un rayo, no pasa a los equipos. Como muchos, lo que puede pasar es que se estropee el cargador pero nada más y aun así es difícil que esto ocurra.

La red alimenta al cargador de baterías y al inversor. De este modo nos encontramos con las baterías en paralelo con el inversor, por tanto cualquier corte o microcorte queda suplido por las baterías. La tensión de salida la proporciona el inversor siempre, por tanto, se garantiza la estabilización de salida, la estabilidad en frecuencia y la ausencia de perturbaciones. No existe transferencia Red-UPS ni UPS-Red, puesto que el inversor esta permanente trabajando y suministrando energía a la salida.

### **1.3.3 UPS Standby**

Cuando todo esta normal la corriente eléctrica pasa directamente a través del UPS hacia los equipos. El circuito solo toma una derivación para mantener las baterías cargadas. Estos UPS son mas baratas pero tienen un

gran inconveniente, si hay una fluctuación de corriente o un impulso debido a un rayo en la zona, puede provocar la rotura de los equipos. Podemos decir que el sistema Standby solo sirve para cortes de corriente de más de 1seg, pero no para los micro impulsos que pueden ser perjudiciales.

Parte del criterio es reducir costos, por ello la base es proteger solo en caso de necesidad, de tal forma que la red alimenta a la carga normalmente y tan solo interviene el inversor en caso de fallo de red o red excesivamente baja o alta. Podríamos decir, que la red esta controlada dentro de un intervalo de tensión máxima y mínima, y por tanto la carga que estamos alimentando, deberá soportar los limites de tensión a los que interviene el equipo. Normalmente no se produce un aislamiento entrada-salida y existe un inevitable tiempo de transferencia Red-UPS-Red. Dicho tiempo puede llegar a ser muy corto (1ms), sin embargo durante este tiempo, son los condensadores de filtro de la carga quienes mantienen la energía.

El inversor solo trabajará el tiempo de descarga de la batería, apurándose hasta el limite, las características de los semiconductores de potencia. A su vez , la batería es cargada de forma lenta por el cargador, cuando existen condiciones correctas de red.

#### **1.4 Bloques constructivos del UPS**

Todos los sistemas de energía ininterrumpida utilizan los mismos bloques constructivos. Ver figura 1.1. A continuación describiré cada bloque.

La sección de entrada, es la forma en que la tensión de la línea es conectada a la UPS. Puede ser un cable incorporado, un cable enchufable.

Todas las configuraciones de UPS tienen un Inversor de CC/c.a. Los UPS de bajo costo poseen un inversor que entrega una salida de onda cuasi-sinusoidal, mientras que las UPS de mayor tamaño y costo incorporan un inversor con una forma de onda de salida sinusoidal.

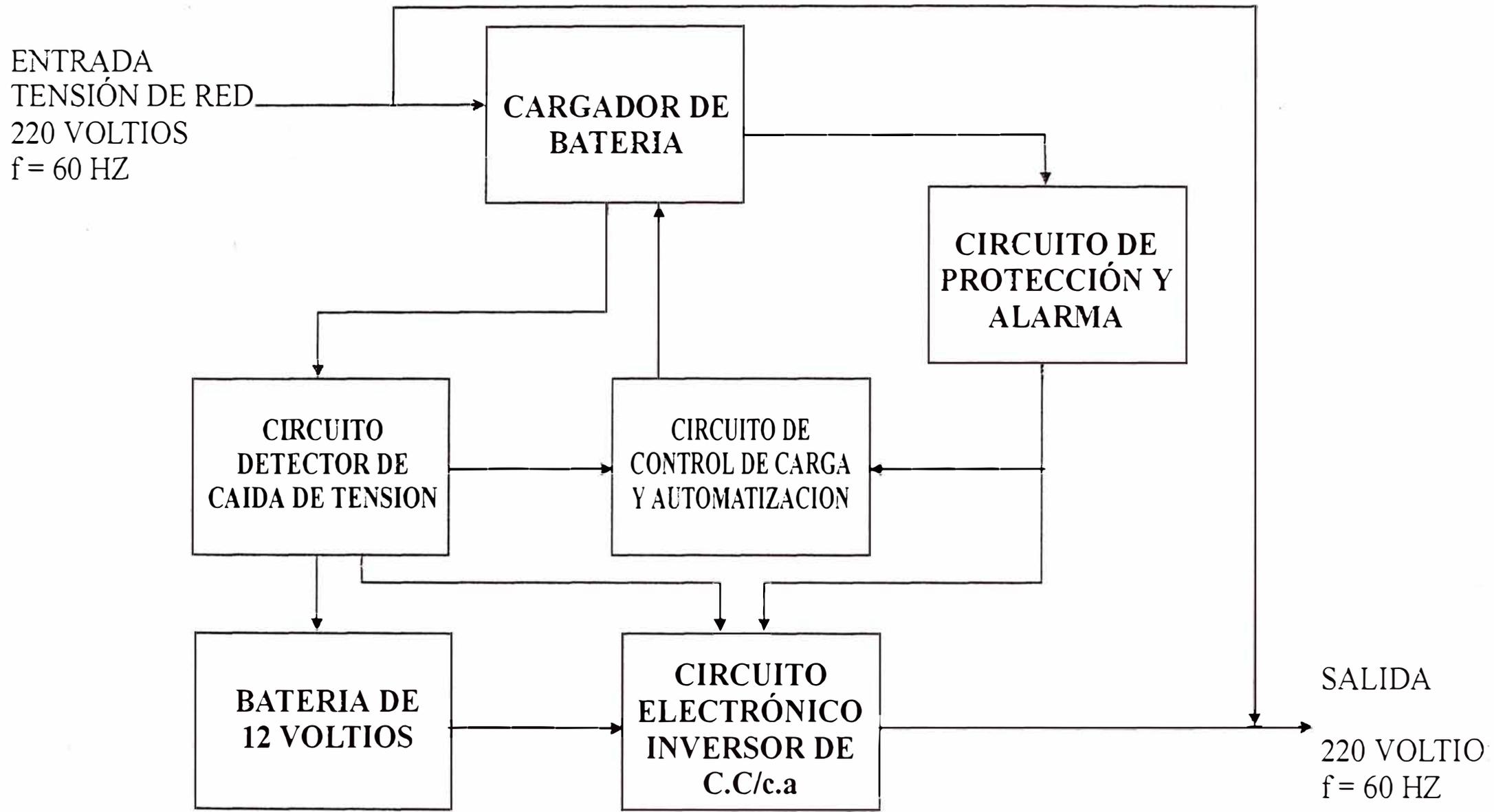
Una batería es necesaria para mantener funcionando a la UPS cuando la energía de la línea falla o cae demasiado. Normalmente las UPS de pequeña potencia utilizan baterías internas selladas, libre de mantenimiento.

En grandes UPS se suele usar también baterías de electrolito líquido. Una autonomía (tiempo de reserva de energía) típica para una UPS de pequeño o mediano tamaño, suele ser de 10 a 15 minutos.

Un circuito de control automático es necesario para controlar la carga de la batería, esto es debido si se usa el cargador de batería por mucho tiempo, la batería puede sobrecargarse, para esto el circuito automático por medio de un amplificador operacional, que esta en su modo de comparador de tensión, va saber si la batería esta a plena carga.

La mayoría de los equipos UPS operan de manera automática, tienen una alarma sonora indicando la falla de la línea, en la implementación se ha utilizado un indicador led rojo. Como protección contra corto circuito, los UPS tienen un fusible.

La sección de salida es donde se conectan las cargas a proteger por la UPS. La cantidad y configuración de las tomas de salida varían según los diseños.



**FIGURA 1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL UPS**

## **CAPITULO II**

### **ASPECTOS GENERALES DE LOS DISPOSITIVOS DEL UPS**

#### **2.1 La forma de proyectar**

Al proyectista se le da usualmente un conjunto de especificaciones algo vagas, con relación a la forma de trabajo del circuito propuesto y el proceso del proyecto, se inicia con la precisión de probar un circuito que según su propio criterio, reunirá las especificaciones preestablecidas.

A menudo selecciona el circuito a partir de una colección reunida por experiencias anteriores o como resultados de una exploración de la literatura técnica. El circuito propuesto se estudia, se modifica algo y se monta provisionalmente para una evaluación experimental.

A partir de dicho inicio las mejoras y cambios se obtienen usualmente por experimentación o simplemente mediante un minucioso proceso de aproximaciones sucesivas, amparado en una cuidadosa observación. Cada mejora es un desafío para el proyectista para conseguir un nuevo diseño, más simple y mejor.

El trabajar en un proyecto difícil puede resultar sobradamente excitante, cuando el proyectista sabe que el más mínimo cambio, simplificación o idea original puede ser el inicio de una sustancial mejora y dar lugar a un nuevo y mejor circuito que el de partida.

El procedimiento de las aproximaciones sucesivas, es con frecuencia, el sistema de proyectar del hombre práctico, que no comprende o no emplea la teoría matemática. El práctico modifica alguna parte de un circuito ya existente, hasta que consigue que se adapte a una nueva aplicación. Los circuitos pueden modificarse fácilmente cambiando los valores de todos los componentes proporcionalmente a un factor común y ajustando la polarización.

Ateniéndose a los valores nominales dados por los constructores, pueden cambiarse los transistores y las tensiones de suministro. Muchas veces sólo es necesaria una modificación mínima, y con experiencia suficiente, algunos diseñadores, por el sistema de las aproximaciones sucesivas crean proyectos con el mínimo esfuerzo.

Para el proyecto el mejor sistema es una adecuada combinación de trabajo sobre el papel y trabajo experimental en las proporciones y medidas adecuadas a la habilidad del proyectista. Para calcular por ejemplo la ganancia y la impedancia que caven esperar de un circuito a transistores, un proyectista necesita una pequeña colección de fórmulas aproximadas como orientación.

Para el trabajo experimental, un proyectista necesita unos pocos instrumentos y herramientas uno o dos manuales de datos de transistores y una colección de proyectos de circuitos para disponer de un punto de partida.

Con los ejemplos de esta tesis el lector dispone de una referencia de material para proyectos que usualmente solo se obtienen después de una buena dosis de experiencia práctica.

## **2.2 Componentes discretos del UPS**

Para comprender como funcionan los dispositivos discretos será necesario realizar un estudio de los dispositivos electrónicos que se utilizará en el diseño e implementación del UPS, así como los diodos, transistores, amplificador operacional, C.I. 555, también dispositivos eléctricos como el relay, un estudio de sus propiedades, sus características, especificaciones y aplicaciones.

### **2.2.1 Diodos semiconductores**

Durante la explosión tecnológica de fines de los años 50 y principios de los 60 la tecnología de estado sólido recibió una gran atención. Esto se debió a la necesidad de contar con componentes electrónicos livianos, pequeños y de bajo consumo de potencia.

El primer dispositivo electrónico de estado sólido pequeño económico, versátil y de gran confiabilidad en aplicaciones de circuitos electrónicos, es el diodo semiconductor.

Si un cristal semiconductor se dopa con impurezas tipo **p** por un lado y con impurezas tipo **n** por otro, en la Zona de unión de ambas regiones se producen fenómenos eléctricos muy distintos que con lleva el dopado unipolar nuevo dispositivo llamado “**diodo de unión**” permite la conducción eléctrica en el sentido  $p \rightarrow n$  y la dificulta en el sentido  $n \rightarrow p$ . Osea en un

sentido ofrece baja resistencia (orden de los ohms), en el otro sentido una gran resistencia (orden de los megaohms).

La tensión para que la corriente empiece a aumentar rápidamente se llama tensión umbral del diodo. Para un diodo semiconductor de silicio, la tensión umbral puede aproximarse a la barrera de potencial, aproximadamente 0.7 V. y para un diodo de germanio, tiene una tensión umbral aproximadamente 0.2 ó 0.3 V. La diferencia de tensión para el silicio y el germanio radica en la estructura atómica de los materiales.

La construcción de un diodo determina la cantidad de corriente que es capaz de manejar, la cantidad de potencia que puede disipar y la tensión inversa pico que puede soportar sin dañarse.

Cada fabricante desarrolla estos criterios en las hojas de características del dispositivo, de utilidad para los que diseñan circuitos deberán tener cuidado con alguna de sus características importantes; alguna de las más resaltantes se menciona de la siguiente forma:

- ❖ Tipo de diodo (de germanio o de silicio)
- ❖ Tensión inversa de ruptura; para un 1N4004 un diodo rectificador muy popular empleado en fuentes de alimentación (circuitos que convierten una tensión alterna en una tensión continua), es de 400 V.
- ❖ Corriente máxima con polarización directa (monofásica, carga resistiva, 60Hz,  $T_a = 75^\circ \text{C}$ ), 1.0 amperio.
- ❖ Corriente inversa máxima,  $T_j = 25^\circ \text{C}$  valor típico  $0.05 \mu\text{A}$ . Valor máximo  $10 \mu\text{A}$
- ❖ Frecuencia de trabajo del diodo.

❖ Su PIV, (voltaje inverso de pico).

Un diseño basado en una corriente inversa de  $0.5 \mu\text{A}$  trabajará muy bien a  $25^\circ\text{C}$  con un 1N4004 típico.

El diseñador debe saber colocar cada componente electrónico en el lugar que le corresponde.

Aprovechando la propiedad de conducir la corriente en una sola dirección, el diodo puede utilizarse en una gran cantidad de circuitos electrónicos.

Sus aplicaciones especiales de los diodos mas utilizados, son los diodos rectificadores que se emplean en fuentes de alimentación para convertir tensión alterna en tensión continua. Los diodos Zener su uso principal se encuentra en los reguladores de tensión, que son circuitos que mantienen constante la tensión en una carga.

El diodo emisor de luz (LED), dispositivo opto electrónico que se usa extensamente, como un indicador en instrumentos calculadoras y otros equipos electrónicos.

El opto acoplador dispositivo el cual permite acoplar una señal entre dos circuitos aislados, combina un LED y un fotodiodo en un solo encapsulado.

El varicap, diodo de capacidad variable cuya capacidad puede controlarse mediante la tensión inversa. Esto permite sintonizar aparatos de radio y televisión.

Los varistores llamados también supresor de transitorios, se usan entre los extremos del arrollamiento primario de un transformador para evitar

picos de tensión que lo pudiesen dañar, o bien para evitar los ruidos en las tensiones de entrada al equipo.

### **2.2.2 Diodos como rectificadores**

La primera aplicación importante es la rectificación proceso de convertir una señal alterna (c.a) en otra que se restringe a una sola dirección (cd) se emplean esta conversión en fuentes de alimentación.

Si hacemos circular a través de un diodo una c.a durante el primer medio ciclo, el terminal superior de la fuente de c.a es positivo con respecto al terminal inferior. Por lo tanto, el ánodo del diodo es positivo con respecto al cátodo y el diodo conduce la corriente. Durante el segundo medio ciclo, el terminal superior de la fuente c.a es negativo con respecto al terminal inferior. Por lo tanto el ánodo del diodo es negativo con respecto al cátodo y el diodo no conduce corriente.

Como la corriente alterna se alimenta permanentemente, se repite el proceso y obtenemos en la resistencia de carga, una corriente continua pulsante que sube y baja. Así hemos convertido c.a en c.c, eliminando medio ciclo de la corriente alterna.

Para convertir corriente continua pura a una corriente continua suave, que es la que entregan las baterías, hay que llenar los espacios que hay entre los pulsos. Esto se conoce como filtrado y se hace generalmente por medio de condensadores electrolíticos.

Un rectificador de onda completa transfiere energía de la entrada a la salida durante todo el ciclo y proporciona mayor corriente promedio por cada ciclo en relación con lo que se obtiene utilizando un rectificador de

media onda. El rectificador de onda completa produce el doble de corriente promedio en relación con el rectificador de media onda.

Un rectificador de onda completa se puede realizar en dos formas diferentes:

- ❖ Con dos diodos y un transformador con toma central en el secundario.
- ❖ Con un puente rectificador formado por cuatro diodos y un transformador sencillo.

A la salida se obtendrá una corriente continua pulsante, pero de todos los medios ciclos presentes en la forma de onda, ninguna parte de la corriente alterna se ha perdido

### **2.2.3 El diodo Zener**

Un diodo Zener se trata de un diodo de silicio que se ha diseñado para que funcione en la zona de ruptura, llamado a veces diodo de avalancha, el diodo Zener es la parte esencial de los circuitos reguladores de tensión; estos son circuitos que mantienen la tensión casi constante con independencia de que se presente grandes variaciones de la tensión de red y de la resistencia de carga.

Si la tensión en inverso excede la tensión de ruptura, el diodo normalmente no se destruye. Esto siempre que la corriente no exceda un máximo predeterminado y el dispositivo no se sobrecaliente.

La máxima corriente inversa  $I_{zmax}$ , que puede soportar el diodo depende del diseño y la construcción de éste. La corriente de pérdida ( $I_{zmin}$ ) por debajo del vértice de la curva característica generalmente se supone que es  $0.1 I_{zmax}$ .

La utilización de  $I_{zmin}$  asegura que la curva de avalancha permanezca paralela al eje  $I_d$  entre  $I_{zmax}$  e  $I_{zmin}$ . La cantidad de potencia que el diodo puede soportar es:

$$P_z = I_{zmax} \times V_z$$

En el caso de los diodos Zener, por lo general aparecen los siguientes parámetros en las hojas de características:

- ❖ Tipo de dispositivo.
- ❖ Tensión Zener nominal ( tensión de ruptura por avalancha).
- ❖ Máxima disipación de potencia (a 25°C)
- ❖ Tolerancia de Tensión.

#### **2.2.4 Diodos emisores de luz ( LED )**

La Optoelectrónica es la tecnología que combina la óptica con la electrónica. Este sugestivo campo incluye muchos dispositivos basados en la acción de una unión pn, un ejemplo de un dispositivo Optoelectrónico son los diodos emisores de luz (LED), semiconductores que emiten luz visible cuando son polarizados en sentido directo.

Son capaces de cambiar la fuente de energía eléctrica en fuente de energía lumínica. El diodo emisor de luz (LED, Light emitting diode) transforma la corriente eléctrica en luz.

Cuando se polariza un diodo PN en sentido directo se inyecta un gran número de electrones del material n a p, estos electrones se combinan con huecos en el material p en el nivel de energía de la banda de valencia, y se liberan fotones de luz. La intensidad de la luz es proporcional a la velocidad

de recombinación de electrones, y por tanto, proporcional a la corriente del diodo.

En los diodos de silicio y germanio el electrón libera su energía como calor, cuando regresa de la banda de conducción a la de valencia, pero en un LED la energía se disipa en forma de luz.

Los LED han sustituido a las lámparas incandescentes en muchas aplicaciones por su baja tensión, su larga vida y su gran rapidez de conmutación.

Los diodos normales están hechos de silicio, un material opaco que obstruye el paso de la luz. Los LED son diferentes.

Empleando elementos como el galio el arsénico y el fósforo, un fabricante puede producir LED que radien luz roja, verde, amarillo, azul, naranja, ó infrarroja (invisible).

Su reducido tamaño y poco consumo de potencia, a permitido que los LED'S sean utilizados en una amplia gama de aplicaciones, desde indicadores ON/OFF de la gran mayoría de equipos electrónicos.

Los LED de luz infrarroja tienen aplicaciones en sistemas de alarma antirrobo y otras áreas en las que se requiere luz invisible.

En la mayor parte de los LED disponibles comercialmente, la caída de tensión típica es de 1.5 a 2.5 V para corrientes que fluctúan entre 10 y 50 mA.

El valor exacto de la caída de tensión depende de la corriente del LED, el calor, la tolerancia, etc.

## **2.3 Los transistores en el UPS**

En 1948 Joseph Bardeen, Walter H. Brattain y William Shockley de Bell Telephone Laboratories, construyeron y demostraron la acción amplificadora del primer transistor. Era un dispositivo imperfecto (no refinado) de baja ganancia.

Los ingenieros vieron sus ventajas en pequeños dispositivos portátiles y empezaron a mejorar su desempeño. Durante los años 60, los procesos y métodos de fabricación se mejoraron de forma tal que el transistor pudo construirse de manera confiable. Esto produjo una explosión en la industria electrónica.

La capacidad de manejar potencia y las frecuencias máximas de operación se incrementaron de forma constante en este periodo.

### **2.3.1 Transistores bipolares**

El transistor es un dispositivo semiconductor de tres capas que consiste de dos capas de material tipo n y una capa tipo p, o bien, de dos capas de material tipo p y uno de tipo n. Al primero se le llama transistor npn, y al segundo transistor pnp.

La capa del emisor se encuentra fuertemente dopada, su función consiste en inyectar o emitir electrones libres a la base. La base ligeramente dopada y deja pasar hacia el colector la mayor parte de los electrones inyectados por el emisor, y el colector solo muy poco dopado.

Un transistor sin polarización es similar a dos diodos contrapuestos.

Cada diodo tiene una barrera de potencial de 0.3 voltios si es de germanio y 0.7 voltios si es de silicio aproximadamente. Si se conectan

fuentes externas para polarizar el transistor, se obtienen resultados nuevos e inesperados.

La abreviatura **BJT**, del transistor bipolar de unión (del inglés **Bipolar Junction Transistor**) suele denominarse a este dispositivo de tres terminales.

El término bipolar refleja el hecho de que los huecos y electrones participen en el proceso de inyección hacia el material polarizado de forma opuesta.

Existen tres configuraciones usadas en circuitos de transistores. La más utilizada es la de amplificador en emisor (EC), así llamada porque el emisor se encuentra tanto en el lazo de entrada como en el de salida, porque también las corrientes de base y colector se combinan en el emisor.

El siguiente circuito más utilizado, es la configuración en colector común (C.C), también conocido como emisor seguidor. Se utiliza este tipo de configuración para el amplificador para obtener ganancia de corriente y ganancia de potencia.

El transistor tiene tres zonas o regiones de funcionamiento, en cada una de las cuales el funcionamiento del transistor es diferente. Primero tenemos la zona central. Esta es la zona más importante ya que representa el funcionamiento normal del transistor como amplificador. A esta zona se le da el nombre de zona o región activa.

Otra de las zonas de funcionamiento del transistor es la zona de corte y saturación son útiles en los circuitos digitales y en otros circuitos para computadoras.

En el presente trabajo, en diversas partes del modulo he utilizado transistores bipolares funcionando como switches debido a que son bastante comerciales y de bajo costo y trabajan con una frecuencia baja de 60 Hz.

Se ha diseñado circuitos con transistores que funcionan como conmutadores, debido a la velocidad en que combinan de un nivel de voltaje a otro.

Si un transistor BJT esta saturado, actúa como un interruptor cerrado del colector al emisor.

Si el transistor BJT esta en corte, es como un interruptor abierto.

El transistor bipolar no es un buen conmutador debido a que el tiempo de encendido (zona de saturación) y el tiempo de apagado (zona de corte) tarda en nanosegundos.

### **2.3.2 Transistores de efecto de campo**

El transistor de efecto de campo (FET) (field –effect- transistor), es un dispositivo unipolar, controlado por voltaje que requiere solo de una pequeña corriente de entrada.

