

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE TECNOLOGIA

**CONSTRUCCION DE UN CIRCUITO DE LUCES DE SEIS
CANALES ACCIONADAS POR SONIDO
(LUCES AUDIORITMICAS)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TECNÓLOGO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**JUAN CARLOS MALATAXI AMAGUA
ALEXIS PAÚL CRUZ NICOLALDE**

DIRECTOR: ING. PABLO LÓPEZ

Quito, Enero 2007

DECLARACIÓN

Nosotros, Juan Carlos Malataxi y Alexis Paúl Cruz Nicolalde, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente

Juan Carlos Malataxi

Alexis Cruz

CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por Juan Carlos Malataxi Amagua y Alexis Paúl Cruz Nicolalde bajo mi supervisión.

**ING. PABLO LOPEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO**

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Pablo López que supo guiarnos de manera correcta en el desarrollo de este proyecto.

A nuestros padres por todo su apoyo y comprensión.

DEDICATORIA

A nuestros Padres,
Por su comprensión y paciencia,
En el tiempo de nuestra carrera estudiantil,
Para culminarla con éxito.

A todos nuestros amigos,
Por ese apoyo leal y desinteresado.

CONTENIDO

CONSTRUCCION DE UN CIRCUITO DE LUCES DE 6 CANALES ACCIONADAS POR SONIDO (LUCES AUDIORITMICAS)

CAPITULO I : MARCO TEORICO

1.1	Introducción.....	1
1.2	Fuente de alimentación no regulada.....	2
1.3	El Micrófono.....	3
1.3.1	Características de los micrófonos.....	4
1.3.1.1	La sensibilidad.....	4
1.3.1.2	Respuesta direccional de micrófonos.....	5
1.4	Amplificador Operacional.....	6
1.5	Filtros Activos.....	7
1.5.1	Características de la respuesta de un filtro.....	9
1.5.2	Introducción al filtro butterworth.....	10
1.5.3	Filtro Pasa Bajas Básico.....	11
1.5.3.1	Filtro butterworth de -20 db/décadas.....	11
1.5.3.2	Diseño del filtro.....	13
1.5.3.3	Respuesta del filtro.....	14
1.5.3.4	Procedimiento de diseño.....	14
1.5.4	Filtro Pasa Altos Básico.....	15
1.5.4.1	filtro butterworth de -20 db/décadas.....	15
1.5.4.2	Procedimiento de diseño.....	17
1.5.5	Filtro Pasa Banda Básico.....	17
1.5.5.1	Respuesta a la frecuencia.....	17
1.5.5.2	Ancho de banda.. ..	18
1.5.5.3	Factor de calidad.....	19
1.5.5.4	Filtros con realimentación múltiple y de banda ancha.....	19
1.5.6	Filtro con Realimentación Múltiple o de Banda Angosta.....	20

1.6	Opto-acopladores.....	24
1.6.1	Funcionamiento del Opto-acoplador.....	25
1.7	Tiristor, Triac.....	27

CAPITULO II: CONTRUCCION DEL CIRCUITO

2.1	Introducción.....	29
2.2	Concepto de Frecuencias.....	30
2.3	Rango de Frecuencias.....	35
2.4	Diagrama de Bloques del circuito.....	36
2.5	Explicación del funcionamiento del circuito.....	37
2.6	Fuente de poder.....	37
2.7	Tarjeta o circuito principal.....	39
2.8	Entrada de Audio.....	39
2.8.1	El Micrófono.....	40
2.8.2	Circuito Pre-amplificador.....	41
2.9	Sistema de Canales.....	42
2.9.1	Diagrama de bloques.....	43
2.9.2	Filtro Activo Selector.....	44
2.9.3	Diseño del Filtro.....	45
2.9.3.1	Diseño del filtro con realimentación múltiple.....	45
2.9.3.2	Procedimiento de cálculo.....	46
2.9.3.3	Filtro pasa banda para frecuencias bajas (canal 1).....	48
2.9.3.4	Filtro pasa banda para frecuencias bajas (canal 2).....	48
2.9.3.5	Filtro pasa banda para frecuencias medias (canal 3).....	49
2.9.3.6	Filtro pasa banda para frecuencias medias (canal 4).....	50
2.9.3.7	Filtro pasa para frecuencias medias (canal 5).....	50
2.9.3.8	Diseño del Filtro pasa alto.....	51
2.9.3.9	Filtro pasa alto (canal 6).....	52
2.9.4	Circuito de potencia.....	52
2.9.4.1	Opto-Acoplador.....	53
2.9.4.2	Triac.....	53
2.9.4.3	Colocación de Luces.....	54
2.10	Diagrama del circuito del proyecto.....	55