En un FET de canal n, la corriente se debe a los electrones, mientras que en un FET de canal p se debe a huecos, ambos tipos de FET se controlan por una tensión entre la compuerta y la fuente.

Al comparar el FET con el BJT se aprecia que el drenaje (D) es análogo al colector, en tanto que la fuente(S) es análoga al emisor. Un tercer contacto, la compuerta(G) es análoga a la base. La fuente y el drenaje de un FET se puede intercambiar sin afectar la operación del transistor.

Se consideran tres tipos principales de transistores de efecto de campo (FET): los FET'S de unión (JFET'S), los FET'S metal óxido semiconductor de empobrecimiento (MOSFET de empobrecimiento) y los FET'S metal óxido semiconductor de enriquecimiento (MOSFET de enriquecimiento).

En mi proyecto, se usará los MOSFET de canal N como conmutadores electrónicos en la etapa de potencia; porque de forma ideal van a tener dos estados de funcionamiento exactamente iguales que los de un interruptor.

En el MOSFET, la tensión entre puerta y fuente controla el flujo de corriente entre drenador y fuente.

Los FET'S tienen tres zonas de funcionamiento:

Zona ohmica o de resistencia controlada por voltaje de la compuerta a la fuente, en esta zona el transistor se comporta como una resistencia variable dependiente del valor de  $V_{GS}$ .

Un parámetro que aporta el fabricante de resistencia que presenta el dispositivo  $V_{DS}=0$  (interruptor cerrado o estado de conducción). El parámetro de mayor interés es la resistencia de conducción entre drenador y fuente ( $r_{DS(on)}$ ) el cual determina, tanto la tensión entre estos terminales cuando esta en la zona ohmica.

En la zona de saturación el transistor amplifica y se comporta como una fuente de corriente gobernada por  $V_{GS}$ .

En la zona de corte (Interruptor abierto) la corriente del drenador es nula ( $I_D=0$ ) debido a que  $r_{DS(off)}$ .

Los MOSFET son mejores conmutadores electrónicos que los transistores BJT, debido a la velocidad de conmutación de los MOSFET, siendo los tiempos de conmutación, del orden de nanosegundos, como también no posee corriente de compuerta debido a que es un dispositivo controlado por voltaje.

### **2.3.3 Encapsulados de los transistores**

Se llama encapsulado al soporte físico o mejor dicho, a la estructura donde se va a colocar el silicio, además sirve de protección a las junturas del semiconductor para así no exponerlas ni dañarlas con el medio ambiente en el que van a trabajar.

Las mejores técnicas de producción han proporcionado potencias más altas en encapsulados de tamaño pequeño, también han aumentado el voltaje de ruptura máximo del transistor y han proporcionado transistores de potencia con una velocidad de conmutación mayor.

El encapsulado puede estar hecho de metal o de una resina plástica de alta resistencia mecánica y térmica la cual permite al transistor, disipar la temperatura de trabajo (disipa mejor si el encapsulado es colocado a un radiador de temperatura que está hecho de aluminio), es decir la potencia.

El encapsulado de los diodos rectificadores depende de la potencia que hayan de disipar. Para los de baja y media potencia se emplea plástico hasta un límite de alrededor de 1 Watt. Por encima de este valor se hace necesario un encapsulado metálico y en potencias más altas deberá estar la cápsula preparada, para que pueda ser instalado el diodo sobre un radiador de calor, por medio de un sistema de sujeción o tornillo.

El encapsulado del transistor tendrá algún tipo de marca para indicar que terminales se encuentran conectadas al emisor, colector o base de un transistor esto debido a que cuando se implemente un determinado circuito se procede a colocar la patilla en forma correcto.

Los transistores de potencia están montados en encapsulados metálicos grandes para ofrecer una área grande a partir del cual pueda radiar (transferirse) el calor generado por el dispositivo. Aun así la operación de un transistor directamente en el aire ( por ejemplo, montado en una tarjeta plástico ) limita severamente la potencia nominal del dispositivo.

Si en vez de ello se monta el dispositivo en algún tipo de disipador de calor, su capacidad de manejo de potencia, puede acercarse mas al valor de su potencia nominal máxima.

Al seleccionar un transistor se tiene que conocer el tipo de encapsulado, así como el esquema de identificación de los terminales, esto se obtiene del manual ECG, donde también se encuentra el dibujo de su encapsulado, la hoja de especificaciones, las características de cada uno de los transistores.

#### **2.4 El temporizador 555**

El oscilador básico para las formas de onda de impulsos, es el circuito multivibrador. Es un circuito que emite una serie continua de pulsos, cuya frecuencia puede variar. Este circuito no tiene señal de entrada y en ese sentido opera como un oscilador, o sea un dispositivo que genera su propia señal.

En el diseño del UPS, he utilizado un C.I multivibrador astable 555 el cual es un generador de tren de pulsos rectangulares, que se va usar para realizar el proceso de invertir tensión continua en tensión alterna.

El timer LM555 consiste en una mezcla de circuitos analógicos y digitales. Este integrado tiene muchas aplicaciones, tanto en circuitos analógicos como digitales. Un ejemplo aplicativo: como un multivibrador astable, u oscilante.

La característica principal de estos circuitos es que el tiempo (periodo) se puede fijar ya sea por una tensión externa o por una combinación resistor– capacitivo. Con frecuencia estos dispositivos tienen líneas de control externas de tal forma que la frecuencia o el ancho del pulso se pueden controlar muy fácilmente por medio de una fuente externa.

Los diseñadores encuentran continuamente nuevos usos para este asombroso circuito integrado, la construcción interna utiliza tanto como circuitos analógicos y digitales, para generar las señales de sincronización y de control necesarias para su operación.

La figura 2.1 es un diagrama simplificado del Temporizador LM555, un timer integrado de 8 terminales. Contiene 2 comparadores analógicos, un flip – flop RS y un transistor de descarga. Observe que el comparador superior tiene una entrada de umbral (terminal 6) y una entrada de control (terminal 5). En la mayoría de las aplicaciones, la entrada de control no se utiliza, por lo que la tensión de control es igual  $+ 2V_{cc}/3$ . Cuando la tensión umbral excede a la de control, la salida en nivel alto del comparador pondrá la salida Q del flip-flop a nivel alto.

El colector del transistor de descarga va al terminal 7. Cuando éste se conecta a un condensador externo, la salida Q en nivel alto saturará el transistor y descargará el condensador. Cuando la salida Q esta en nivel bajo, el transistor se pone en circuito abierto y el condensador se puede cargar como se describió anteriormente.

La señal complementaria que sale del flip-flop está en el terminal 3 (la salida). Cuando el reset externo (terminal 4) se lleva a masa, se inhabilita el dispositivo (se impide que trabaje). Esta característica de encendido / apagado es algunas veces muy útil. Sin embargo en la mayoría de las aplicaciones el reset externo no se usa y el terminal 4 se conecta directamente a la fuente de alimentación.

Observe el comparador inferior. Su entrada inversora se denomina disparo (terminal 2). Debido al divisor de tensión, la entrada no inversor tiene una tensión fija de  $+V_{cc}/3$ . Cuando la tensión de entrada de disparo es ligeramente menor que  $+V_{cc}/3$ , la salida del amplificador operacional se pone en nivel alto y pone la salida Q del flip-flop a nivel bajo.

Finalmente el terminal 1 es la masa del C.I. en tanto que el 8 es el terminal de conexión a la fuente de alimentación. El temporizador 555 trabaja con una tensión de alimentación comprendida entre 4.5 y 16 voltios.

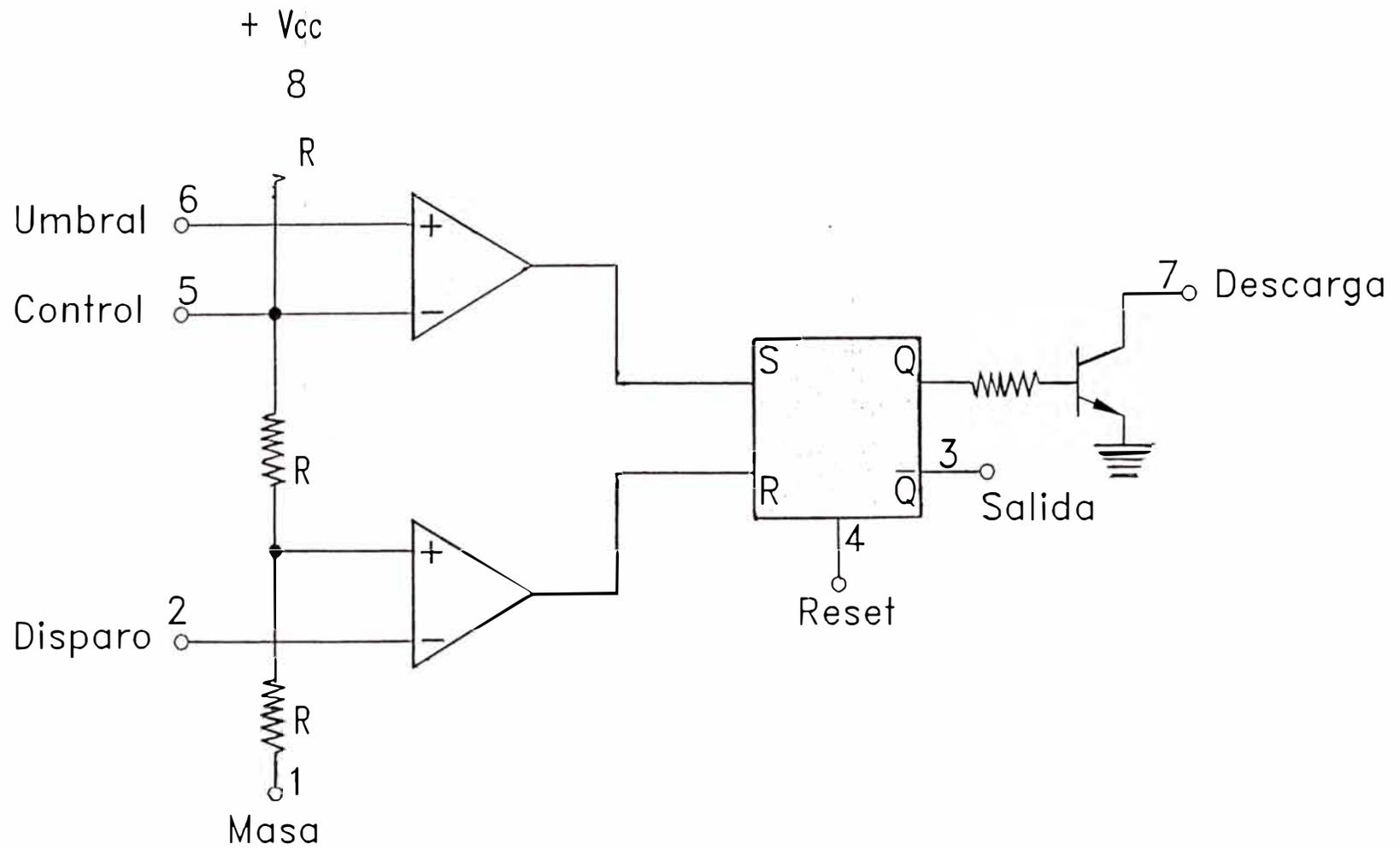


FIG. 2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TEMPORIZADOR 555

## 2.5 El amplificador operacional

El concepto original de amplificadores operacionales, procede del campo de los computadores analógicos, en los que comenzaron a usarse técnicas operacionales en una época temprana como en los años 40.

El nombre de amplificador operacional deriva del concepto de un amplificador dc (amplificador acoplado en continua) con una entrada diferencial y ganancia extremadamente alta, cuyas características de operación estaban destinadas por los elementos de realimentación utilizados.

Los primeros amplificadores operacionales usaban el componente básico de su tiempo, la válvula del vacío. El uso generalizado se introdujo a mediados del año 60 los primeros amplificadores operacionales de circuitos integrados.

El amplificador operacional es un dispositivo lineal de propósito general el cual tiene capacidad de manejo de señal desde  $f=0\text{Hz}$  hasta una frecuencia definida por el fabricante; tiene además límites de señal que van desde el orden de los nVoltios, hasta docenas de Voltios.

Los amplificadores operacionales se caracterizan por su entrada diferencial y una ganancia muy alta generalmente mayor que  $10^5$  y con una elevada impedancia de entrada y una impedancia de salida baja.

Se utiliza en una amplia variedad de funciones lineales y no lineales y ofrece todas las ventajas de los circuitos integrados monolíticos; tales como pequeño tamaño, gran seguridad de funcionamiento costo reducido,

regulación de temperatura y pequeña desviación (offset) de tensión y corriente.

El termino amplificador operacional fue utilizado originalmente para describir amplificadores capaces de ejecutar operaciones matemáticas en computadores analógicos. Hoy en día, las aplicaciones de los amplificadores operacionales van mucho mas lejos, se utilizan en un gran numero de sistemas de control e instrumentación, sirviendo como reguladores de tensión, osciladores, amplificadores logarítmicos, detectores de pico, comparadores, etc.

Para que funcione es necesario suministrarle tensiones de alimentación continua, normalmente simétrica (  $\pm 12V$ ,  $\pm 15V$ , etc) entre los terminales dispuestos a tal efecto y señalizados normalmente como  $+V_{CC}$  y  $-V_{CC}$ .

En el modulo se ha utilizado un amplificador operacional, C.I. LM741 ( ver diagrama interno del amplificador operacional figura 2.2 ) en su modo de comparador de tensión, cuyo diseño se ha realizado en el capitulo III.

Las características mas resaltantes del amplificador operacional son:

- ❖ Resistencia de entrada muy elevada mayor que  $1M\Omega$ .
- ❖ Resistencia de salida del orden de  $75\Omega$ .
- ❖ Ganancia de tensión diferencial  $A_{vd} \geq 10^5$ .
- ❖ Ancho de banda para ganancia unidad  $\Delta f = 1MHz$ .
- ❖ Dependencia de algunos parámetros con la temperatura.

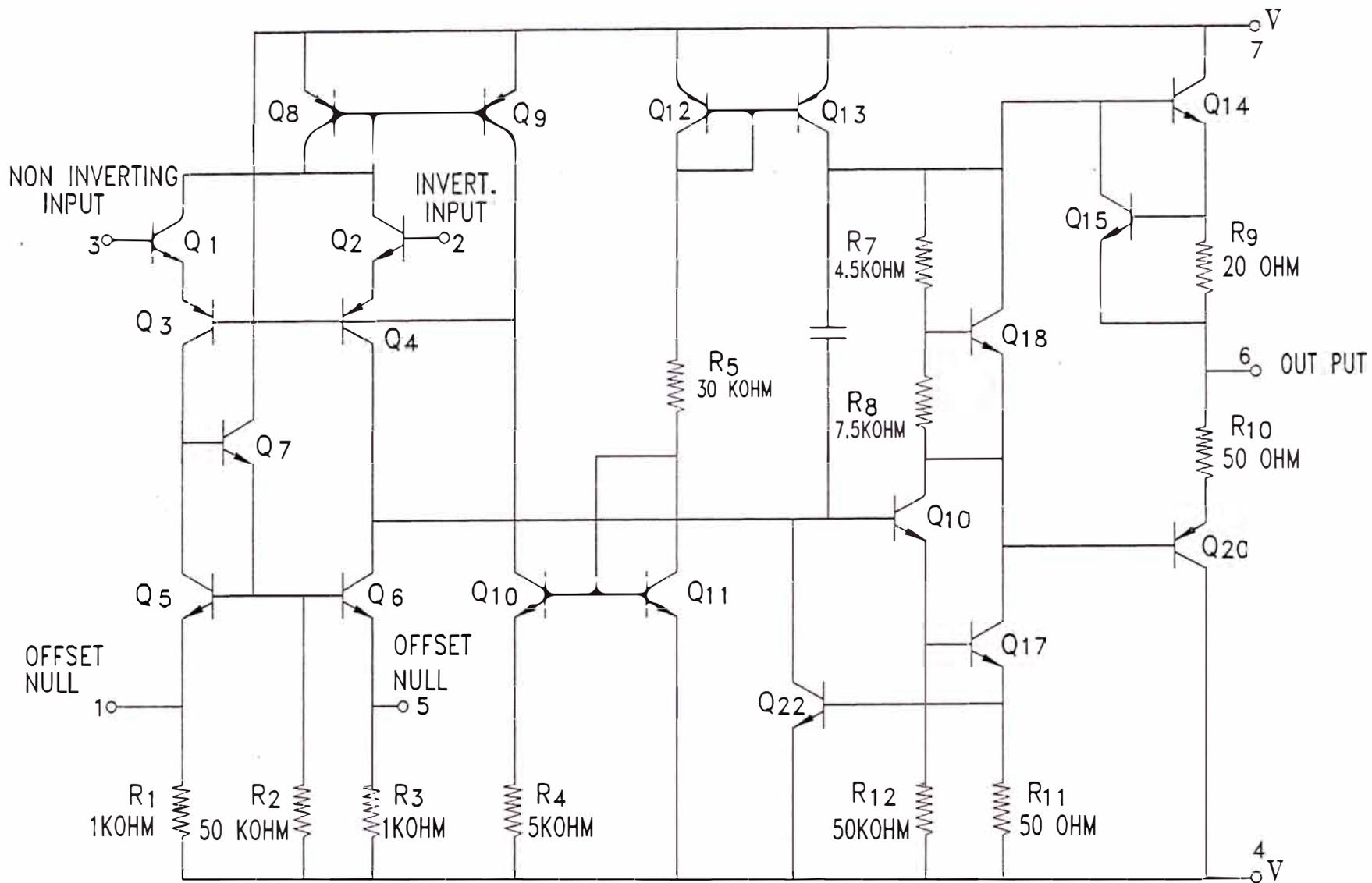


Fig 2.2 Circuito Interno del LM 741

## 2.6 Los relay

Son dispositivos electromecánicos que consisten en un núcleo ferromagnético fijo y otro móvil. Cuando circula corriente por la bobina, el núcleo fijo atrae hacia sí al núcleo móvil, que vence la fuerza de un muelle y cierra un circuito eléctrico.

Cuando la corriente deja de circular por la bobina el núcleo fijo pierde su fuerza de atracción magnética y el muelle tira del núcleo móvil, abriéndose el circuito eléctrico.

Por lo tanto un relay es un dispositivo controlado eléctricamente que abre y cierra contactos eléctricos para operar otros dispositivos situados en el mismo o en otro circuito eléctrico.

El control de un relay electromecánico se realiza más a menudo aplicando un voltaje o una corriente especificados a los dos terminales de entrada. Una bobina situada dentro del relay traduce la energía eléctrica de la señal en energía mecánica, que abre o cierra contactos.

Los relay sirven de interruptores automáticos. Pueden disponer de muchos núcleos móviles que abren o cierran simultáneamente varios circuitos eléctricos con una única señal de mando, que consiste en la corriente que circula por la bobina.

En conclusión, el interruptor del relay se mantiene cerrado mientras el núcleo del hierro se halle magnetizado por acción de la corriente que circula por la bobina del relay.

La corriente que circula por la bobina del relay es de unos pocos miliamperios en cambio, la corriente que soportan los contactos del interruptor de relay puede ser de alto amperaje.

### **2.6.1 Relay N.O-N.C**

Son los mas antiguos y también los más utilizados.

El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada cerrando los contactos dependiendo de si es N.O o N.C (normalmente abierto o normalmente cerrado). Poseen dos interruptores individuales o unidos a un punto común.

En este caso, un interruptor estará abierto, mientras el segundo interruptor permanecerá cerrado cuando no se aplica ningún voltaje a la bobina del relay. La posición de estos dos interruptores se invierte al aplicar un voltaje a la bobinas del relay esto es, el interruptor que estaba abierto se cerrara y el interruptor que estaba cerrado se abrirá.

### **2.6.2 Relay tipo chip o DIP**

Su forma física es muy similar a un chip o circuito integrado. Es muy utilizado en computadores para interconexión de periféricos y en equipos electrodomésticos, como las grabadoras el cambio de dirección del lado A al lado B (o viceversa) del cassette sin necesidad de retirarlo de su comportamiento para grabar o escuchar en uno u otro lado.

El voltaje de trabajo de la bobina del relay varia entre 5  $V_{CC}$  a 24  $V_{CC}$ .

La intensidad que soporta los contactos del interruptor es de 25mA a 500mA.

### 2.6.3 Relay tipo caja

Se emplea en aplicaciones donde se precisa manejar medianas y altas corrientes. El voltaje de trabajo de la bobina de relay varia entre 5  $V_{CC}$  a 50  $V_{CC}$ . La intensidad de corriente que comportan los contactos del interruptor del relay oscila entre 500mA a 20 Amperios.

Existen relay de tipo industrial que pueden manejar grandes intensidades de corriente del orden de los 100 amperios.

Cada vez que el interruptor del relay se activa o se desactiva, se produce un chispazo entre ambos contactos del relay, (especialmente aquellos relay que manejan altas intensidades de corriente) que desgasta los contactos del relay llegando un momento en que el interruptor no logra cerrarse. En algunos casos se puede solucionar, limando los contactos del interruptor para emparejarlos o reemplazarlo los mismos contactos.

### 2.6.4 Relay de estado sólido

Un relay de estado sólido SSR (Solid State relay) es un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor, un transistor o un tiristor.

Por relay de estado sólido se entenderá un producto construido y comprobado en una fabrica, no un dispositivo formado por componentes independientes que se han montado sobre una placa de circuito impreso.

Las características generales de los relay son los siguientes:

- ❖ El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
- ❖ Adaptación sencilla a la fuente de control.

- ❖ Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en circuito de entrada como en el de salida.
- ❖ Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relay se caracterizan por:

En estado abierto, alta impedancia, en estado cerrado, baja impedancia.

Para los relay de estado sólido se pueden añadir:

- ❖ Gran número de conmutaciones y larga vida útil.
- ❖ Conexión en el paso de tensión por cero, desconexión en el paso de intensidad por cero.
- ❖ Ausencia de ruido mecánico de conmutación.
- ❖ Escasa potencia de mando, compatible con TTL y MOS.
- ❖ Cerrado a las influencias exteriores por un recubrimiento plástico.

## **2.7 Filtro pasa – bajas**

Un filtro pasivo es cualquier combinación de elementos (R, L y C) diseñados para dejar pasar una serie de frecuencias.

Los filtros son usados para dejar pasar solamente las frecuencias que pudieran resultar ser de alguna utilidad y eliminar cualquier tipo de interferencia o ruido ajeno a ellas.

Los filtros pasa bajas es una disposición de resistencias y condensadores que permiten seleccionar las frecuencias bajas, atenuando las frecuencias altas.

Las altas frecuencias quedan suprimidas totalmente hasta llegar a estabilizarse en su valor máximo con relación a la magnitud de la señal que se recibe a la entrada.

En la etapa del Inversor cc/a.c he implementado un filtro pasa bajas, para eliminar cualquier tipo de interferencia o ruido.

Cada vez que el interruptor del relay se activa o se desactiva, se produce un chispazo entre ambos contactos del relay, esto puede distorsionar la polarización del C.I LM555 sumándose por lo tanto a los 12 V<sub>CC</sub>, armónicos de diferentes frecuencias.

El circuito de la figura 2.3 es un filtro pasa bajas. Se usará en el circuito inversor de cc/a.c , para dejar pasar solamente frecuencias menores de 60Hz; el filtro pasa bajas es de tipo PI ( Π ) entrada a condensador . El capacitor se comporta como una resistencia (reactancia) dependiente de la frecuencia por la relación de:

$$X_C = 1/C( 2\pi )f$$

De la figura 2.3 se cumple la relación:

$$V_{DC} = V_{bat} - V_r/2 - IR \quad (1.1)$$

Donde: V<sub>DC</sub> = tensión requerida por el timer

$$V_{bat} = 12 \text{ voltios}$$

$$V_r = I/2f_c$$

I = corriente consumida por el timer

R = resistencia de atenuación de altas frecuencias

De la ecuación (1.1) se observa que para tensiones alternas de frecuencias altas, la capacidad debe ser de un valor grande para que V<sub>r</sub> genere una caída de tensión pequeña, por esta razón se puede asumir

2200 $\mu$ F, 3330 $\mu$ F, 4500 $\mu$ F asumo para el valor  $C_6= 2200\mu$ F, por ser el más comercial de estos tres valores, y obviamente si el circuito esta trabajando a 12 voltios el valor cercano más comercial es de 15 voltios.

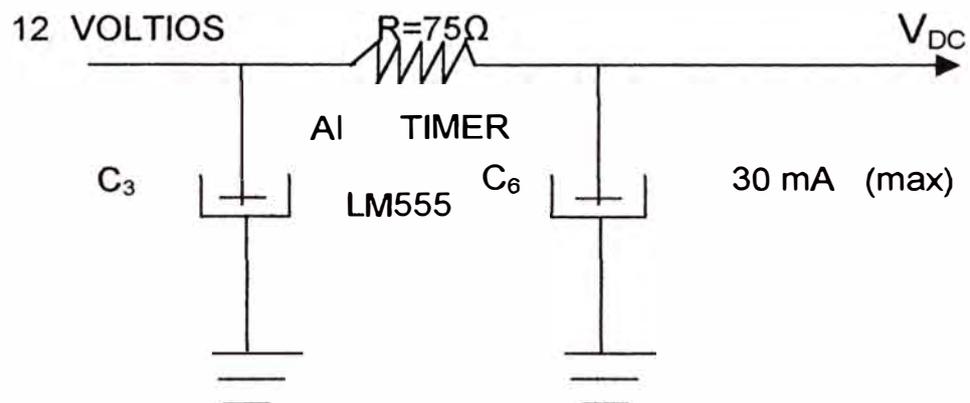
La corriente de consumo máximo del C.I. LM555 es de 30 miliamperios, mientras la resistencia R atenúa todas las señales de frecuencia diferente a la continua, teniendo un voltaje de salida constante de 12Vcc., el cual no afectará la polarización del C.I. LM555. Por esta razón asumo  $R = 75\Omega$ , entonces en el peor caso se tendrá:

$$IR = 30 \times 10^{-3} \times 75 = 2.25 \text{ voltios}$$

Potencia del resistor:

$$P = I^2 \times R = 67 \text{ mwatt.}$$

Pero el valor de la Potencia más comercial es de 250 mwatts (osea  $\frac{1}{4}$  watts).



**Fig. 2.3 Filtro Pasa Bajas**

## **CAPITULO III DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO**

### **3.1 Características y especificaciones técnicas**

- El UPS esta diseñado con dispositivos discretos e integrados.
- Su inversor de CC/c.a va entrar en funcionamiento, cuando no hay tensión de red.
- Su circuito detector de tensión, detecta el cruce por cero del voltaje de entrada, para conectar por medio de un relay al inversor.
- Como alarma tiene un indicador de led rojo, mostrando al usuario que no hay suministro de energía eléctrica.
- Cuando retorna la tensión de red, automáticamente el UPS asume la carga.
- Su control automático esta basado en un amplificador operacional, que controla la carga de la batería.
- Tiene un fusible externo como protección del equipo.

#### **Especificaciones técnicas**

Inversor de CC/c.a:

Forma de onda de salida casi senoidal con ancho controlado.

Voltaje de salida 220 Vc.a  $\pm 5\%$

Potencia 1Kwatts

Frecuencia 60 Hz

Cargador de batería:

Voltaje de entrada 220Vc.a  $\pm 5\%$

Voltaje de salida 13.5 V<sub>DC</sub> máximo

Sistema de transferencia:

5 amperios con 220 Voltios c.a

Tiempo de transferencia a inversor CC/c.a < 5 mS.

Generales:

Batería 12 voltios DC a 90 Amperios.

### **3.2 Diseño del circuito electrónico Inversor de CC/a.c**

La mayoría de los dispositivos electrónicos requieren voltajes de CC para operar. Son útiles las baterías en dispositivos de baja potencia , pero el tiempo de operación esta limitado a menos que se recarguen o reemplacen las baterías.

La fuente disponible de potencia que es mas fácil de obtener es de los 220 voltios c.a, a 60 Hz. El circuito que convierte este voltaje de c.a en un voltaje de c.c ,se denomina suministro de potencia a c.c.

El circuito inversor de CC/c.a convierte una tensión continua procedente de baterías a una tensión alterna, normalmente 220 Vc.a con estabilización de salida y una frecuencia de 60 Hz. A menudo esta onda, es mas limpia que la obtenida de la red eléctrica.

El diseño del inversor de CC/c.a en el presente trabajo es original, basado en un Timer LM555 como generador de pulsos, transistores BJT y MOSFET'S de potencia como conmutadores; y un transformador de potencia que va convertir la CC procedente de la batería, en corriente alterna.

### 3.2.1 El generador de pulsos LM555

La característica principal, del circuito multivibrador generador de pulsos LM555 en su configuración astable, es que el tiempo, (periodo) se puede fijar ya sea por una tensión externa o por una combinación resistor capacitivo. Cuando estos circuitos se realizan como circuitos Integrados, la construcción interna utiliza tanto circuitos analógicos como digitales, para generar las señales de sincronización y de control necesarios para su operación.

El TIMER LM555 que se va utilizar como generador de pulsos en su modo astable se muestra en la figura 3.1

En operación, el capacitor comienza a cargarse a través de  $R_1$  y  $R_2$ . El biestable se halla desactivado (apagado) ya que la terminal 2 comienza con un nivel bajo. Cuando el biestable se desactiva la salida es de nivel bajo.

Cuando la tensión en el capacitor, alcanza un nivel tal que la tensión en la terminal 6 alcanza  $2/3$  de la fuente, el biestable se activa y la terminal 7 se coloca en bajo. Entonces el capacitor comienza a descargarse a través de  $R_2$ . Cuando se descarga hasta un valor de  $1/3$  de la fuente, el segundo comparador, la terminal 2 hace que el biestable se desactive y el ciclo se repite.

En la figura 3.2 se muestra las formas de onda del condensador, donde la tensión y el capacitor cambian en forma exponencial entre  $1/3$  y  $2/3$  de la fuente de alimentación.

Durante la carga, la constante de tiempo esta dada por:

$$\tau_c = (R_1 + R_2)C$$

Durante la descarga, la constante de tiempo es:

$$\tau_d = R_2C$$

La conmutación se produce cuando la exponencial atraviesa un medio del camino entre los valores inicial y final.

Por ejemplo, durante la carga, la tensión en el capacitor comienza en 1/3 de la fuente de alimentación y se carga en forma exponencial hacia la tensión de la fuente. La conmutación sucede cuando la tensión alcanza 2/3 de la fuente.

Durante la descarga sucede lo contrario. Una exponencial alcanza 1/2 de su valor total luego de 0.693 de la constante de tiempo.

Esto es, cuando  $t = 0.693\tau$  en la ecuación  $e^{-t/\tau}$ , se tiene:

$$e^{-0.693} = 0.5$$

Por tanto, el tiempo de carga esta dado por:

$$T_H = 0.693(R_1+R_2)C \quad (3.1)$$

El tiempo de descarga es:

$$T_L = 0.693R_2C \quad (3.2)$$

La salida es alta durante la carga y baja durante la descarga.

El periodo total de la onda cuadrada de salida esta dado por la suma de los dos tiempos.

$$T = 0.693 (R_1+2R_2)C$$

La frecuencia es el recíproco de esto:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1+2R_2)C} \quad (3.3)$$

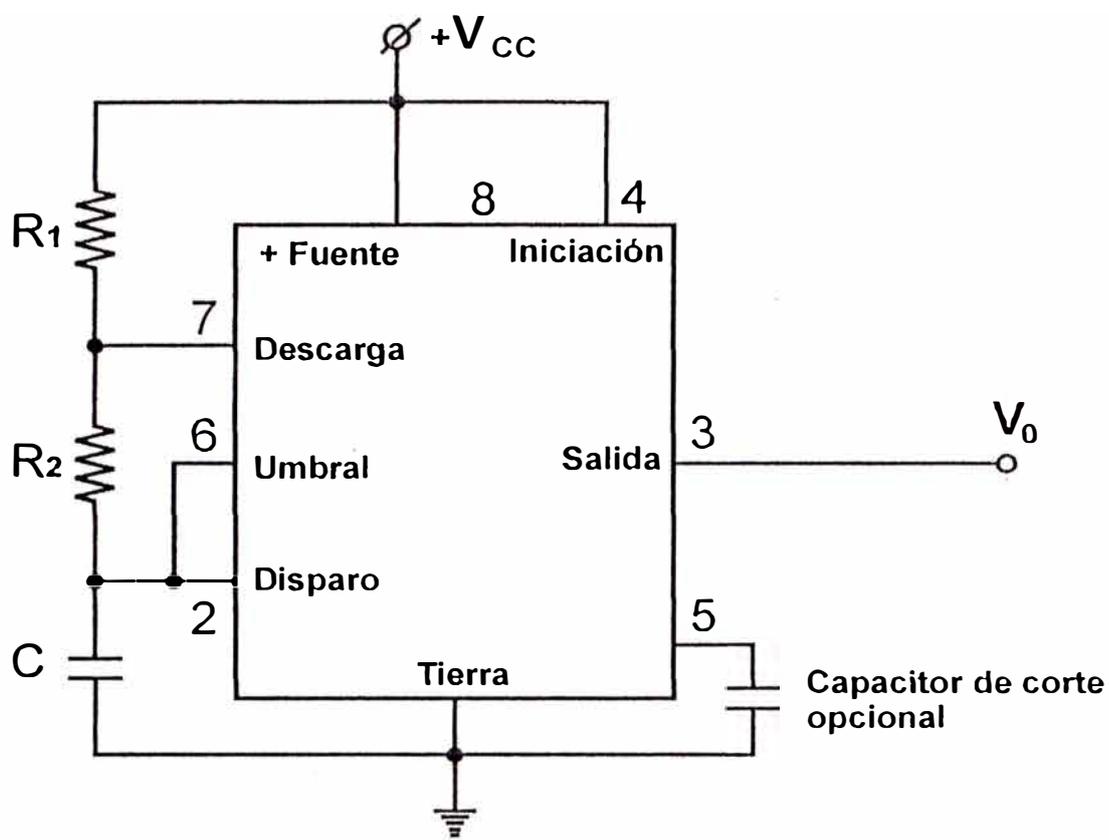


FIG 3.1 El 555 como generador de pulsos en modo astable

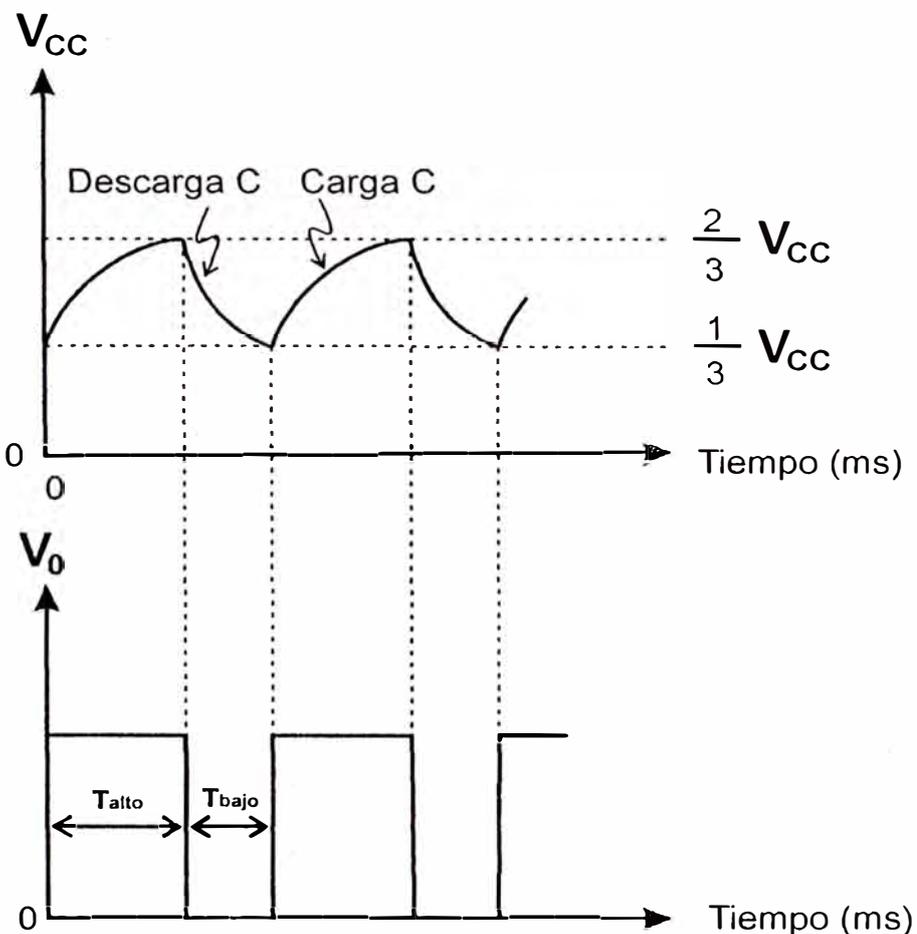


FIG 3.2 Formas de Onda del Condensador

### 3.2.2 Diseño del timer LM555

Su función primordial del timer 555 en su modo astable, es la de producir pulsos de temporización con gran precisión como un oscilador.

Dichos pulsos serán proporcionales a los valores instantáneos y de amplitud constante de baja frecuencia parecida a la frecuencia (60 Hz) del suministro de la energía eléctrica.

Este C.I LM555 se ha utilizado en la implementación en su modo astable y hará trabajar a los transistores BJT y MOSFET como interruptores o conmutadores, para enviar pulsos en forma alternada a un transformador de potencia y generar de esta forma una tensión alterna parecida a la red.

El diseño comienza con el dimensionamiento de la frecuencia, (dato importante) de 60 Hz.

La tensión de 12 V<sub>CC</sub> (otro dato importante) es de una batería, el cual va alimentar al C.I. LM555.

De la ecuación (2.3):  $T = 1/f$

Donde T = Periodo en segundos.

f = Frecuencia en Hz.

$$T = \frac{1}{60} = 0.01666 \text{ seg.} = 16.66 \text{ ms} \text{ esto es el periodo de}$$

dichos pulsos

Se dará algunas limitaciones del circuito reloj 555 para el diseño. La capacitancia (C) se debe mantener superior a 500 pf. Los  $(5 \times 10^{-10} f)$  para ocultar capacitancias parásitas. Los resistores R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> deben ser mayores que 1 KΩ para limitar la corriente. La suma R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub> no debe ser mayor que 3.3 MΩ.

Estas limitaciones son el resultado de un análisis detallado de la operación de este circuito. Del circuito de la figura 3.1 y con estas restricciones, se obtiene una frecuencia de 60 Hz.

Si dividimos la ecuación 3.1 y la ecuación 3.2 se obtendrá una relación de actividad, definido aquí como el tiempo en alto dividido entre el tiempo en bajo por lo tanto se obtendrá la ecuación:

$$\text{Relación de Actividad} = \frac{\text{Tiempo en alto}}{\text{Tiempo en bajo}} = \frac{T_H}{T_L} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (3.4)$$

La onda de salida resultante del circuito astable, es rectangular asimétrica, cuando el impulso de la forma de onda esta alto, dura mas tiempo que cuando el impulso esta bajo.

Asumo como dato de diseño, que el tiempo alto sea 8.66 ms y el tiempo en bajo 8ms.

De la ecuación (3.3), la frecuencia va depender de los valores de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C$ .

De esta misma ecuación, aumentando  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C$  se reduce la frecuencia de salida.

$R_1$  y  $R_2$ : Resistencia de precisión en  $K\Omega$

$C$ : Capacidad del astable en  $\mu F$

Se tiene como datos:  $T_L = 8\text{ms}$

Valor comercial:  $C = 47 \mu F$  a 25 voltios.

Este condensador será de optima calidad y largo tiempo de vida (poliéster).

Mediante la ecuación (3.2) y reemplazando datos:

$$8 = 0.693 \times 47 R_2$$

$$R_2 = 245.6 \text{ K}\Omega$$

De la ecuación (3.4), relación de actividad:

$$\frac{T_H}{T_L} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{8.66}{8.00} = 1.0825$$

$$R_1 = (1.0825 - 1)R_2$$

$$R_1 = 20.26 \text{ K}\Omega$$

La frecuencia se obtiene de la ecuación (3.3)

$$f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C} = \frac{1.44}{(20.26 + 2 \times 245.6)47 \times 10^{-6}}$$

$$f = 59.90 \text{ Hz}$$

El resultado calculado de la frecuencia, es diferente a los de 60 Hz, y los valores de la resistencias no son posibles conseguirlos comercialmente, entonces realizando modificaciones:

$$R_1 = 20 \text{ K}\Omega \text{ a } \frac{1}{4} \text{ watts}$$

$$R_2 = 1 \text{ resistencia de } 1.2 \text{ K}\Omega \text{ a } \frac{1}{4} \text{ watt} + 1 \text{ y un potenciómetro de } 1000 \text{ K}\Omega$$

$$C_0 = 0.01 \text{ }\mu\text{F (opcional).}$$

### 3.2.3 Diseño de los transistores B.J.T como conmutadores

La manera más sencilla de usar un transistor es como conmutador, lo que quiere decir que debe funcionar en saturación y corte y no debe funcionar en ninguna otra zona.

La polarización de base es útil en los circuitos digitales, ya que por lo general, estos circuitos se diseñan para funcionar en saturación y en corte.

Por ello tienen una tensión de salida baja o alta. Dicho en otras palabras no se emplea ningún punto Q entre saturación y corte. Debido a este motivo, las variaciones en el punto Q no importan, ya que el transistor se mantiene en saturación o en corte al cambiar la ganancia de corriente.

Un circuito digital solo tiene dos niveles de salida: bajo o alto.

A los circuitos digitales a menudo se les llama circuitos de conmutación porque el punto Q conmuta o cambia entre los puntos de corte y saturación.

A través de un diseño adecuado puede utilizarse como un interruptor en aplicaciones de control.

En saturación la corriente  $I_C$  es muy alta, esta definido por la corriente máxima del colector, nivel alto de saturación el voltaje  $V_{CESAT}$  es cero. El transistor actúa como interruptor cerrado del colector al emisor como muestra la figura 3.3

En corte  $I_C$  es igual a cero y la  $V_{CE}$  cualquier voltaje positivo. El transistor actúa como un interruptor abierto como muestra la figura 3.4

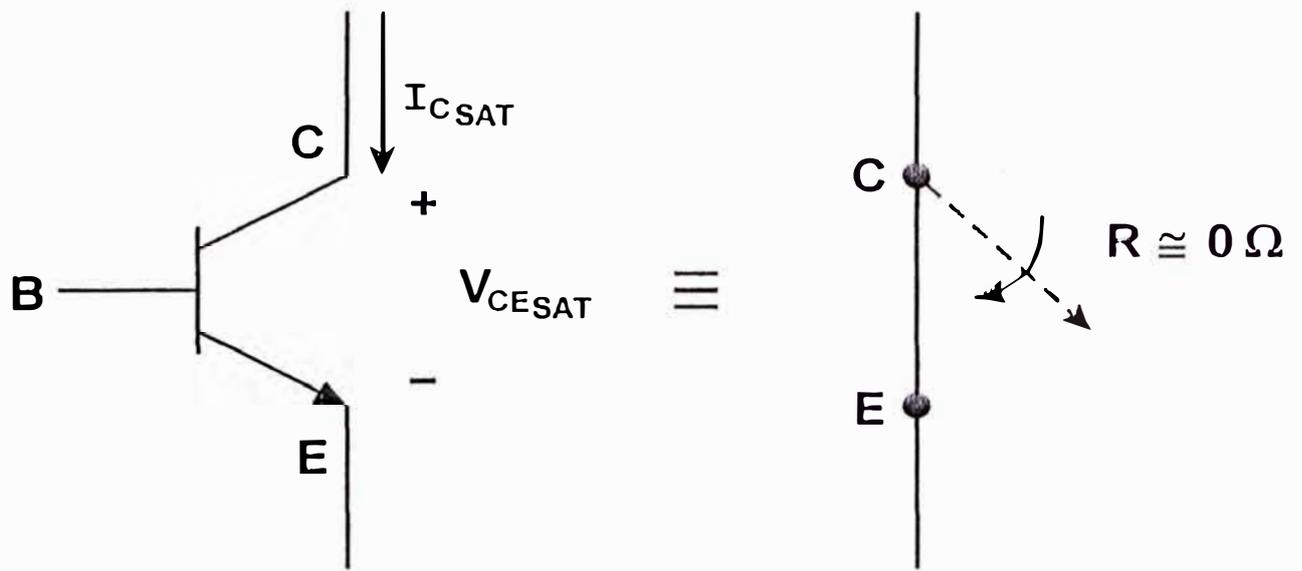


FIG 3.3 Condiciones de Saturación y la resistencia resultante de la terminal

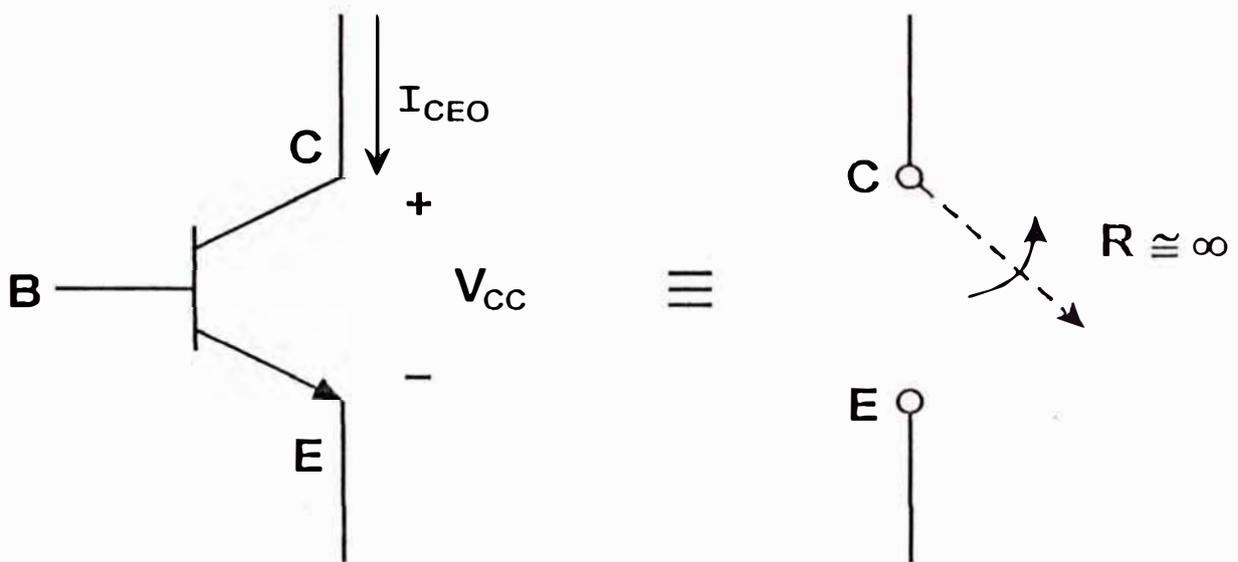


FIG 3.4 Condición de corte y la resistencia resultante de la terminal

El diseño de los transistores BJT, es para hacer conmutar los pulsos generados por el TIMER C.I LM555 y hacer llegar en forma alternada a un transformador de potencia mediante 2 vías, para obtener la onda parecida al suministro de la energía eléctrica.

De la figura 3.5 circuito Inversor de CC/a.c se observa que 5 son los transistores que funcionan como conmutadores.

Los transistores BJT que se va utiliza en la implementación son: BC337 y el BC547C.

Sus especificaciones eléctricas son las siguientes:

**Transistor BC337: NPN**

$BV_{CBO}$  75 voltios,  $BV_{CEO}$  40 voltios,  $BV_{EBO}$  6 Voltios  $I_C$  Max, 0.6 Amps

Frecuencia 300 MHz., Potencia max de disipación 0.5 watt.

**Transistor BC547C: NPN**

$BV_{CBO}$  70 voltios,  $BV_{CEO}$  50 voltios,  $BV_{EBO}$  5 Voltios,  $I_C$  Max. 0.1 Amps

Frecuencia 90 MHz., Potencia max de disipación 0.36 watt.

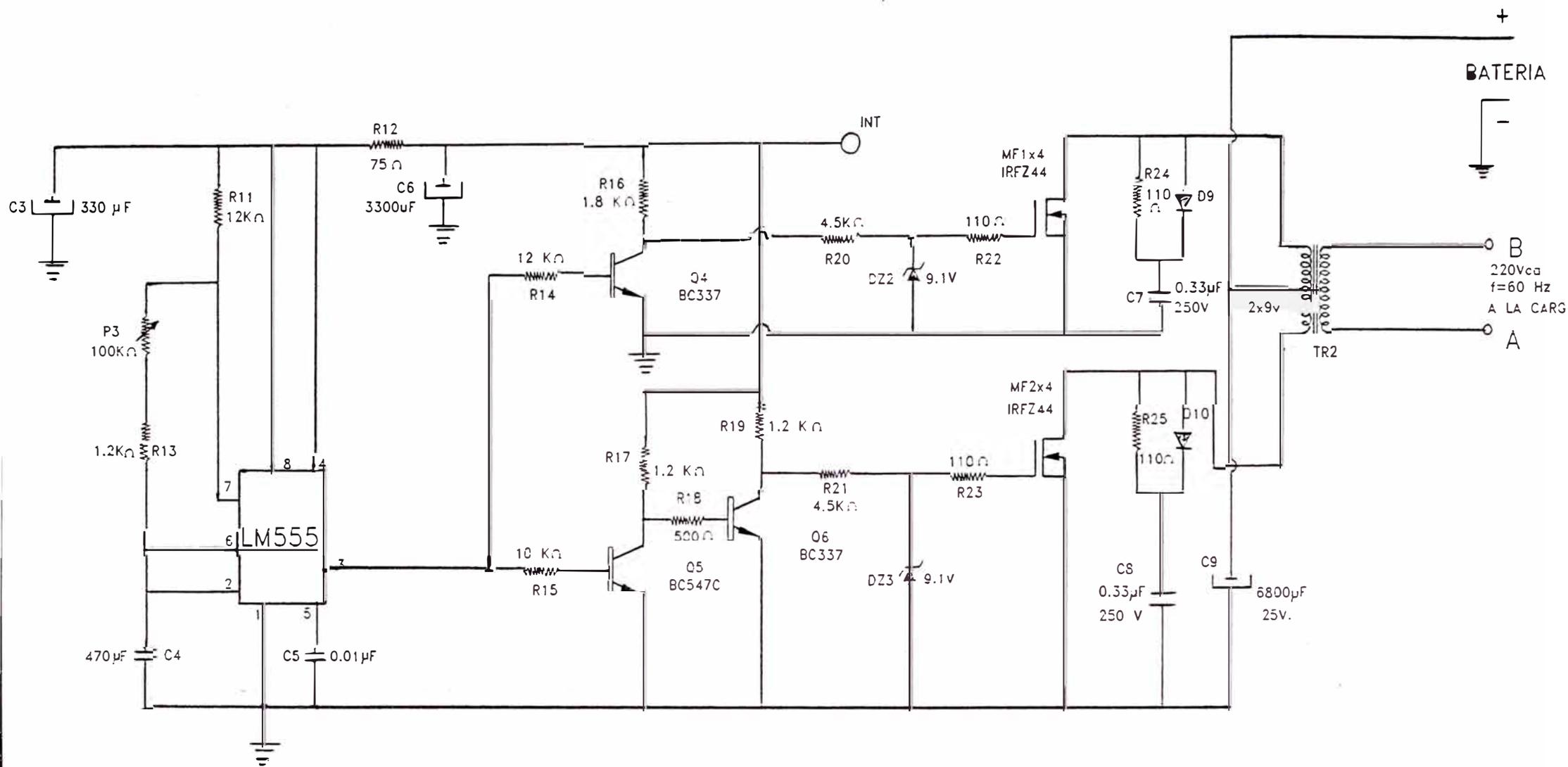
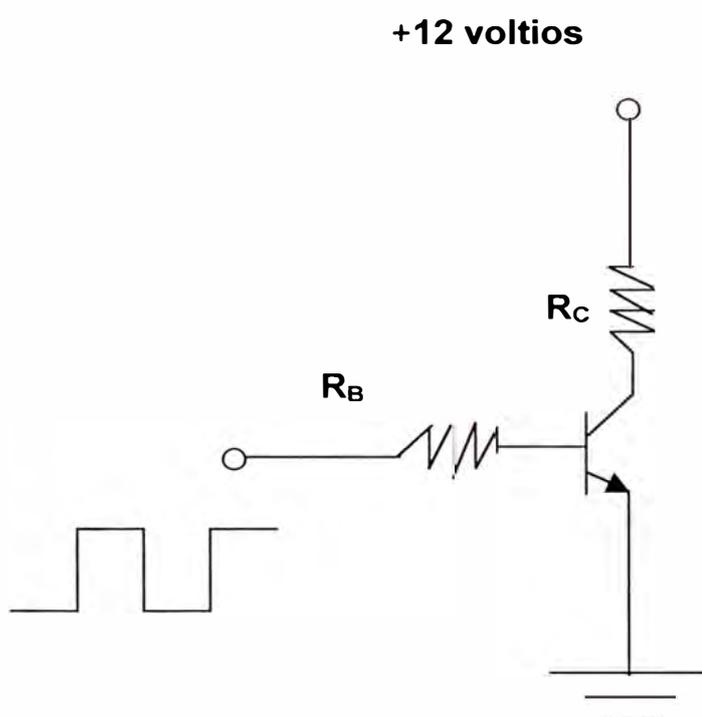


Figura 3.5 Circuito Inversor de CC/a.c

La figura 3.6 es un circuito de conmutación con transistor. A través de un diseño adecuado y bajo condiciones de CC, se obtendrá la resistencia de base y colector, para que el transistor BJT funcione en la zona de corte y de saturación.



**Fig 3.6 Circuito de conmutación con transistor**

La ley de Kirchoff en el lazo de base se escribe como:

$$I_B R_B + V_{BE} - V_{in} = 0$$

Por lo tanto: 
$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} \quad (3.5)$$

Recuérdese que  $V_{BE}$  está entre 0.6 y 0.7 voltios para transistores de silicio, se utilizará 0.7 voltios.

Se escribe ahora la ley de tensión de Kirchoff a través del lazo de colector-emisor como sigue:

Entonces:

$$V_{in} = R_c I_c + V_{CESAT}$$

Por lo tanto:

$$R_c = \frac{V_{in} - V_{CESAT}}{I_c} \quad (3.6)$$

Para el nivel de saturación, se debe asegurar que la siguiente condición sea:

$$I_B > \frac{I_{CSAT}}{\beta_{SAT}}$$

Si  $I_B$  es menor que esta condición, el transistor estará en la zona activa.

Para el nivel de corte, esta definida por:

$$I_B \leq 0 \mu \text{ Amperios}$$

De la figura 3.6 se realiza el diseño del transistor BC337, determinando la corriente de base suficiente para saturar al transistor.

Una regla de diseño para saturación del transistor, consiste en tener una corriente de base que sea aproximadamente la décima parte del valor de la corriente de colector de saturación:

$$I_B = \frac{I_{CSAT}}{10} \quad (3.7)$$

Con esta regla se garantiza que habrá saturación en todas las condiciones de funcionamiento.

Mediante la ecuación (3.7) y asumiendo una corriente de colector igual a 10 miliamperios, por la regla de diseño se obtiene:

$$I_B = \frac{10\text{mA}}{10}$$

$$I_B = 1\text{mA}$$

Por medio de la ecuación (3.5) y reemplazando los datos:  $V_{in} = 12$ ,  $V_{BE} = 0.7$  Voltios,  $I_B = 1.0$  mA. se obtiene:

$$R_B = \frac{12 - 0.7}{1.0\text{mA}}$$

$$R_B = 11.3 \text{ K}\Omega$$

Por medio de la ecuación (3.6) y reemplazando datos se obtiene:

$$R_C = \frac{12 - 0.3}{10\text{mA}}$$

$$R_C = 1.17 \text{ K}\Omega$$

En la implementación se utilizará resistores totalmente comerciales como:

$$R_B = 12 \text{ K}\Omega, \text{ a } \frac{1}{2} \text{ watt.}$$

$$R_C = 1.5 \text{ K}\Omega, \text{ a } \frac{1}{2} \text{ watt.}$$

Los resistores deben ser capaces de soportar la máxima potencia anticipada sin sobrecalentarse.

Las consideraciones de potencia, también afectan los componentes adecuados para el diseño que tengan la mas baja capacidad de manejo de potencia.

Dependiendo de la amplitud de la señal de entrada, el transistor disipara una potencia:

$$P_{(\text{Potencia máx transistor})} = V_{\text{CESAT}}I_C + V_{\text{BE}}I_B \quad (3.8)$$

Por medio de la ecuación (3.8):

$$P_{(\text{Potencia máx transistor})} = (0.3 \times 10 + 0.7 \times 10) \text{ mwatts}$$

$$P_{(\text{Potencia máx transistor})} = 3.70 \text{ mwatts.}$$

De la figura 3.5 circuito inversor de CC/a.c se observa el transistor BC547C. Se diseña también este transistor, para que funcione en la zona de corte y saturación.

La corriente de colector debe ser mayor, debido que se encuentra después del transistor BC337.

Si asumo una corriente de colector igual a 15 miliamperios entonces por la regla de diseño, ecuación (3.7):

$$I_B = \frac{15\text{mA.}}{10}$$

$$I_B = 1.5\text{mA}$$

A partir de la ecuación (3.5):

$$R_B = \frac{12 - 0.7}{1.5\text{mA}}$$

$$R_B = 7.5 \text{ K}\Omega$$

A partir de la ecuación (3.6)

$$R_C = \frac{12 - 0.3}{1.5\text{mA}}$$

$$R_C = 0.78 \text{ K}\Omega$$

En la implementación he utilizado resistores totalmente comerciales.

$$R_B = 10 \text{ K}\Omega, \text{ a } \frac{1}{2} \text{ watt.}$$

$$R_C = 1.2 \text{ K}\Omega, \text{ a } \frac{1}{2} \text{ watt.}$$

Dependiendo de la amplitud de la señal de entrada el transistor disipa una potencia:

$$P_{(\text{Potencia máx transistor})} = (0.3 \times 15 + 0.7 \times 1.5) \text{ mwatts}$$

$$P_{(\text{Potencia máx transistor})} = 5.55 \text{ mwatts.}$$

### 3.2.4 Diseño de los Transistores MOSFET'S como conmutadores

La electrónica de potencia ha protagonizado una espectacular evolución durante los últimos años. Los tradicionales elementos electromecánicos, han sido reducidos día a día sus aplicaciones con el avance de los semiconductores de potencia. Por si esto fuera poco otros campos de aplicación, se han abierto para estos componentes, por ejemplo; control electrónico de motores, UPS, etc.

Ventajas aportadas por los semiconductores de potencia frente a otros dispositivos, son mejores prestaciones eléctricas, ausencia de vibraciones, mayor fiabilidad, reducción de peso, reducción de ruido, ausencia de movimiento y reducción de costo.

Estos dispositivos reciben el nombre de conmutadores electrónicos de potencia, porque de forma ideal tienen dos estados de funcionamiento claramente diferenciados, exactamente iguales que los de un interruptor, ver figura 3.7

Estos son:

- ❖  $Z_{\text{impedancia}} = 0$  ( estado de conducción, interruptor cerrado, estado "OFF", dispositivo desactivado ).
- ❖  $Z_{\text{impedancia}} = \infty$  ( estado de corte o bloqueo, interruptor cerrado, estado "OFF" dispositivo desactivado )

Esta forma de funcionamiento posibilita que estos dispositivos sean capaces de manejar grandes potencias, debido a que desde un punto de vista ideal van a disipar potencias muy pequeñas.

El objetivo fundamental de los MOSFET'S de potencia, es conmutar elevadas potencias, con las menores perdidas posibles.

En el diseño de los MOSFET'S de potencia los parámetros mas importantes son:

- ❖ Resistencia de conducción entre drenador y fuente ( $R_{\text{DSON}}$ )
- ❖ Máxima tensión de bloqueo entre drenador y fuente  $BV_{\text{DSS}}$
- ❖ Tensión puerta - fuente requerida para que comience a conducir ( $V_{\text{GS(th)}}$ )
- ❖ Tensión puerta - fuente requerida para trabajar en zona ohmica ( $V_{\text{GS(ON)}}$ )

❖ Tensión puerta-fuente máxima (  $V_{GS(max)}$  )

Para aplicaciones donde se van a controlar elevadas corrientes, interesa elegir MOSFET de pequeña  $r_{DS(ON)}$  puesto que disminuye la potencia disipada. Los valores típicos están alrededor de las décimas de ohmios.

La tensión  $V_{GS(ON)}$ ), necesaria para que el MOSFET pasa de la zona de corte a la Zona óhmica debe ser suficientemente grande ( del orden de 12 voltios) para garantizar que el transistor entre en la zona óhmica, sin sobrepasar un valor máximo en torno a 20 voltios; además valores próximos a este máximo reducen considerablemente el tiempo de vida medio del dispositivo.

En la figura 3.8 se representa el circuito equivalente de conmutación de un MOSFET con sus capacidades equivalentes.

El disparo de un MOSFET es mucho mas simple que el de un BJT dado que solamente hay que aportar la corriente necesaria para cargar y descargar la capacidad de entrada del MOS. Una vez cargada la capacidad de entrada, el MOS permanece en estado de conducción. En cambio en el caso del BJT, cuando esta en conducción hay que aportar corriente de base de forma permanente.

Por otra parte para cortar el MOSFET hay que descargar la capacidad de entrada del mismo y al ser de conducción por portadores mayoritarios, no existen los problemas asociados a componentes bipolares(efectos derivados de la inyección de portadores minoritarios tal como el efecto de la corriente del BJT).

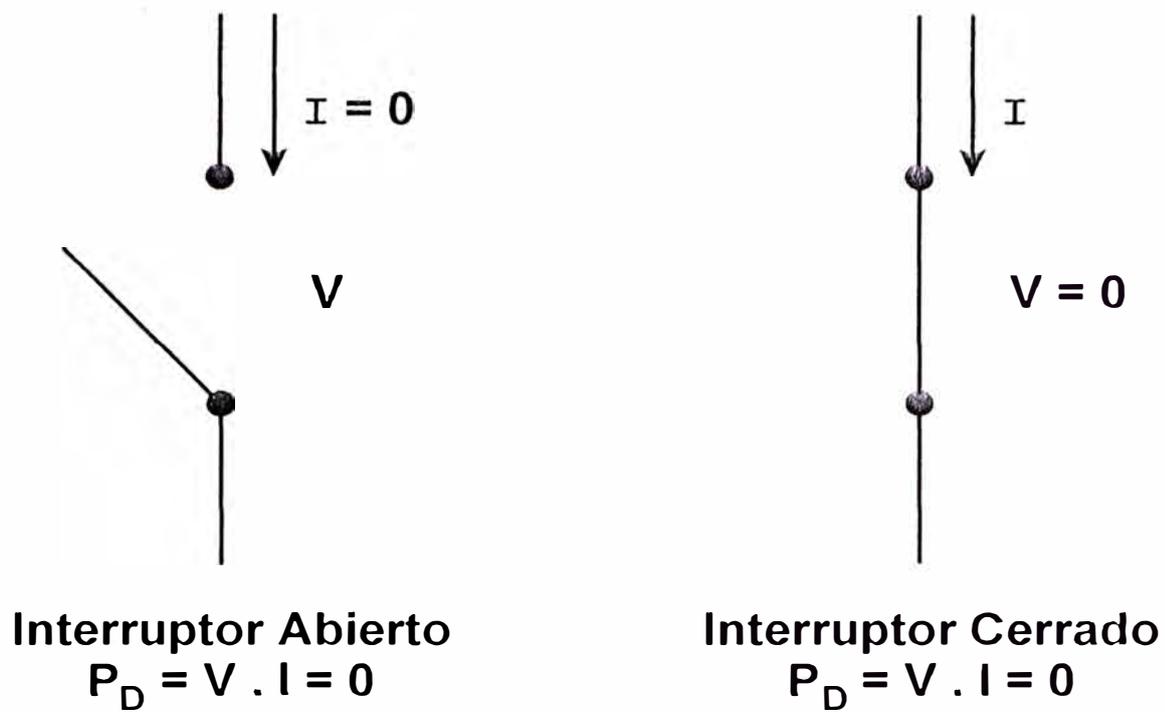


FIG 3.7 Estado de los Conmutadores Electrónicos de Potencia

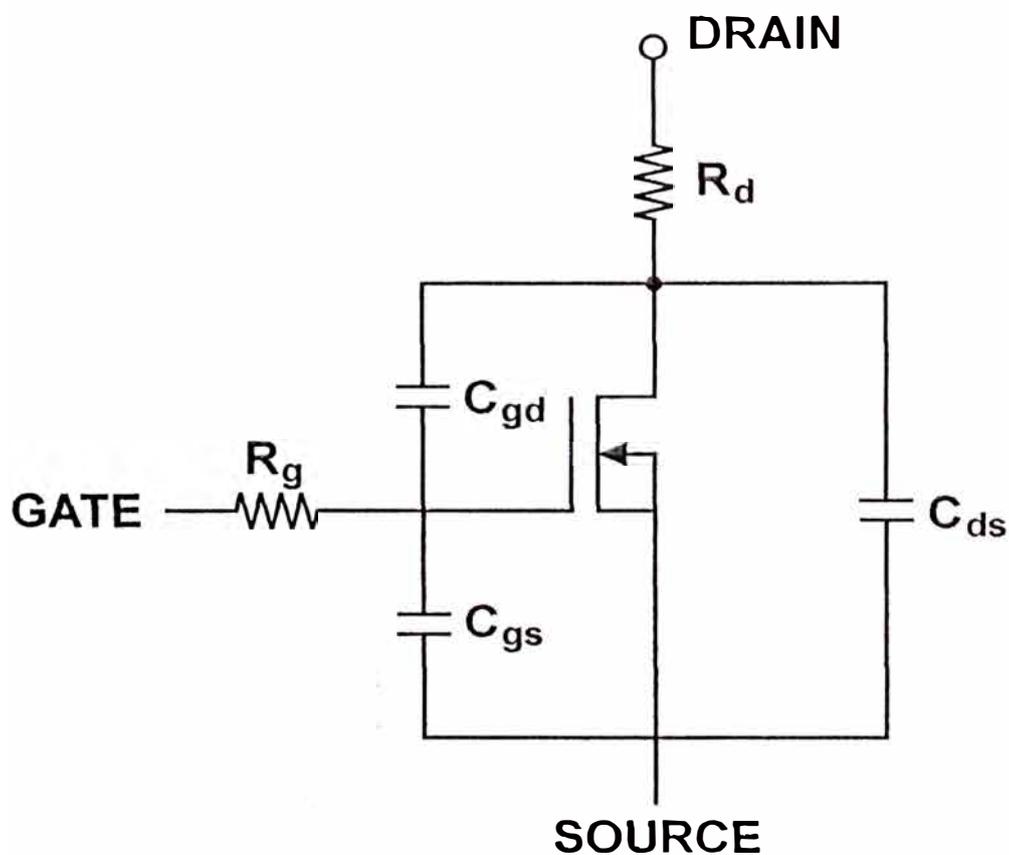


FIG 3.8 Circuito equivalente de conmutación de un MOSFET

Resumiendo para hacer conducir un MOSFET, hay que aportar corriente para cargar su capacidad de entrada, y para cortarlo hay que extraer carga de dicha capacidad.

La velocidad de conmutación depende fundamentalmente del rápido que se cargue y descargue dicha capacidad.

Un circuito de disparo que sea capaz de suministrar gran corriente de pico de carga y descarga hará que el MOSFET conmute rápidamente.

Las pérdidas de potencia en cualquier dispositivo electrónico de potencia se puede dividir en dos:

- ❖ Pérdida de potencia en conducción
- ❖ Pérdida de potencia en conmutación.

En la mayoría de los casos las pérdidas de potencia en corte son nulas. En los MOSFET'S la corriente  $I_{D(OFF)}$  es del orden de los nanoamperios, con lo cual la  $P_{D(OFF)}$  es prácticamente nula.

El transistor MOSFET de canal N a usar en la implementación, es el IRFZ44N el cual es un transistor que puede disipar grandes cantidades de potencia del orden de un kilowatts y puede manejar grandes cantidades de corriente y voltaje.

Del manual Semiconductor Master Guide (ECG) el MOSFET a usar como conmutador de potencia, es el IRFZ44 canal N, sus especificaciones eléctricas son los siguientes:

Corriente  $I_D = 50$  Amperios.

Tensión  $BV_{DSS} = 60$  voltios mínimo

Tensión  $BV_{GS} = \pm 30$  voltios Máximo

Potencia  $P_D = 150$  Watts Máximo

Resistencia  $r_{DS(ON)} = 0.028\Omega$  Máximo

Corriente  $I_{D(MAX)} = 160$  Amperios

### 3.3 Principio del transformador

Estamos acostumbrados a citar a los transformadores como integrantes de los circuitos de alimentación de equipos electrónicos y también al hablar de la producción de energía eléctrica.

La ventaja indiscutible del transformador es que el circuito de alimentación esté eléctricamente aislado del secundario lo cual en muchos aparatos es una necesidad imprescindible.

El devanado primario conectado a la línea de alimentación es el que recibe las variaciones de voltaje; el secundario con un numero mayor de espiras eleva el voltaje para recuperar la variación que haya ocurrido en el voltaje de la línea de alimentación.

La relación entre ambas tensiones primarias y secundarias dependen del numero de espiras de los dos devanados, bastará con variar el numero de espiras del primario o del secundario, para obtener la gama de variaciones de voltaje que se desea.

La determinación del núcleo, secciones de dos conductores del primario y del secundario, sus números de espiras correspondientes, etc, constituyen el calculo del transformador.

La potencia es transmitida de un arrollamiento a otro por medio del flujo creado en el núcleo. El arrollamiento al cual se suministra potencia se denominará primario y al que cede potencia será el secundario. Cualquiera

de los arrollamientos podrá utilizarse como primario o secundario, indistintamente.

El transformador de potencia, del circuito electrónico inversor de CC/a.c; esta recibiendo pulsos en forma alternada, por la conmutación de los transistores BJT y MOSFET de potencia.

Este transformador va generar una onda cuadrada alterna llamada también cuasi-senoidal, de 220 voltios a 60 Hz.

El transformador garantiza el aislamiento de la red. El aislamiento del transformador también provee una alta atenuación de ruidos y picos transitorios, igual o mejor que cualquier otro filtro disponible, pero el mismo transformador mismo puede crear severas distorsiones en la tensión de salida ( fundamentalmente con cargas no lineales ), que pueden llegar a ser peores que una mala conexión de línea.

El transformador debido a sus especiales características tiene la capacidad de almacenar energía, lo que hace es la conversión de energía; los 90 amperios y 12 voltios suministrado por la batería será convertido en la tensión alterna de 220 voltios a 5 amperios.

Se cumple que la potencia aplicada en el primario es igual a la potencia en el secundario.

$$P_P = P_S$$

Como la potencia es el producto de la tensión por la corriente se cumple:

$$V_P \cdot I_P = V_S \cdot I_S$$

$$12 \times 90 = 220 \times I_S$$

$$I_S = 5 \text{ Amperios}$$

La potencia obtenida del transformador, es necesariamente inferior a la potencia que se ha suministrado a este debido a las inevitables pérdidas caloríficas. Estas pérdidas son del conductor de cobre, entonces el UPS va entregar , considerando pérdidas una potencia de 1Kwatts.

### **3.4 La batería en el UPS**

Una batería es necesaria para mantener funcionando a la UPS cuando la energía de la línea falla, o cae demasiado. Normalmente las UPS de pequeña potencia utilizan baterías internas selladas, libres de mantenimientos.

En grandes UPS se suele usar también baterías de electrolito líquido.

Una autonomía (tiempo de reserva de energía ) típica para una UPS de pequeño o mediano tamaño, suele ser de 10 a 15 minutos.

Su dimensionamiento de la batería, es de 12 voltios cc. a 90 amperios de corriente almacenada. Su potencia disponible de la batería será de 1080 watts.

Las interrupciones repentinas de energía pueden causar la pérdida de sus archivos de computo. La batería de larga duración recargable, le dará tiempo de suspender la operación de su sistema, evitando así la pérdida de datos importantes o de sus archivos personales.

### **3.5 Estudio de los comparadores o detectores**

Un comparador analiza una señal de voltaje en una entrada con un voltaje de referencia en la otra entrada. En los circuitos detectores de nivel de voltaje se usan los amplificadores operacionales como aplicación en la comparación de señales.

El amplificador operacional a usar en la implementación, es el C.I. LM741 como comparador de tensión.

El objetivo del diseño del circuito de automatización utilizando un amplificador operacional como comparador de tensión, es para saber si la batería es optima o no es optima y conectar o desconectar al circuito cargador de batería cuando entra en funcionamiento el inversor del UPS.

Los amplificadores operacionales tienen dos terminales de entrada, etiquetadas  $-$  y  $+$ . Se llaman terminales de entrada diferencial ya que el voltaje de salida  $V_O$  depende de la diferencia de voltaje entre ellas,  $E_d$ , y la ganancia del amplificador,  $A_{OL}$ . Como se muestra en la figura 3.9(a), la terminal de salida es positiva con respecto a tierra cuando la  $(+)$  entrada es positiva con respecto a la  $(-)$  entrada. Cuando  $E_d$  esta invertida en la figura 3.9(b) para hacer la  $(+)$  entrada negativa con respecto a la  $(-)$  entrada,  $V_O$  se vuelve negativo con respecto a tierra.

Se concluye a partir de la figura 3.9, que la polaridad de la terminal de salida es la misma que la polaridad de la terminal  $(+)$  de entrada. Por otra parte, la polaridad de la terminal de salida es opuesta o invertida respecto a la polaridad de la terminal  $(-)$  de entrada. Por estas razones, la  $(-)$  entrada se denomina entrada invertida y la  $(+)$  entrada, se designa no invertida.

Es importante hacer énfasis en que la polaridad  $V_O$  depende solo de la diferencia de voltaje entre las entradas invertida y no invertida. Esta diferencia de voltaje puede encontrarse por:

$$E_d = \text{voltaje en la } (+) \text{ entrada} - \text{voltaje en la } (-) \text{ entrada} \quad (3.9)$$

Ambos voltajes de entrada se miden con respecto a tierra. El signo de  $E_d$  indica la polaridad de la (+) entrada con respecto a la (-) entrada y la polaridad de la terminal de salida con respecto a tierra.

Esta ecuación es válida si la entrada invertida está puesta a tierra, si la entrada no invertida está puesta a tierra, e incluso si ambas entradas están arriba o abajo del potencial de tierra.

Otra característica importante de las terminales de entrada es la alta impedancia entre ellas y, también, entre cada terminal de entrada y tierra.

Si el voltaje diferencial de entrada  $E_d$  es bastante pequeño, el voltaje de salida  $V_O$  quedará determinado por ambos  $E_d$  y la ganancia de voltaje en circuito abierto,  $A_{OL}$ .

$A_{OL}$  se denomina ganancia de voltaje en circuito abierto porque las posibles conexiones de retroalimentación desde la terminal de salida a las terminales de entrada se han dejado abiertas. En consecuencia,  $V_O$  puede expresarse en forma ideal por la relación simple:

Voltaje de salida = Voltaje diferencial x ganancia en circuito abierto

$$V_O = E_d \times A_{OL} \quad (3.10)$$

$V_O$  en el circuito de la figura 3.9 puede estar, ya sea en uno de los límites  $+V_{sat}$  o  $-V_{sat}$  u oscilando entre esos límites. No hay razón para alarmarse, porque este comportamiento es el que por lo común sigue un amplificador de ganancia. Para mantener  $V_O$  dentro de esos límites hay que tener un tipo de retroalimentación de circuito que obligue a  $V_O$  a depender en

elementos de precisión, estables, tales como los resistores y los generadores de señal mas que en  $A_O$  y  $E_d$ .

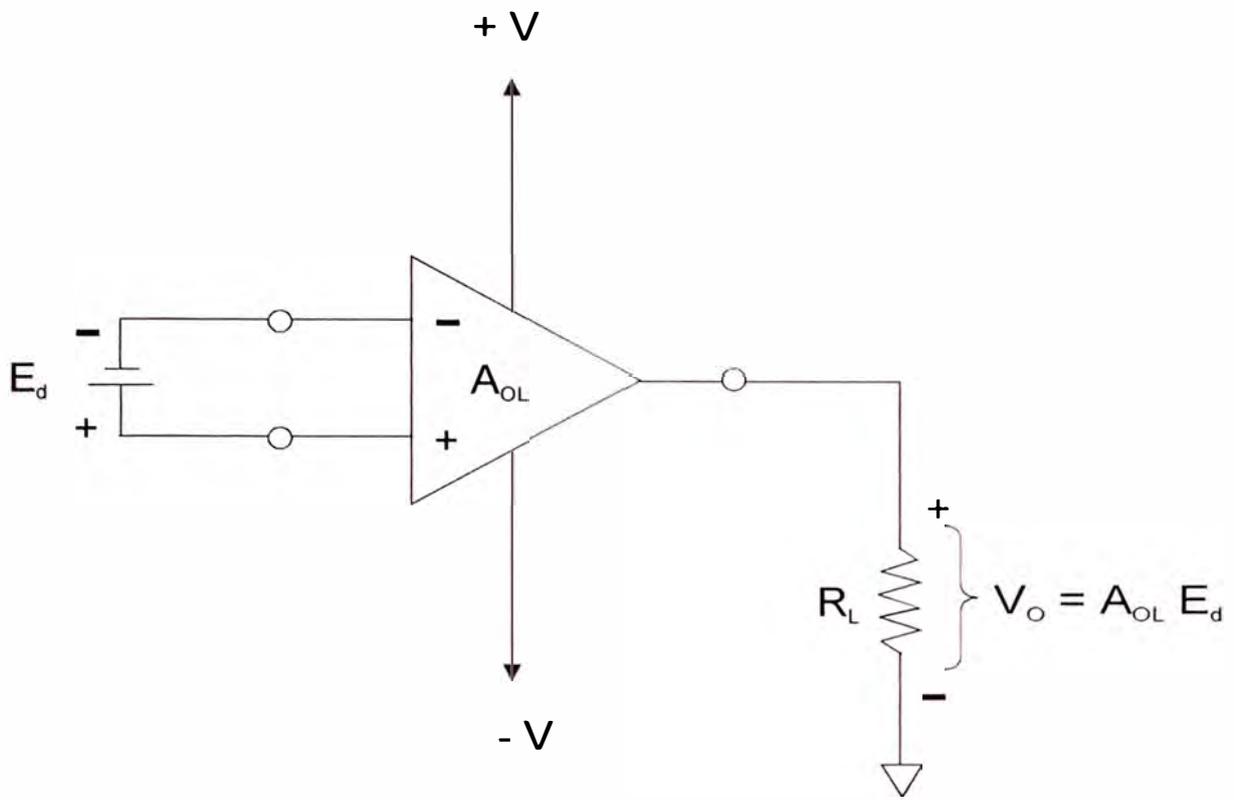
La ganancia en lazo abierto del amplificador siempre es muy grande y cualquier diferencia de voltaje entre sus entradas, por pequeña que sea, llevará al amplificador a saturación.

Si  $E_d$  es tan pequeño que no puede medirse con facilidad, entonces para todo propósito practico  $E_d$  es igual a 0 =voltios entonces  $V_O$  cae dentro de los voltajes de saturación.

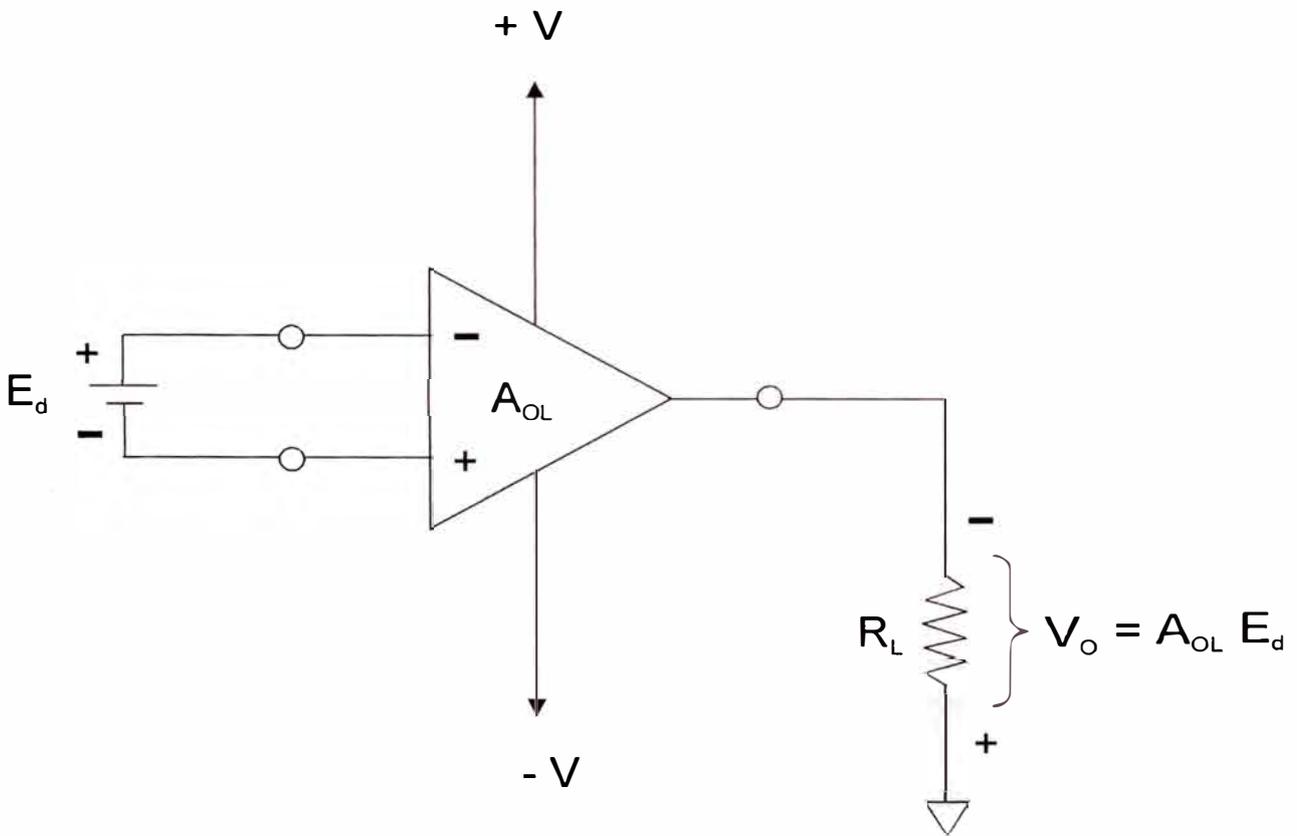
Los circuitos diseñados para operar como comparadores no necesitan compensarse en frecuencia y fase, porque se degrada la respuesta en tiempo del comparador, la cual en otro tipo de aplicaciones, es necesaria para estabilizar el amplificador. Sin embargo, cualquier amplificador operacional ( inclusive el 741 ) puede usarse como comparador empleando redes de compensación.

Dependiendo básicamente de la combinación de a que terminal de entrada se aplica  $V_i$ , de si el voltaje de referencia es o no cero, del uso de la histéresis , se obtienen los siguientes tipos de comparadores o detectores:

- Detector de cruce por cero inversor
- Detector de cruce por cero no inversor
- Detector de cruce por cero inversor con histéresis
- Detector de cruce por cero no inversor con histéresis
- Detector de nivel inversor
- Detector de nivel no inversor
- Detector de nivel no inversor con histéresis



(a)  $V_O$  se va a positivo cuando la (+) entrada es positiva con respecto a la (-) entrada.



(b)  $V_O$  se va a negativo cuando la (+) entrada es negativa con respecto a la (-) entrada.

Figura 3.9 La polaridad de  $V_O$  depende de la polaridad del voltaje diferencial  $E_d$  en la entrada

### 3.6 Detector de cruce por cero

Este circuito es conocido mediante varios nombres, entre los cuales los mas comunes son comparador de cruce por cero, detector de nivel cero y disparador Schmitt.

#### 3.6.1 Detector de cruce por cero inversor

Un detector de cruce por cero, determina si un voltaje de entrada es mayor o menor que cero. En respuesta a esta función, el voltaje de salida es positivo si  $V_i < 0$  y negativo si  $V_i > 0$ . Como se muestra en la figura 3.10(a), las magnitudes del voltaje de salida positivo y negativo son determinadas solo por los diodos Zener  $Z_1$  y  $Z_2$ . Si  $V_i < 0$ ,  $V_o = V_{z1}$ ; y si  $V_i > 0$ ,  $V_o = -V_{z2}$ .

La figura 3.10(b) ilustra la función de transferencia de entrada y salida del circuito; en este comparador son varias las fuentes de error, las cuales serán discutidas a continuación:

Primero se analizará el error producido por la corriente de entrada al amplificador operacional, el cual se debe a las corrientes de entrada de polarización  $I_{ib}$  y la corriente de compensación  $I_{io}$ .

Idealmente, el voltaje de salida debería cambiar de estado en el momento en que  $V_i$  pasa de los cero voltios. Cuando la salida cambia, esto significa que a través de los diodos Zener la dirección de la corriente es inversa, y en ese instante el voltaje de salida pasa por el voltaje cero.

Cuando  $V_o = 0$ , se tiene que  $I_i = I_{ib}$ . Concluyendo que el circuito no cambia hasta que:

$$V_i = I_i R_1 = I_{ib} R_1$$

La corriente de polarización de entrada del amplificador, producirá un error en el cambio a cero del voltaje de entrada. Este error se minimiza conectando el resistor  $R_3$  en la entrada no inversora del comparador, y haciendo  $R_3 = R_1$ . El único error que queda producto de la corriente de polarización de entrada, se debe a la diferencia de las corrientes de entrada entre las dos terminales de entrada al amplificador. Por ejemplo, para el caso de la corriente de compensación de entrada  $I_{io}$ , donde  $I_{io} < I_{ib}$ , si se hace que  $R_3$  sea ajustable desde  $1/4R_1$  a  $4R_1$ ,  $R_3$  puede ser variable para que el cambio o la conmutación ocurra exactamente cuando el voltaje de entrada sea cero.

El voltaje de compensación de entrada  $V_{io}$  del amplificador operacional, produce un error de conmutación en  $V_i$  cuando este es igual en magnitud al voltaje offset  $V_{io}$ . En el peor de los casos, este debe añadirse a los errores causados por  $I_b$  e  $I_{io}$ ,  $I_{io}$  y  $V_{io}$  pueden ser de otra polaridad con respecto a  $I_{ib}$ . Suponiendo que todos los errores son acumulados en la misma dirección, el peor caso de compensación es en el  $V_i$ , y si  $R_1 = R_3$

$$V_{off} = V_{io} + I_{io}R_1$$

Si  $R_1 \ll R_3$

$$V_{off} = V_{io} + I_{ib}(R_1 - R_3)$$

Es importante cancelar  $V_{off}$  usando las terminales para compensación del amplificador operacional, o variando  $R_3$  a la temperatura ambiente. Al mismo tiempo,  $V_{io}$ ,  $I_{ib}$  e  $I_{io}$  son sensibles a la temperatura y  $V_{off}$  tomará valores que no son cero después de un tiempo y/o a otras temperaturas.

Cuando se realiza un detector de cruce por cero, el ajuste se hace para que el comparador conmute cuando  $V_i$  pasa por el cero a una sola temperatura, ya que a un tiempo después y/o a una temperatura distinta cuando  $I_{ib}$ ,  $V_{io}$  e  $I_{io}$  hayan cambiado, la conmutación se efectuara a un voltaje ligeramente diferente de cero.

En la figura 3.10(b), se muestra la transferencia ideal y la función característica de voltaje de un amplificador operacional; el hecho de que esta ultima función difiera, crea otra fuente de error en el detector de cruce por cero.

El detector de cruce por cero inversor tiene una gran desventaja, la cual se traduce en un efecto "intermitente" que se explica de la siguiente manera: si el ruido en la entrada tiene una magnitud considerable con respecto a  $V_i$ , el circuito presentará una conmutación errónea que se convierte en indecisión o duda del comparador en torno al umbral (cero volts) de conmutación. Esto se puede solucionar conectando un filtro a la señal de entrada y para ello debe usarse un amplificador operacional con baja ganancia o usar histéresis, la cual entre otras cosas aumenta la velocidad de conmutación del comparador.

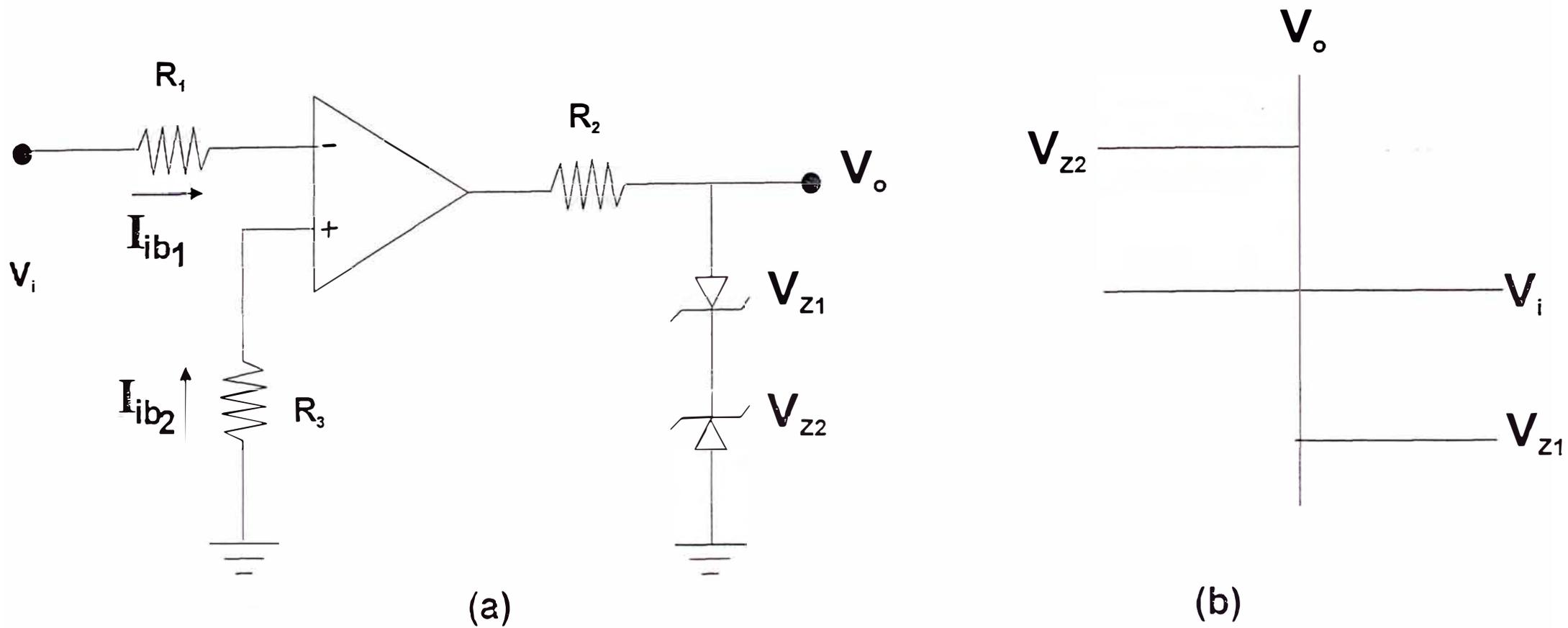


Figura 3.10 a) Detector de cruce por cero inversor,  
 b) Función de transferencia

### 3.6.2 Detector de cruce por cero no inversor

Este circuito mostrado en la figura 3.11 es similar al de la figura 3.10; la diferencia radica en que ahora la señal de entrada es aplicada a la entrada no inversora del amplificador a través de la resistencia  $R_3$ , y por otro lado  $R_1$  conecta la entrada inversora a tierra. El funcionamiento del circuito no inversor es idéntico al del inversor, excepto en la función de transferencia (figura 3.11a), la cual está rotada en el torno al eje x- voltaje de entrada.

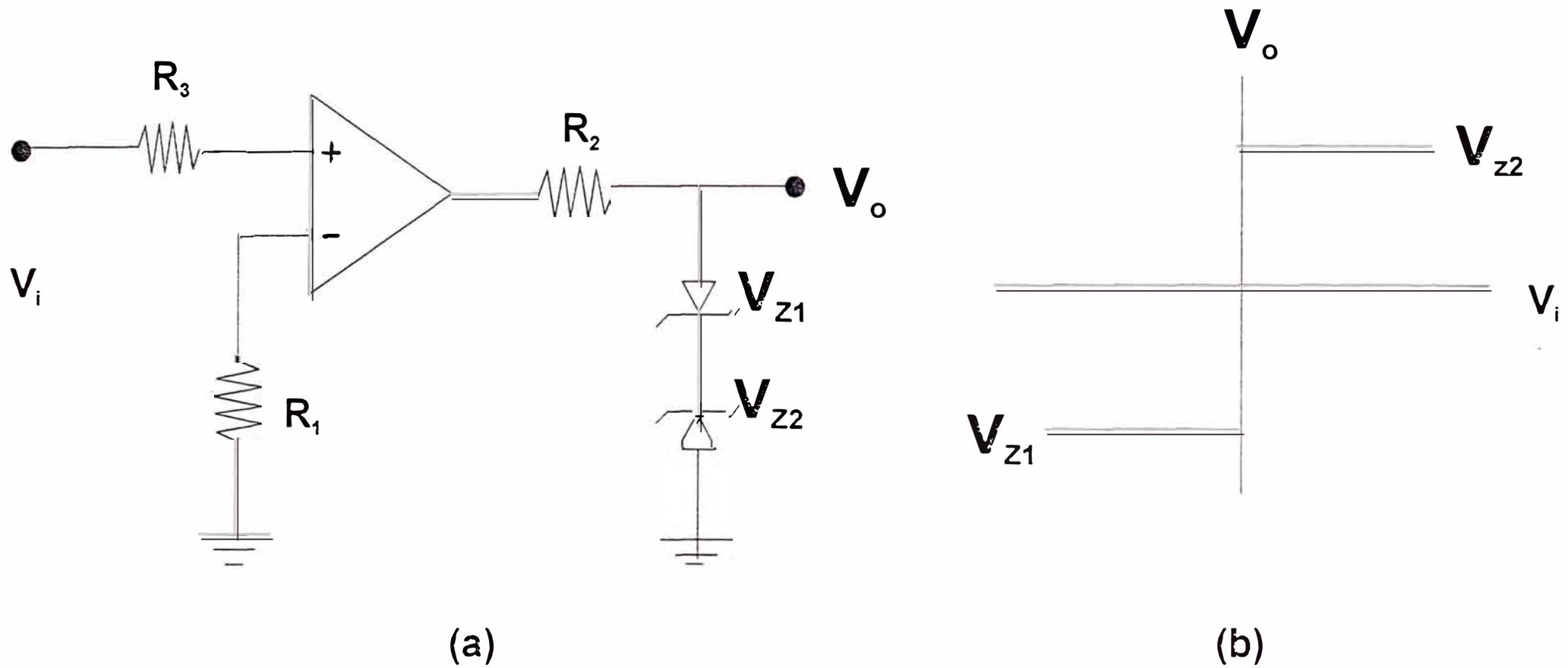


Figura 3.11 a) Detector de cruce por cero no inversor,  
 b) Función de transferencia

### 3.7 Realimentación positiva

La realimentación positiva se lleva a cabo tomando una fracción del voltaje de salida  $V_o$  y aplicándola a la (+) entrada. En la figura 3.12(a) el voltaje de salida  $V_o$  se divide entre  $R_1$  y  $R_2$ . Una fracción de  $V_o$  se realimenta a la entrada (+) y crea un voltaje de referencia que depende de  $V_o$ . La idea de un voltaje de referencia se introdujo en los detectores de cruce por cero.

La realimentación positiva se usa para eliminar cambios falsos en la salida debidos al ruido.

#### 3.7.1 Voltaje de Umbral superior

En la figura 3.12(a), el voltaje de salida  $V_o$  se divide entre  $R_1$  y  $R_2$ . Una fracción de  $V_o$  se realimenta a la entrada (+). Cuando  $V_o = +V_{sat}$ , el voltaje realimentado se denomina voltaje de umbral superior  $V_{UT}$ . El  $V_{UT}$  se expresa en función del divisor de voltaje como:

$$V_{ut} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V_{sat}) \quad (3.11)$$

Para los valores de  $E_i$  debajo de  $V_{UT}$ , el voltaje en la (+) entrada es mayor que el voltaje en la (-) entrada. Por tanto,  $V_o$  está fijado a  $+V_{sat}$ .

Si  $E_i$  se hace ligeramente más positivo que  $V_{UT}$ , la polaridad de  $E_d$ , como se muestra, se invierte y  $V_o$  comienza a caer. Ahora la fracción de  $V_o$  realimentada a la entrada positiva es menor, de modo que  $E_d$  se vuelve más grande.  $V_o$  cae entonces con más rapidez y se impulsa rápidamente a  $-V_{sat}$ ; el circuito entonces es estable en la condición que se muestra en la fig. 3.12(b).

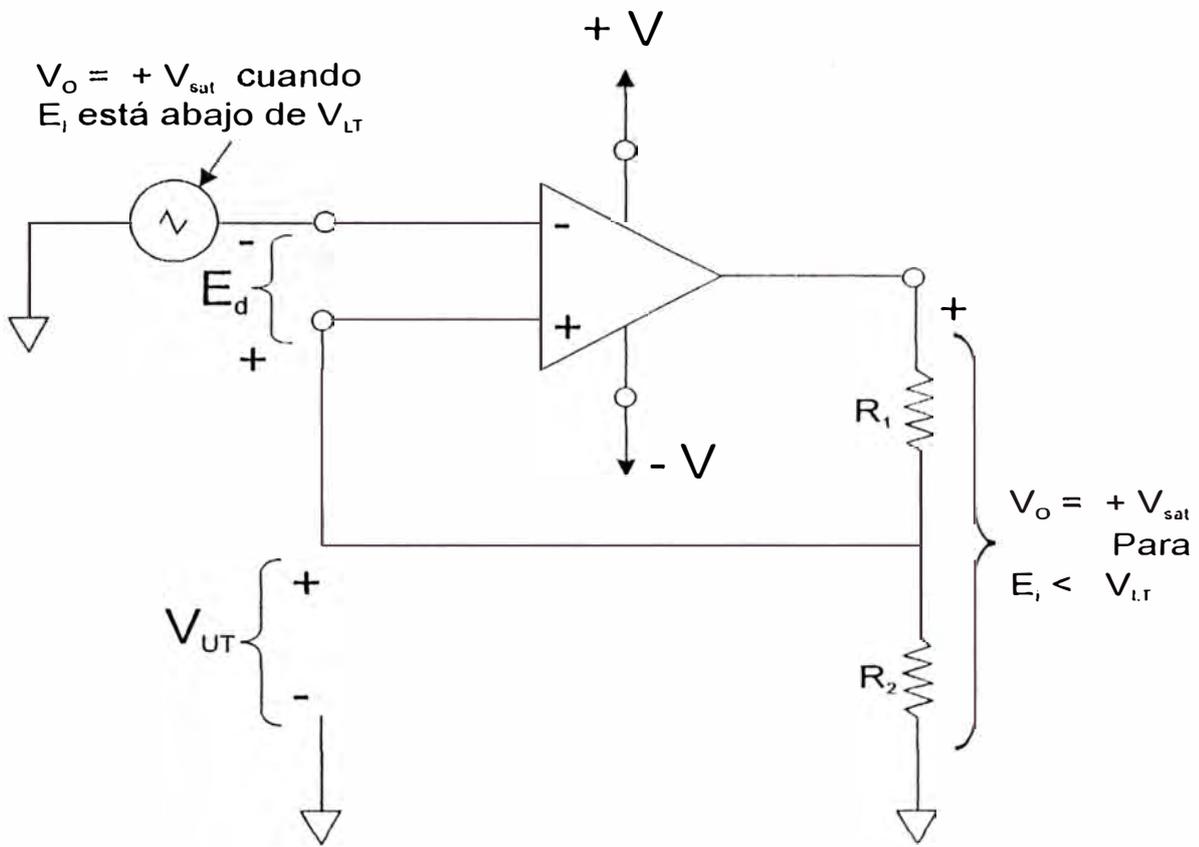
### 3.7.2 Voltaje de Umbral inferior

Cuando  $V_o$  está en  $-V_{sat}$ , el voltaje que realimenta a la entrada (+) se denomina voltaje de umbral inferior  $V_{LT}$  y esta dado por:

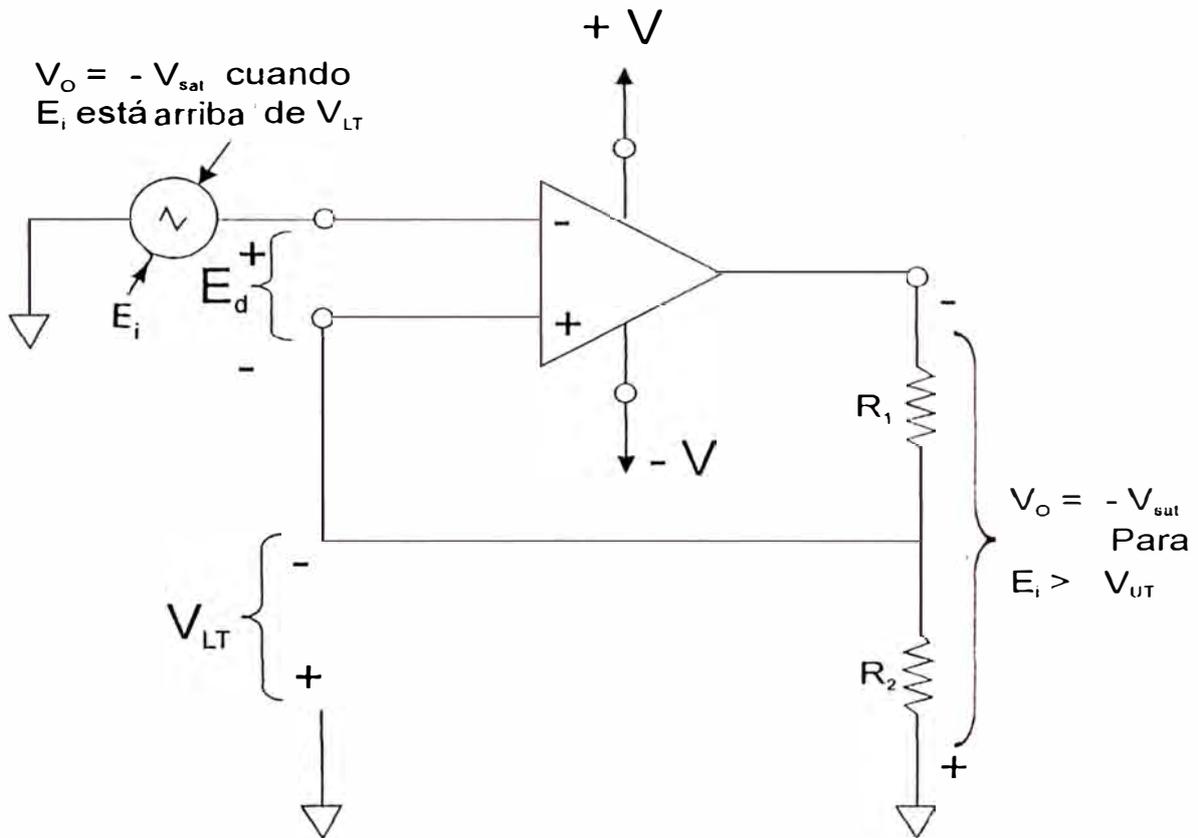
$$V_{LT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{sat}) \quad (3.12)$$

Obsérvese que  $V_{LT}$  es negativo con respecto a tierra. Por tanto,  $V_o$  permanecerá en  $+V_{sat}$  en tanto  $E_i$  este arriba, o positivo con respecto a  $V_{LT}$  o  $V_{UT}$ .  $V_o$  cambiara regresando a  $+V_{sat}$  si  $E_i$  se vuelve más negativo que, o abajo, de  $V_{LT}$ .

Se concluye que la realimentación positiva induce una acción casi instantánea para cambiar  $V_o$  con mucha rapidez de un limite a otro. Una vez que  $V_o$  comienza a cambiar, causa una acción regeneradora que hace que  $V_o$  cambie aún con más rapidez. Si los voltajes de umbral son más grandes que los voltajes pico de ruido, la realimentación positiva eliminará las transiciones falsas de salida.



(a) Voltaje de umbral superior,  $V_{UT}$



(b) Voltaje de umbral inferior,  $V_{LT}$

Figura 3.12  $R_1$  y  $R_2$  realimentan un voltaje de referencia de la salida a la terminal (+) de entrada.

### 3.8 Comparadores con histéresis

Cuando la señal de entrada viene contaminada con ruido, la conmutación ya no se efectúa en el tiempo preciso para el cual se diseñó el detector y, en consecuencia, se produce una indecisión o intermitencia en el umbral o momento de la conmutación. Los cambios falsos en la salida para evitarlos, una solución es aplicar el concepto de histéresis de circuitos magnéticos, donde la curva de la densidad de flujo  $B$  o inducción magnética en función de la intensidad de campo  $H$  presenta histéresis.

Hay una técnica estándar para mostrar el comportamiento de un comparador en una gráfica en lugar de dos gráficas.

Al graficar  $E_i$  en el eje horizontal y  $V_o$  en el eje vertical, se obtiene la característica de voltaje de entrada - salida, como en la figura 3.13. Para  $E_i$  menor que  $V_{LT}$ ,  $V_o = +V_{sat}$ . La línea vertical (a) muestra  $V_o$  que va desde  $+V_{sat}$  hasta  $-V_{sat}$  conforme  $E_i$  se vuelve mayor que  $V_{UT}$ . La línea vertical (b) muestra  $V_o$  cambiando desde  $-V_{sat}$  hasta  $+V_{sat}$  cuando  $E_i$  se vuelve menor que  $V_{LT}$ . La diferencia de voltajes entre  $V_{UT}$  y  $V_{LT}$  se denomina voltaje de histéresis,  $V_H$ .

Siempre que cualquier circuito cambia de un estado a un segundo estado a cierta señal de entrada, entonces revierte del segundo al primer estado a una señal de entrada diferente, se dice que el circuito exhibe histéresis.

Para el comparador de retroalimentación positiva, la diferencia en las señales de entrada es:

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} \quad (3.13)$$

### 3.8.1 Detector de cruce cero con histéresis

Si  $E_i$  tiene un valor que cae entre  $V_{LT}$  y  $V_{UT}$ , es imposible predecir el valor de  $V_o$  a menos que ya se conozca el valor de  $V_o$ . Por ejemplo, supongamos que se sustituye por tierra  $E_i$  ( $E_i = 0 \text{ V}$ ) en la figura 3.12 y se activa la potencia. El amp op pasará ya sea a  $+V_{sat}$ , o  $-V_{sat}$ , dependiendo de la presencia inevitable de ruido. Si el amp op pasa a  $+V_{sat}$ , entonces  $E_i$  deberá ir arriba de  $V_{UT}$  con objeto de cambiar la salida. Si  $V_o$  ha pasado a  $-V_{sat}$ , entonces  $E_i$  tendrá que irse debajo de  $V_{LT}$  para cambiar a  $V_o$ .

Por tanto, el comparador con histéresis exhibe la propiedad de memoria. Esto es, si  $E_i$  cae entre  $V_{UT}$  y  $V_{LT}$  (dentro del voltaje de histéresis), el amp op recuerda ya sea que el ultimo valor de cambio de  $E_i$  estuvo arriba de  $V_{UT}$  o debajo de  $V_{LT}$ .

### 3.9 Detectores de nivel de voltaje con histéresis

En los detectores de cruce por cero, en las secciones anteriores, el voltaje de histéresis  $V_H$  está centrado en el cero del voltaje de referencia  $V_{ref}$ .

También es deseable tener una colección de circuitos que exhiban histéresis alrededor de un voltaje de centro que es positivo o negativo.

Por ejemplo, una aplicación puede requerir una salida positiva,  $V_o$ , cuando una entrada  $E_i$  se va arriba de un voltaje de umbral superior de  $V_{UT} = 12 \text{ V}$ . También puede desearse que  $V_o$  pase a negativo, cuando  $E_i$  se va debajo de un voltaje de umbral mas bajo de por ejemplo,  $V_{LT} = 8 \text{ V}$ . Estos requisitos se resumen en la grafica de  $V_o$  comparado con  $E_i$  en la figura 3.14

$V_H$  se evalúa por medio de la ecuación(3.13) como:

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = 12V - 8V = 4 V$$

El voltaje de histéresis  $V_H$  debe centrarse en el promedio de  $V_{UT}$  y  $V_{LT}$ . Este promedio se denomina voltaje de centro  $V_{ctr}$ , donde:

$$V_{ctr} = \frac{V_{UT} + V_{LT}}{2} = \frac{12V + 8 V}{2} = 10 \text{ voltios}$$

Cuando se trata de construir este tipo de detector de nivel de voltaje, es deseable tener cuatro características: un resistor ajustable para establecer y refinar el valor de  $V_H$ ; un resistor ajustable separado para establecer el valor de  $V_{ctr}$ ; el ajuste de  $V_H$  y  $V_{ctr}$  no debe interaccionar; el voltaje de centro  $V_{ctr}$  debe igualar, o estar relacionado en forma simple con el voltaje externo de referencia  $V_{ref}$ . Para el numero de partes mas bajo posible, el amp op con suministro regulado de voltaje y un circuito de resistor debe de usarse para seleccionar  $V_{ref}$ .

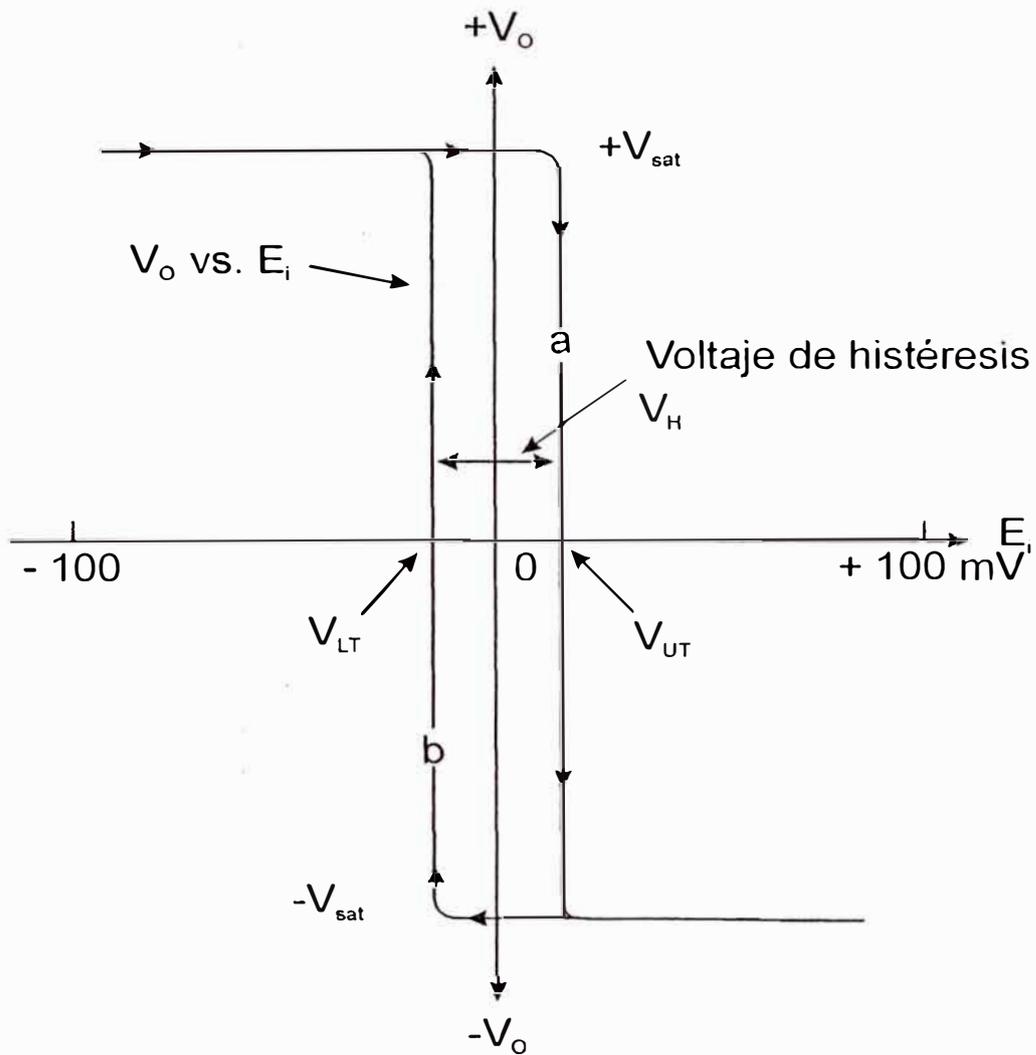


Figura 3.13 Gráfica de  $V_o$  comparado con  $E_i$  que ilustra el voltaje de histéresis en un circuito comparador.

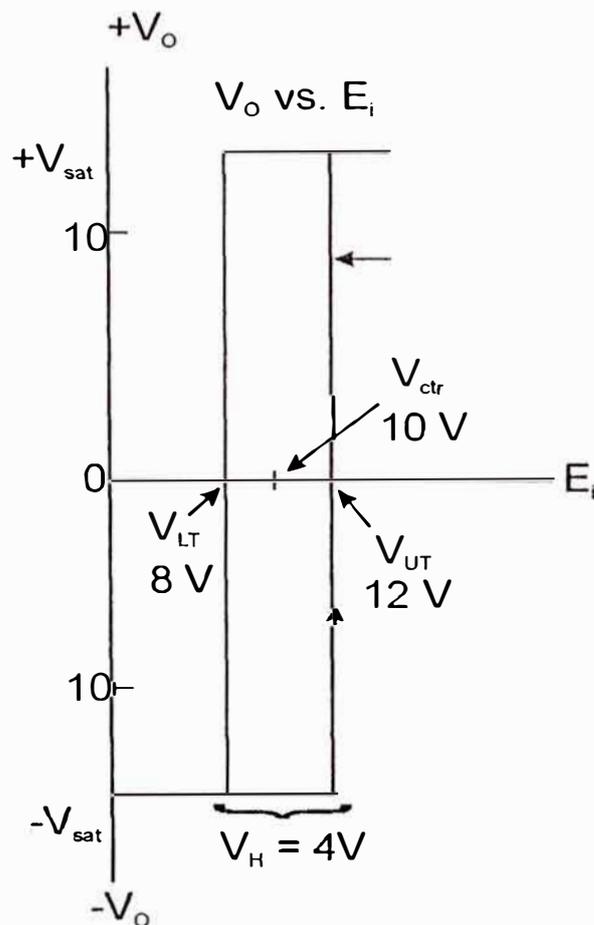


Figura 3.14 Detector de nivel de voltaje positivo.

### 3.10 Detector de nivel de voltaje con ajuste independiente de la histéresis y del voltaje de centro

El circuito de la figura 3.15 es un detector de nivel de voltaje no inversor con ajuste independiente de la histéresis y del voltaje de centro. En este circuito, el voltaje central  $V_{ctr}$  está determinado tanto por el resistor  $mR$  como por el voltaje de referencia  $V_{ref}$ . El voltaje  $V_{ref}$  puede ser el voltaje de suministro  $+V$  o  $-V$ . Recuérdese que el voltaje de suministro del amp op se esta utilizando para un numero de partes mas bajo. El voltaje de histéresis  $V_H$  está determinado por el resistor  $nR$ . Si el resistor  $nR$  es variable, entonces  $V_H$  puede ajustarse independientemente de  $V_{ctr}$ . Al ajustar el resistor  $mR$  se sitúa a  $V_{ctr}$  sin afectar  $V_H$ . Obsérvese que la fuente de señal,  $E_i$  debe ser de baja impedancia. Los voltajes clave se muestran en la figura 3.15 y están diseñados o evaluados por medio de las siguientes ecuaciones:

$$V_{UT} = - \frac{-V_{sat}}{n} - \frac{V_{ref}}{m} \quad (3.14)$$

$$V_{LT} = \frac{-V_{ref}}{m} - \frac{+V_{sat}}{n} \quad (3.15)$$

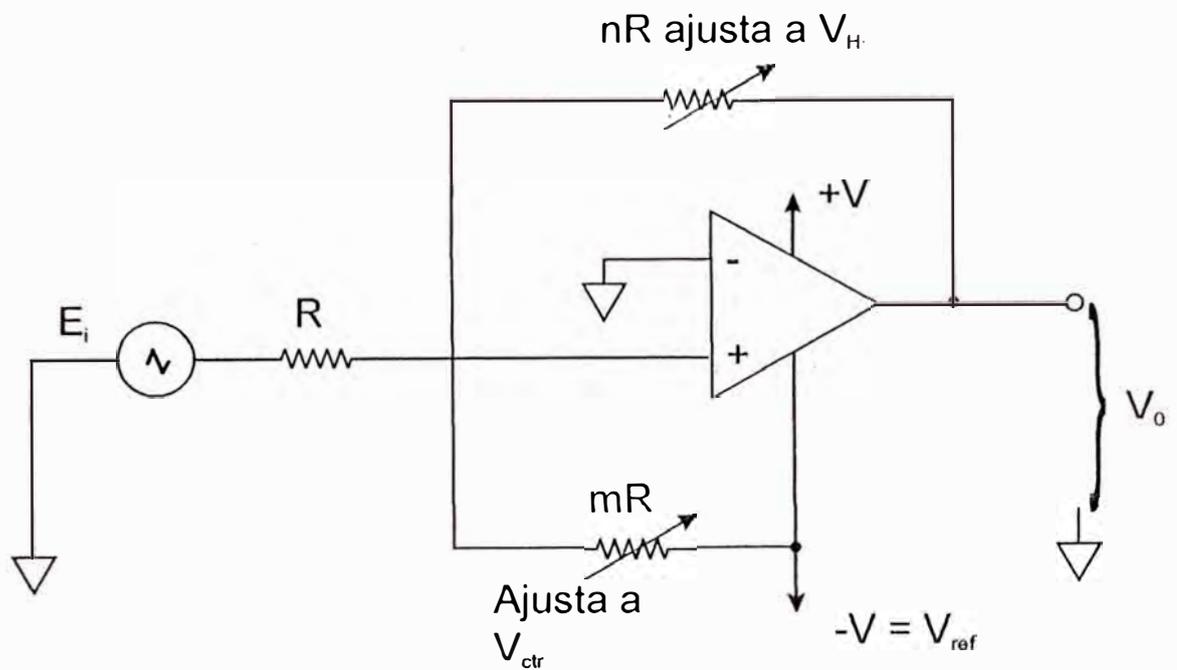
$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = \frac{+V_{sat} - (-V_{sat})}{n} \quad (3.16)$$

$$V_{ctr} = \frac{V_{UT} + V_{LT}}{2} = - \frac{V_{ref}}{m} - \frac{+V_{sat} + (-V_{sat})}{2n} \quad (3.17)$$

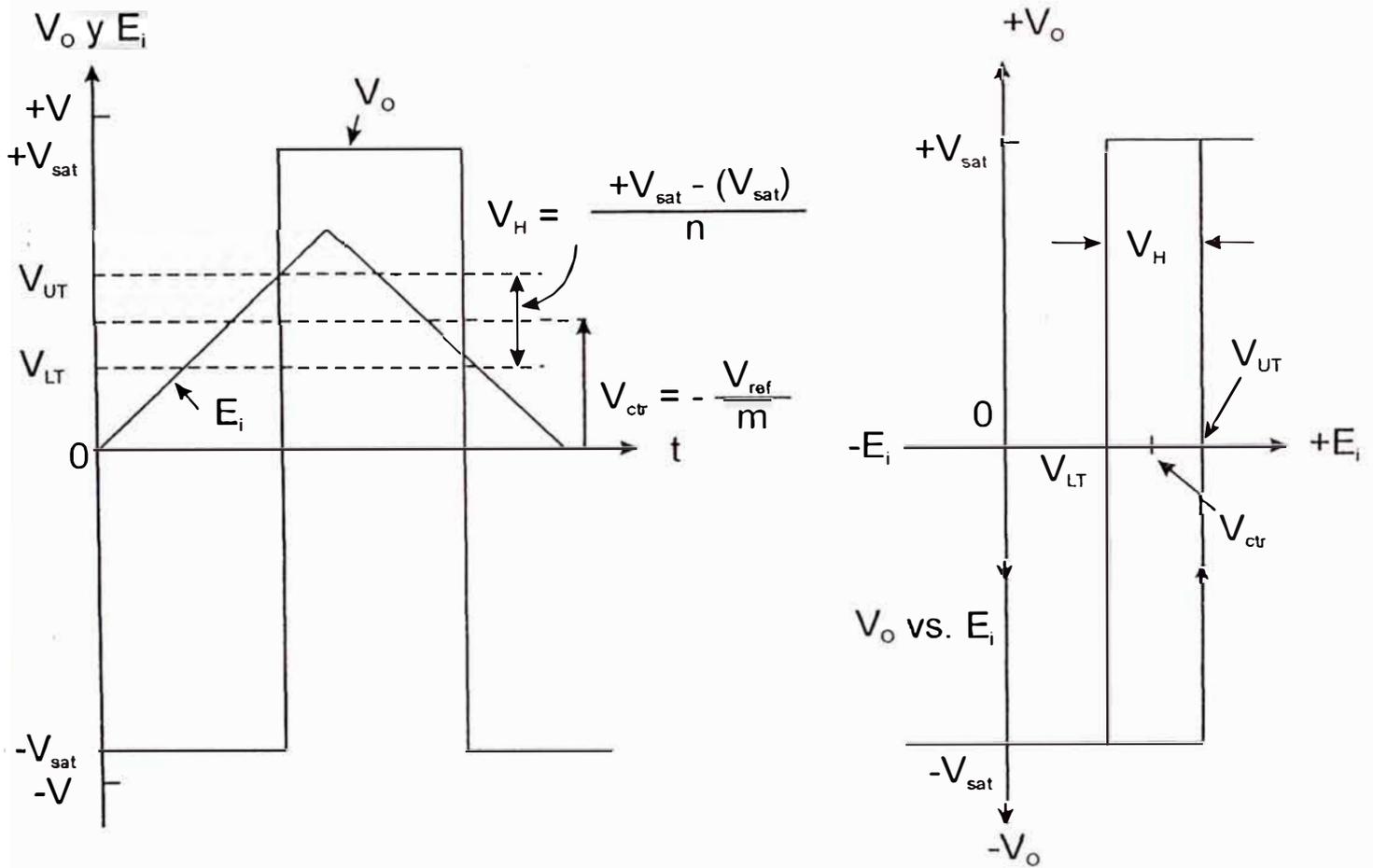
La ecuación general para  $V_{ctr}$  parece compleja, sin embargo, si las magnitudes de  $+V_{sat}$  y  $-V_{sat}$  son casi iguales, entonces  $V_{ctr}$  se expresa en forma simple por:

$$V_{ctr} = -\frac{V_{ref}}{m} \quad (3.18)$$

De modo que  $V_{ctr}$  depende solamente de  $m$ , y  $V_H$  depende solo de  $n$ .



(a) Comparador con ajustes independiente para la histéresis y el voltaje de referencia



(b) Formas de onda de  $V_o$  y  $E_i$

**Figura 3.15** El resistor  $mR$  y el voltaje de suministro  $-V$  establecen el voltaje de centro  $V_{ctr}$ . El resistor  $nR$  permite ajuste independiente alrededor de  $V_{ctr}$ .

### 3.11 Diseño del circuito de control del cargador de batería

Para realizar el diseño de este circuito, se ha utilizado los conceptos de un detector de nivel de voltaje no inversor con ajuste independiente de la histéresis y del voltaje de centro.

Supóngase que se desea monitorear la batería que se va usar en el UPS, de 12 Voltios. Cuando el voltaje de la batería cae abajo de 10.5 voltios, se desea conectarla a un cargador. Cuando el voltaje de la batería alcanza 13.5 voltios, se desea que se desconecte el cargador.

Por tanto,  $V_{LT} = 10.5$  Voltios y  $V_{UT} = 13.5$  Voltios. Permítase utilizar el voltaje de suministro  $-V$  para  $V_{ref}$  y supóngase que es igual a  $-15$  voltios.

Además, supóngase que  $V_{sat} = \pm 13$  voltios. Para determinar  $V_H$ ,  $V_{ctr}$ , resistor  $mR$ , resistor  $nR$ , se utilizará las ecuaciones (3.16) y (3.17),

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = 13.5V - 10.5V = 3V$$

$$V_{ctr} = \frac{V_{UT} + V_{LT}}{2} = \frac{13.5V + 10.5V}{2} = 12V.$$

Obsérvese que el voltaje de centro es el voltaje nominal de la batería.

Se ha escogido arbitrariamente que el resistor  $R$  sea un valor de  $10\text{ K}\Omega$

A partir de la ecuación (3.18),

$$m = - \frac{V_{ref}}{V_{ctr}} = - \frac{(-15V)}{12V} = 1.25$$

Por tanto:

$$mR = 1.25 \times 10 \text{ K}\Omega = 12.5 \text{ K}\Omega.$$

Valor comercial que se escogió, para la implementación, un resistor variable de 50 K $\Omega$ .

A partir de la ecuación (3.16),

$$n = \frac{+V_{\text{sat}} - (-V_{\text{sat}})}{V_H} = \frac{13\text{V} - (-13\text{V})}{3} = 8.66$$

$$\text{Por tanto: } nR = 86.6 \text{ K}\Omega$$

Valor comercial que se escogió, para la implementación, un resistor variable de 100 K $\Omega$ .

El circuito final se muestra en la figura 3.16.

Cuando  $E_i$  cae debajo de 10.5V,  $V_o$  pasa a negativo, liberando al relevador a su posición normal cerrada. Los contactos por lo general cerrados del relevador (NC) conectan el cargador a la batería  $E_i$ . El diodo  $D_1$  protege al transistor contra la polarización inversa excesiva cuando  $V_o = -V_{\text{sat}}$ . Cuando la batería se carga a 13.5 V,  $V_o$  cambia a  $+V_{\text{sat}}$ , el cual enciende el transistor y opera el relevador. Sus contactos NC se abren para desconectar el cargador. El diodo  $D_2$  protege ambos amps ops y transistores contra los transitorios desarrollados por el campo magnético en colapso del relevador.

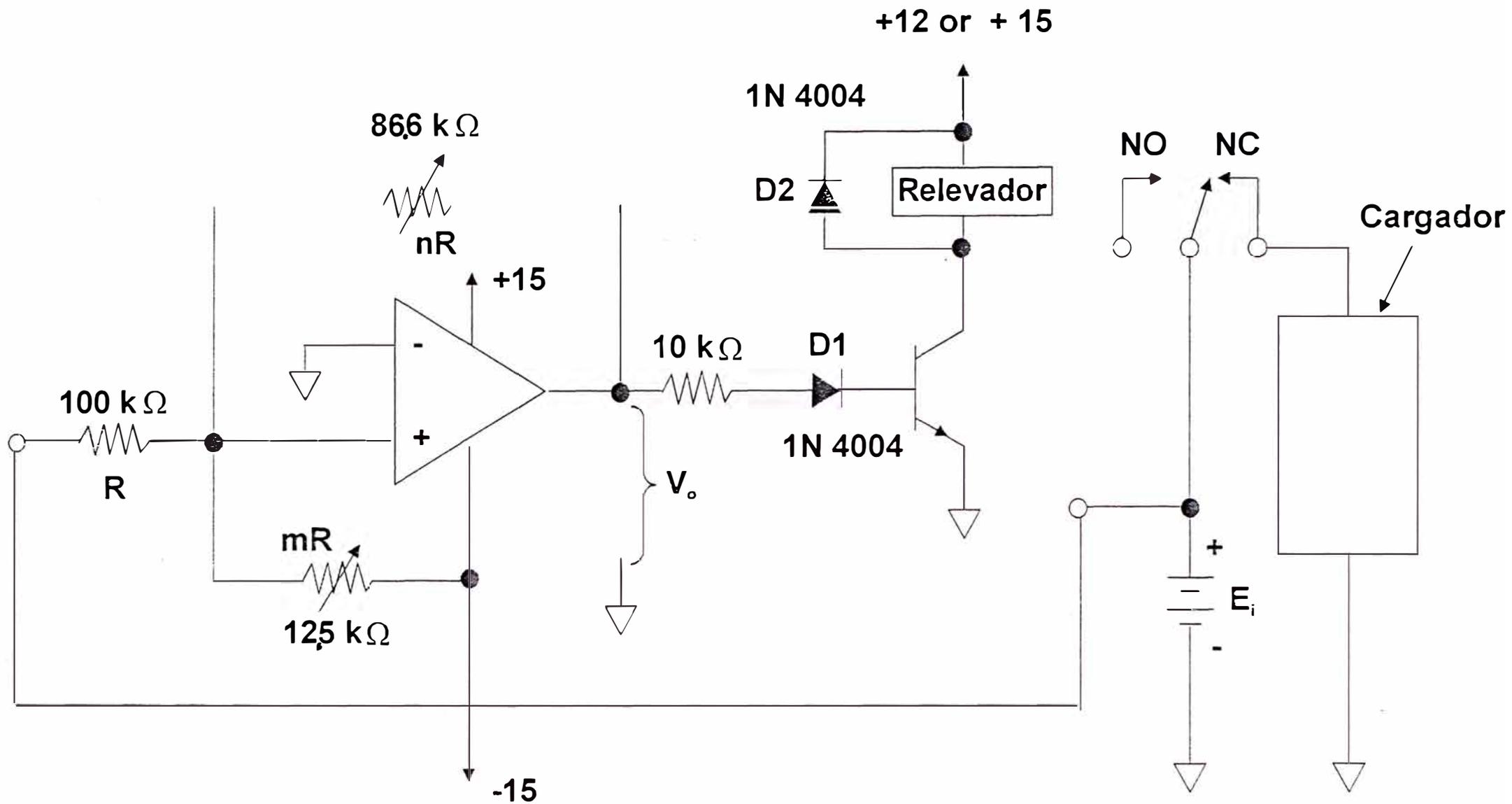


Figura 3.16 Circuito de Control del Cargador de baterías

### **3.12 Diseño del circuito cargador de batería**

Un circuito cargador es necesario para recargar la batería de 12 voltios, luego de un corte de energía y para mantener a la batería a plena carga mientras no esta en uso.

Cuando el voltaje de la batería alcanza el limite predeterminado, el cargador cambia automáticamente al modo de potencia constante.

El cargador de batería opera automáticamente. Monitorea la condición de la batería proviniendo la carga máxima. Carga constante de corriente, con capacidad de salida completa después de la carga.

El circuito cargador de batería que he implementado es de carga lenta y tiene las siguientes partes:

- Un transformador para reducir y realizar la transformación de la tensión alterna de red, en la tensión optima que se precise. Como se va cargar una batería de 12 voltios, se utilizará en la implementación un transformador de media onda de 220 Vac /12voltios a 2 amperios.
- El siguiente paso consiste en rectificar la señal de salida del transformador y convertirla en una señal pulsante. Esta operación se realiza mediante diodos. Como los diodos tan solo dejan pasar corriente en un sentido obtendremos dicha señal pulsante, 4 diodos (1N4004) en la configuración tipo puente se utiliza como rectificador de onda completa.
- Para que la corriente de salida de un circuito rectificador se convierta en una CC pura, hay que añadir un condensador que se conecta en paralelo a la salida. Se utiliza un condensador electrolítico de 1000  $\mu\text{f}$  a 15 voltios para eliminar el factor de rizado de la salida del rectificador.

- Al circuito cargador de batería se puede mejorar aplicándola otros circuitos que mejoren sus características. Una característica es la estabilización del cargador a 12 voltios. Un regulador CI. LM317 mantiene una tensión fija entre sus tres patillas, un terminal de entrada (izquierda) uno de salida (derecha) y un terminal común que sirve de referencia a los otros dos (centro).

Las características del regulador CI. LM317 son:

- Voltaje de entrada nominal de 4 a 40 voltios
- Voltaje margen de salida de 1.2 a 37 voltios.
- Corriente máxima de salida de 1.5 amperios.
- Corriente de pico de 2.2 amperios.
- Regulación línea máxima 0.1%.
- Regulación de carga máxima de 0.5%.
- Corriente de reposo 3.5 miliamperios.

Rechazo de rizado 80db.

Para la salida del estabilizador C.I LM317 preferí no hacer uso de las fórmulas que aconseja el fabricante, sino que usé la intuición el cual dio buenos resultados en la práctica. Elegí para la salida del LM317 dos resistencias de bajo ohmiaje ( $1.5\Omega$  a 2 watts y  $0.5\Omega$  a 5 watts), y un condensador electrolítico de 150  $\mu\text{f}$ . a 15 voltios, está elección explica que siempre el condensador va a tratar de seguir a la salida del estabilizador el cual está proyectado para 12 voltios, el cual es el objetivo.

### 3.13 Diseño del circuito detector de tensión

En la figura 3.17 se muestra el circuito detector de tensión. Este circuito detectará la tensión de suministro, por medio de la base del transistor BC547C.

Los transistores están diseñados para que funcionen en corte y saturación. El transistor BC547C se polariza a través de la base por la resistencia de 12 K $\Omega$  y el colector por la  $V_{cc}$  de la batería de 12 voltios.

Si la corriente de base del transistor BC547C es cero, funciona en la región de corte y el BC337 conduce (se satura) activando al relay RL1, conectando al inversor de CC/a.c y al circuito de alarma.

Al activarse el relay se va producir chisporroteo en sus contactos, produciendo transitorios desarrollados por el campo magnético del relay.

Una forma de proteger es colocar en paralelo un diodo D6, para que corte la fuerza electromotriz inversa que esta produce.

Si la base del transistor detecta tensión de suministro, el transistor BC547C conduce (se satura) y el transistor BC337 no conduce (corte) el relay no da paso al inversor por estar desconectado.

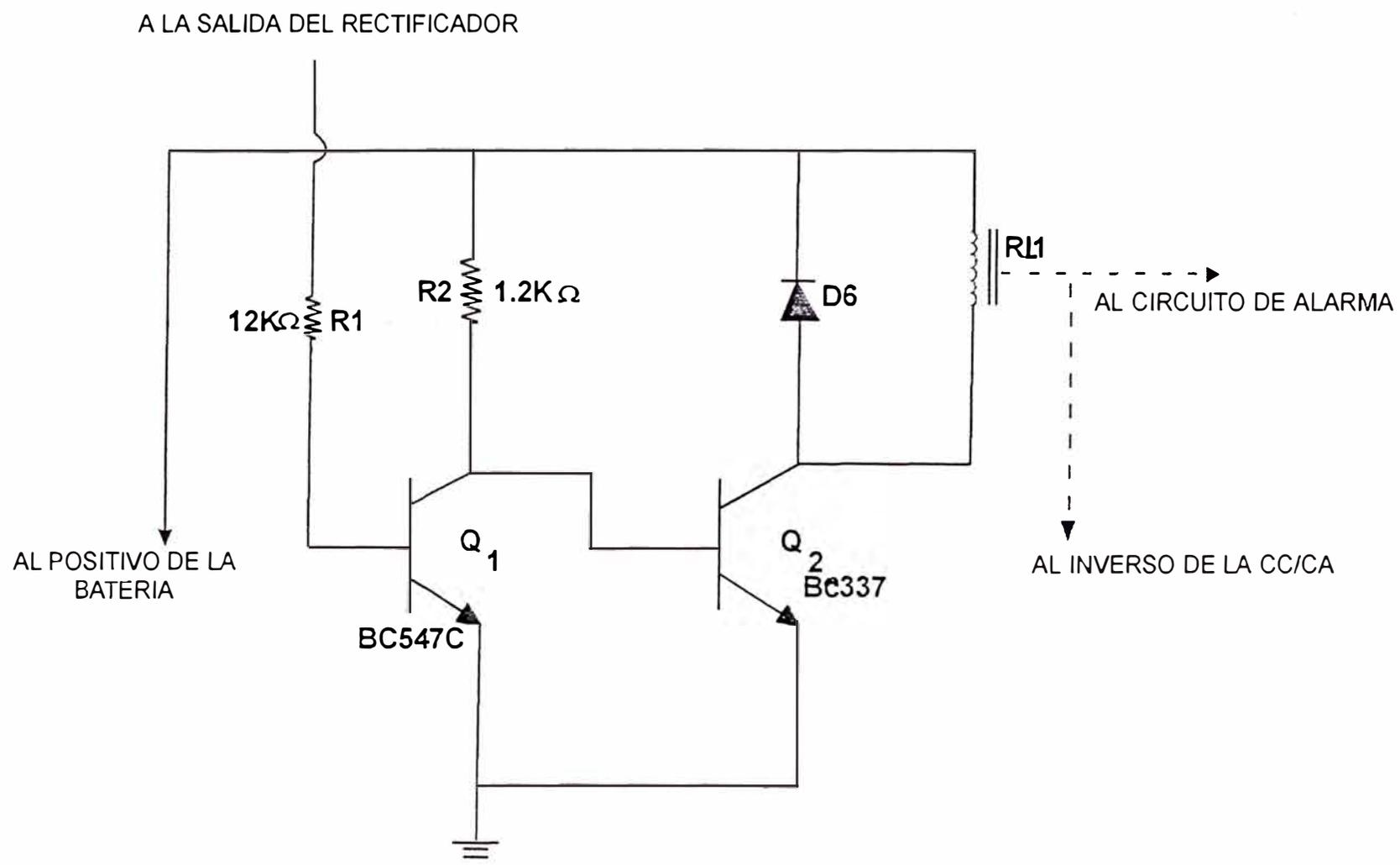


FIGURA 3.17 CIRCUITO DETECTOR DE CAIDA DE TENSION

### **3.14 Diseño del circuito de alarma y protección**

Cuando falla el suministro eléctrico del exterior, la fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) automáticamente por medio del relay RL1, pone en funcionamiento el circuito electrónico Inversor de CC/a.c y el circuito de alarma (led Rojo), comenzando a alimentar al computador, sacando la energía de la batería.

El sistema va indicar al usuario mediante un led rojo que no esta recibiendo alimentación de red y le dará tiempo de suspender la operación de su computador, evitando así perdida de datos importantes o de sus archivos personales.

Los equipos electrónicos requieren de protección para su funcionamiento adecuado y eficiente, que evite fallas o interrupciones.

Como protección del sistema, se ha colocado un fusible de 2 amperios, en el primario del transformador del circuito cargador de batería, debido a que si se produce un corto circuito para una alta corriente, el fusible se funde.

Se puede observar en el Anexo A1 el diagrama electrónico del Inversor de CC/c.a. En el Anexo A2 se muestra el circuito de control automático, y en el anexo A3 se muestra el diagrama electrónico final del circuito UPS.

## **CAPITULO IV IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y PRESUPUESTO DEL UPS**

### **4.1 Implementación**

#### **4.1.1 Disipadores de calor**

Los dispositivos de potencia reducida, disipan calor a través de su encapsulado hacia el ambiente, manteniendo un flujo térmico suficiente para evacuar todo el calor y evitar su destrucción.

En los dispositivos de más potencia, la superficie del encapsulado no es suficiente para poder evacuar adecuadamente el calor disipado, se recurre para ello a los radiadores ( heatsinks ) que proporcionan una superficie adicional para el flujo térmico.

La función básica de un disipador, es mantener la temperatura interna del semiconductor, por debajo de cierto valor máximo de la temperatura de unión (  $T_j$  ) especificado por el fabricante. Esta temperatura limite es del orden de 200°C para semiconductores de cápsula metálica y de 150°C para semiconductores de cápsula plástica.

La propagación de calor de un disipador térmico de los semiconductores, se transmite vía convección térmica. El calor del sólido se transmite mediante la circulación de un fluido que le rodea y este lo transporta al aire ambiente. Favorece la propagación del calor en estos

cuerpos, que son de por si muy buenos aislantes térmicos y radiación de calor se transfiere mediante emisiones electromagnéticas que son irradiadas por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor a cero grados kelvin.

Para que un semiconductor disipe la potencia adecuada hay que mantener la temperatura de la unión por debajo del máximo indicado por el fabricante.

El paso de la corriente eléctrica produce un aumento de la temperatura de la unión ( $T_j$ ). Si esta se quiere mantener a un nivel seguro, debemos evacuar al exterior la energía calorífica generada por la unión.

Las formulas se utiliza para determinar la potencia que disipará el componente.

$$T_j - T_a = P \cdot R_{jc}$$

$$P_d = \frac{T_j - T_a}{R_{JC} + R_{cd} + R_d}$$

$R_{jc}$  = Resistencia térmica unión cápsula.

$R_{cd}$  = Resistencia térmica cápsula - disipador.

$R_d$  = Resistencia térmica del disipador.

$T_j$  = Temperatura de la unión.

$T_c$  = temperatura de la cápsula.

$T_a$  = temperatura ambiente.

$P_d$  = Potencia en vatios ( calor ) que disipará el componente.

Cuanto mayor es la resistencia térmica, mayor dificultad para el flujo de calor.

❖ Resistencia térmica unión – cápsula ( $R_{jc}$ ). Es en este caso, el foco calorífico se genera en la unión del propio cristal semiconductor, de tal forma que el calor debe pasar desde este punto al exterior del encapsulado. Viene dado en manuales y tablas y depende de la construcción de la cápsula.

La siguiente fórmula se utiliza para el cálculo de esta resistencia.

$$R_{JC} = \frac{T_{Jmax} - T_c}{P_d}$$

❖ Resistencia Térmica unión-ambiente ( $R_{ja}$ ). Es la resistencia que existe entre la unión del semiconductor y el ambiente.

❖ Temperatura de la Unión ( $T_j$ ). La temperatura máxima de la unión es el límite superior de temperatura a la que no se puede llegar y menos sobrepasar si queremos evitar la destrucción de la unión. Es un valor que se suele suministrar normalmente, en los manuales de los fabricantes de semiconductores.

Para un MOSFET el rango de  $T_{jmax}$  está entre 175°C y 200°C.

❖ Temperatura de la cápsula ( $T_c$ ). Este dato depende del valor de la potencia que disipa el dispositivo, de la resistencia del disipador y de la temperatura ambiente.

$$T_c = P_d ( R_{cd} + R_d ) + T_a$$

$$T_c = T_j - (P_d \cdot R_{jc})$$

❖ Temperatura del disipador ( $T_d$ ). Este valor se obtiene a partir de la potencia disipada ( $P_d$ ), de la resistencia térmica de la aleta ( $R_d$ ) y finalmente de la temperatura ambiente ( $T_a$ ). Se calculará de cualquiera de las expresiones:

$$T_d = (P_d \cdot R_d) + T_a \quad (4.1)$$

$$T_d = T_C - (P_d \cdot R_{cd})$$

❖ Resistencia térmica cápsula – disipador ( $R_{cd}$ ). Es la resistencia térmica entre el semiconductor ( cápsula ) y el disipador.

El valor de la resistencia térmica influye notablemente en el calculo de la superficie y longitud que debe disponer la aleta que aplicaremos al dispositivo a refrigerar.

Cuanto mas baja es  $R_{cd}$  menor será la longitud y superficie de la aleta requerida.

❖ Resistencia térmica del disipador ( $R_d$ ). Representa el paso por convección al aire del flujo calorífico a través del elemento disipador.

Este dato será en la practica, la incógnita principal de nuestro problema.

Depende de muchos factores:

Potencia a disipar, condiciones de la superficie, posición del montaje y en el caso de disipadores planos; factores como el grosor del material y el tipo de encapsulado.

Para el calculo de la resistencia térmica disipador, se puede utilizar las siguientes formulas :

$$R_d = \frac{T_J - T_a}{P_d} - (R_{jc} + R_{cd})$$

$$R_d = \frac{T_d - T_a}{P_d}$$

$$R_d = R_{ja} - (R_{jc} + R_{cd})$$

Una vez calculada  $R_d$  se pasa a elegir la aleta refrigeradora. Para la elección de la aleta habrá que tener en cuenta, que tipo de encapsulado del dispositivo a refrigerar, sea el adecuado para su montaje en la aleta disipadora que se haya elegido.

❖ Temperatura – ambiente ( $T_a$ ). Es la temperatura existente en el entorno donde es ubicado el disipador.

En el presente trabajo se calculará la temperatura del disipador de calor ( $T_d$ ) para seleccionar el disipador de calor adecuado a las condiciones de trabajo del mismo.

En el diagrama del inversor CC/a.c de la figura 3.5 se observa el circuito de potencia, empleando el MOSFET IRF44 canal N como conmutador de potencia; se tiene de las especificaciones eléctricas:  $I_D = 50$  amperios,  $V_{DS} = 60$  voltios min,  $P_D = 150$  Watts,  $\max r_{DS(on)} = 0.028\Omega$  max;  $V_{GS} = 4$  voltios, max.

El principio básico del UPS es convertir la corriente continua procedente de la batería, en corriente alterna.

La batería va entregar a la entrada del circuito de potencia, 12 voltios y 90 amperios de corriente continua, cuya potencia disponible en la batería es:

$$P_{elec} = I_D \times V_{DS}$$

Reemplazando datos:

$$P_{elec} = 90 \times 12 = 1080 \text{ Watts.}$$

La mayoría de fabricantes de semiconductores proporcionan los datos suficientes para poder calcular el disipador que se necesita. Necesitamos como punto de partida, la temperatura máxima que puede alcanzar la unión del transistor. Esta temperatura no deberá alcanzar en ningún caso, para no destruir el componente. Normalmente el fabricante proporciona el "operating temperature range"

A partir de la ecuación ( 2.9 ):

$$T_d = P_d R_d + T_a$$

$$T_d = 1080 \times R_d + 25^\circ\text{C}$$

$$T_d = 1080 (0.15^\circ\text{C/watt} + 0.25^\circ\text{C/watt}) + 25^\circ\text{C}$$

$$T_d = 1080 ( 0.4^\circ\text{C/watt} ) + 25^\circ\text{C}$$

$$T_d = 457^\circ\text{C}$$

#### 4.1.2 Circuito impreso

El circuito impreso es una de las partes mas importantes de todo proyecto o aparato electrónico, y cuando lo tenemos listo, podemos afirmar estamos en la recta final del trabajo.

Un circuito impreso es aquel en que los alambres de conexión han sido reemplazados por tiras conductoras de cobre pegadas en una lamina aislante, En términos comunes, a un circuito impreso se le llama plaqueta.

El circuito impreso cumple una doble función: se usa para interconectar los componentes de un circuito y para sostenerlos físicamente de una manera estable.

Los materiales mas utilizados para elaborar plaquetas de circuitos impresos son: la baquelita y la fibra de vidrio. Existen circuitos impresos de una cara, de doble cara y de capas múltiples.

Los pasos para la fabricación de un circuito impreso en forma experimental son los siguientes:

- Diseño de los trazos del circuito en una hoja de papel para que los componentes queden conectado.
- Dibujo de los trazos del diseño en el lado del cobre de la lamina con tinta especial que sea resistente al ácido o solución rebajadora del cobre.
- Eliminación del cobre sobrante por medio de un baño químico.
- Perforación de agujeros para los terminales de los componentes.

#### **4.1.3 Ensamble del circuito**

Una vez perforado el circuito impreso, debemos instalar o colocar los componentes en el, con el fin de soldar sus terminales por el lado del cobre y así dar otro paso importante para la terminación de nuestro proyecto.

#### **4.1.4 Orden en el montaje de los componentes**

Para esta instalación, se tiene una tarjeta del circuito inversor de CC/c.a, una tarjeta de control automático y cargador de batería y un transformador de potencia.

Según el tamaño y forma de los componentes, debemos seguir un determinado orden con el fin de facilitar este paso y de que el circuito quede con una buena presentación estética.

Primero se instalan las resistencias de  $\frac{1}{4}$  de watt, siempre teniendo los valores correctos, luego los diodos de silicio, se debe tener cuidado en su polaridad para su funcionamiento correcto.

Luego los condensadores electrolíticos, teniendo cuidado de instalar el terminal positivo en el orificio del circuito impreso, condensadores cerámicos, el condensador poliéster, los diodos led.

Luego se instalan todos los transistores BJT, los transistores MOSFET y su radiador, los circuitos integrados. El transformador se coloca horizontalmente en la base del modulo.

Las interconexiones entre la tarjeta del circuito inversor de CC/c.a y la tarjeta del circuito de control y cargador de batería y transformador, se realiza a través de los conectores.

#### 4.1.5 Lista de componentes

##### Tarjeta de control automático y cargador de batería

R1 = 12K $\Omega$  a 1/4 watt.

R2 = 1.2K $\Omega$  a 1/4 watt.

R3 = 1.5 $\Omega$  a 1/4 watt.

R4 = 0.5  $\Omega$  a 1/4 watt.

R5 = 2.4K $\Omega$  a 1/4 watt.

R6 = 2.4K $\Omega$  a 1/4 watt.

R7 = 10K  $\Omega$  a 1/4 watt.

R8 = 1.2K  $\Omega$  a 1/4 watt.

R9 = 2.4K  $\Omega$  a 1/4 watt.

R10 = 1.2K  $\Omega$  a 1/4 watt.

D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8 = Diodos rectificadores de Si 1N4004

C1 = 1500 $\mu$ f electrolítico a 15 voltios.

C2 = 150 $\mu$ f electrolítico a 15 voltios.

RL1,RL2 = Relay de 12 voltios

Q1 = Transistores BJT BC547C.

Q2 = Transistores BJT BC337.

P1 = Resistencias variables de 50K $\Omega$ .

P2 = Resistencias variables de 100K $\Omega$ .

LM741 = Amplificador operacional

LM317 = Regulador de tensión.

Fus1 = Fusible de 02 amperios , 220 voltios.

TR1 = Transformador de 220/12Vc.a

L1, L2, L3 = Diodos LED.

RL1 y RL2 Relay de 12 voltios

### **Tarjeta del circuito inversor de CC/c.a**

- R11 = 12K $\Omega$  a 1/4 watt.
- R12 = 75 $\Omega$  a 1/4 watt.
- R13 = 1.2K $\Omega$  a 1/2 watt.
- R14 = 12K $\Omega$  a 1/2 watt.
- R15 = 10K $\Omega$  a 1/2 watt.
- R16 = 1.8K $\Omega$  a 1/2 watt.
- R17 = 1.2K $\Omega$  a 1/2 watt.
- R18 = 500 $\Omega$  a 1/4 watt.
- R19 = 1.2K $\Omega$  a 1/4 watt.
- R20 = 4.5K $\Omega$  a 1/4 watt.
- R21 = 4.5K $\Omega$  a 1/4 watt.
- R22 = 110 $\Omega$  a 1/4 watt.
- R23 = 110 $\Omega$  a 1/4 watt.
- R23 = 110 $\Omega$  a 1/4 watt.
- R24 = 110 $\Omega$  a 1/4 watt.
- R25 = 110 $\Omega$  a 1/4 watt.
- C3 = 330 $\mu$ f electrolítico a 15 voltios.
- C4 = 47 $\mu$ f Mylar a 15 voltios.
- C5 = 0.01 $\mu$ f cerámico a 15 voltios.
- C 6 = 2200 $\mu$ f electrolítico a 15 voltios.
- C7 = 0.22 $\mu$ f cerámico a 15 voltios

C8	=	0.22 cerámico a 15 voltios
C9	=	6800 $\mu$ f electrolítico a 25 voltios
DZ2	=	Diodo Zener de 9.1 voltios
DZ3	=	Diodo Zener de 9.1 voltios
Q4	=	Transistores BJT de Si, BC337
Q5	=	Transistores BJT de Si, BC547C
Q6	=	Transistores BJT de Si, BC337
MF1	=	Transistores MOSFET IRFZ 44 Canal N
MF2	=	Transistores MOSFET IRFZ 44 Canal N
LM555	=	Timer
TR2	=	Transformador de 220/12Vc.a
BAT	=	Batería de 12 voltios a 90 amperios.
P3	=	Resistencia variable de 500K $\Omega$

#### **4.2 Calibrado del UPS**

El primer paso que se debe realizar para la calibración del sistema, es la calibración de la tarjeta del Inversor de CC/a.c.

El circuito timer LM555 tiene una resistencia variable, con esta resistencia se calibra al circuito a la frecuencia de 60 Hz, con el osciloscopio se ve la forma de onda, y con el multímetro se mide los 220 voltios a.c.

El segundo paso es la calibración de la tarjeta del circuito de control automático, el instrumento que se utiliza es una fuente de alimentación regulada (variable) de 15 voltios, que reemplaza a la batería.

Al ajustar su resistencia variable del C.I LM741 se debe prender el led verde. Luego disminuyendo la fuente variable se debe prender el led amarillo.

Como la prueba no se realiza con tensión alterna, el led rojo permanecerá prendido.

Para comprobar la calibración del UPS, se conecta el sistema a la tensión alterna de 220 voltios, se conecta su batería de 12 voltios y como carga se conecta una lámpara eléctrica de incandescencia.

Cuando se desconecta la tensión alterna de la red, quedará prendido la lámpara aproximadamente 30 minutos.

### 4.3 Presupuesto del UPS

#### Presupuesto del control automático y cargador de batería

ITEM	DESCRIPCIÓN Y/o ESPECIFICACIÓN	CANT.	PRECIO UNIT. S/.	PRECIO TOTAL S/.
R1	12K $\Omega$ a 1/4 w resistencia	01	0.10	0.10
R2,R10	1.2K $\Omega$ a 1/4 w resistencia	02	0.10	0.20
R3	1.5 $\Omega$ a 1/4 w resistencia	01	0.10	0.10
R4	0.5 $\Omega$ a 1/4 w resistencia	01	0.10	0.10
R5,R6	2.4K $\Omega$ a 1/4 w resistencia	02	0.10	0.20
R7	10k $\Omega$ a 1/4 w resistencia	01	0.10	0.10
C1	1500 $\mu$ f,cond. Electro 15V.	01	2.00	2.00
C2	150 $\mu$ f,cond. Electro 15V.	01	1.00	1.00
D1,D2,D3 D4,D5,D6 D7,D8	1N4004, diodos rectificadores	08	0.30	2.40
Q1	BC547C Transistor BJT	01	0.40	0.40
Q2, Q3	BC337 Transistor BJT	02	0.40	0.80
P1	Resistencia variable 50K $\Omega$	01	1.50	1.50
P2	Resistencia variable 100K $\Omega$	01	1.50	1.50

LM741	Amplificador Operac.	01	2.50	2.50
LM317	Regulador de tensión	01	18.00	18.00
FUS1	Fusible de 2 Amp. 220 Voltios.	01	0.50	0.50
TR1	Transformador de 220/12 Voltios	01	10	10.00
L1,L2,L3	Diodos Led (Pequeños)	03	0.20	0.60
RL1,RL2	Relay de 12 Voltios	02	5.00	10.00

**COSTO TOTAL EN SOLES:            S/. 52.00**

**COSTO TOTAL EN DÓLARES:    \$ 15.07**

## Presupuesto del Inversor de C.C/c.a

ITEM	DESCRIPCION Y/o ESPECIFICACIONES	CANT	PRECIO UNIT. S/.	PRECIO TOTAL S/.
R11,R14	12K $\Omega$ a 1/4w resistencia	02	0.10	0.20
R12	75 $\Omega$ a 1/4w resistencia	01	0.10	0.10
R13,R17 R19	1.2K $\Omega$ a 1/4w resistencia	03	0.10	0.30
R15	10 K $\Omega$ a 1/4w resistencia	01	0.10	0.10
R16	1.8K $\Omega$ a 1/4w resistencia	01	0.10	0.10
R18	500 $\Omega$ a 1/4w resistencia	01	0.10	0.10
R20,R21	4.5K $\Omega$ a 1/4w resistencia	02	0.10	0.20
R22,R23, R24,R25	110 $\Omega$ a 1/4w resistencia	04	0.10	0.40
C3	330 $\mu$ f. Cond.a15V electr.	01	1.50	1.50
C4	0.47 $\mu$ f. a 15vol Mylar	01	2.00	2.00
C5	0.01 $\mu$ f. a 15vol cerámico	01	0.30	0.30
C6	2200 $\mu$ f. Cond.a15V electr	01	1.50	1.50
C7, C8	0.22 $\mu$ f. a 15vol cerámico	02	0.30	0.60
C9	6800 $\mu$ f.Cond a 25V electr.	01	1.50	1.50
DZ2,DZ3	Diodo Zener de 9.1 Voltio.	02	2.00	4.00
Q4 ,Q6	Transistores B.J.T BC337.	02	0.40	0.80
Q5	Transistores B.J.T BC547C	01	0.40	0.40

MF1,MF2	IRFZ44 Canal N Transistores MOSFET'S	08	3.50	28.00
LM555	Timer	01	1.00	1.00
TR2	Transformador de 9.1Voltios a 220 Voltios	01	50.00	50.00
BAT	Batería de 12 voltios a 90 Amperios.	01	120.00	120.00
P3	100KΩ Resistencia variable	01	1.50	1.50
	Otros	varios	70.00	70.00

**COSTO TOTAL EN SOLES: S/. 284.60**

**COSTO TOTAL EN DÓLARES \$ 82.49**

**PRESUPUESTO TOTAL:**

**COSTO TOTAL EN SOLES: S/. 336.60**

**COSTO TOTAL EN DÓLARES \$ 97.56**

T.C al comprar los componentes: 1\$ a S/. 3.45

## CONCLUSIONES

- 1.- Uno de los objetivos de esta tesis, es reemplazar por medio de este sistema UPS, al suministro de la energía eléctrica, cuando falla; y de esta forma proteger a equipos informaticos.
- 2.- La mayoría de UPS existentes en el mercado son del tipo ON-LINE, el flujo normal del suministro de energía es desde la entrada a través del cargador de batería, inversor, conmutador y salida. El inversor provee permanentemente la energía acondicionada que la carga requiere, mientras el funcionamiento del proyecto propuesto STANDBY, donde la carga esta siempre conectada a la línea. Cuando la potencia desde la línea falla, el inversor entrega energía desde la batería.
- 3.- El circuito de control automático fundamentalmente esta formado por un amplificador operacional, que está en su modo de comparador de tensión, para controlar la carga de la batería.
- 4.- Al realizar el diseño, se obtuvo valores de las resistencias que no son comerciales, en la implementación, he aproximado valores totalmente comerciales.
- 5.- La filosofía de diseño de este proyecto se ha basado en dispositivos análogos, discretos e integrados comerciales y de bajo costo.
- 6.- Para poner a punto, su funcionamiento del sistema propuesto, he

utilizado instrumentos y equipos así como el multímetro, generador de funciones, osciloscopio, fuente variable, etc.

- 7.- El proyecto es económico, dirigido a personas de menores recursos que desean proteger su información de sus PCs.
- 8.- El sistema por sus características de diseño y de implementación ha dado un resultado de un sistema fiable, confiable, sencillo y económico.

**A N E X O A**  
**DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS**

## BIBLIOGRAFIA

Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados  
D.L Schilling. Charles Belove.

Electrónica Integrada.  
J. Millan C.C. Halkias

Principios de Electrónica.  
A. P. Malvino

Circuitos Microelectronicos.  
Sedra/Smith.

Microelectrónica. Circuitos y sistemas analógicos y digitales.  
Jacob Millan.

Diseño electrónico. Circuitos y sistemas.  
Savant, Roden y Carpenter.

Electrónica de Potencia. Circuitos dispositivos y aplicaciones.  
Rashid.

Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores Operacionales.  
Robert F. Coughlin. Frederick F. Driscoll.

Microelectrónica Circuitos y Dispositivos  
Mark N. Horenstein.

Ingeniería de Control Moderna.  
K. Ogata.

Sistema de Control Automático.  
B.C. KUO

Electrónica Teoría de circuitos.  
Boylestad y Nashelsky.

Colección Circuitos Electrónicos Volúmenes I, II, III, IV.  
E.T.S de Ingenieros.

Revistas  
Mundo Electrónico.

Circuitos Integrados Lineales  
RCA Corporation.

Catalogo de Fabricantes de Semiconductores.  
National Semiconductor

Master Replacement Guide.  
Manual ECG.

Información  
INTERNET