CAPITULO III : PRUEBAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Operación.....	56
3.2 Disposición de las luces.....	56
3.3 Conexiones de entrada y salida.....	57
3.4 Ensamble final.....	58
3.5 Diagrama de Ensamblaje.....	59
3.6 Aplicaciones.....	60
3.7 Que hacer si no funciona.....	60

CAPITULO IV: LISTA DE COMPONENTES

4.1 Fuente de Poder.....	62
4.2 Circuito Principal.....	63
4.2.1 Entrada de la Señal de Audio y Pre-Amplificación.....	63
4.2.2 Filtro Activos Selectores.....	63
4.2.3 Circuito de Potencia.....	64
4.2.4 Circuitos Integrados.....	64

ANEXOS

1. EL CIRCUITO INTEGRADO LM324.....	65
2. PARAMETROS DE LOS OPTO-ACOPLADORES: MOC 3021.....	70
3. PARAMETROS DEL TRIAC: SC140D.....	74
4. FOTOS DEL PROYECTO.....	78

RESUMEN

El presente proyecto, busca facilitar el estudio en forma generalizada y especificada del circuito práctico, así como el funcionamiento de los elementos electrónicos que componen el mismo, dispuestos a nuestra consideración, por lo cual se hizo un análisis de las características de cada uno de los elementos en cuestión.

Se estudio las bandas de frecuencias del espectro audible, verificando como se encuentran distribuidas las diferentes bandas de frecuencias que podrían utilizarse para el desarrollo de nuestro proyecto.

Con el análisis obtenido se pudo obtener mucha información y así lograr tener un criterio adecuado para otras aplicaciones, analizando así sus características técnicas, bandas de frecuencias del espectro audible y la ventaja que ofrecen. Para concluir, se recomienda un criterio de cual es la mejor opción para realizar un proyecto de esta naturaleza.

PRESENTACION

Nuestra intención ha sido mostrar lo fácil que es utilizar estos tipos de elementos electrónicos y también lo divertido que puede resultar el trabajo con ellos. Por lo tanto hemos presentado un circuito en el cual se ha podido conocer aun más el desempeño de cada elemento en cuestión.

Hemos mantenido nuestro objetivo de simplificar el proceso de aprendizaje de las aplicaciones relacionadas con circuitos como filtros, potencias, amplificación, etc. Sin embargo también hemos procurado que esta obra refleje un entendimiento fácil de comprensión.

El material presente se encuentra dispuesto de manera que resulte útil tanto para estudiantes como para la consulta de personas especialistas del área. Ya que el proyecto relaciona el uso de la electrónica como pilar fundamental para el entendimiento del mismo.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1 INTRODUCCIÓN

Los conceptos fundamentales de cada elemento es importante conocer pues nos da la idea de su funcionamiento y aplicación de acuerdo a la necesidad.

El proyecto esta constituido por dos tarjetas electrónicas claramente definidas, la fuente de poder y el circuito principal. Las características de cada tarjeta en discusión que se van a utilizar se mencionara a continuación.

La fuente de poder, el cual es el dispositivo que va alimentar con cierto voltaje determinado al circuito principal para que este funcione de forma adecuada.

El circuito principal posee un micrófono que permite el ingreso de la señal de entrada de audio, un amplificador el mismo que amplifica esta señal, un sistema de canales con un número total de seis filtros: pasa bajos, pasa banda, pasa altos.

Cada uno de los canales está constituido por un filtro (cada filtro posee un rango de frecuencia) y un circuito de potencia, para que puedan encenderse las luces en su respectivo canal.

El circuito de potencia esta conformada por un opto-acoplador y un triac, quienes son los responsables para el encendido y apagado de las luces existentes en cada canal.

Para que el circuito funcione, cada uno de los canales toma la señal generada por el micrófono luego de ser amplificada y dependiendo de la frecuencia que esos posean se activara cada circuito de potencia y por ende se encenderán las lamparas respectivas.

1.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN BIPOLAR O POSITIVA Y NEGATIVA

Para su funcionamiento, muchos de los dispositivos electrónicos necesitan voltajes de cd. La fuente de alimentación de la que se dispone con mayor facilidad es el contacto de pared de 110 V ca y 60 Hz al circuito mediante el cual se convierte este voltaje de ca en un voltaje de cd, se le conoce como *fuentes de alimentación de cd*.

Muchos dispositivos electrónicos requieren de voltajes de alimentación positivos (+) y negativos (-). Éstos se miden en relación con una tercera terminal común (o conectada a tierra). Para obtener un voltaje positivo y negativo se utiliza un transformador con dos devanados secundarios, o bien un devanado secundario con derivación central.

“En la figura 1.1 se muestra un transformador con valores nominales de 110V/24V DC (derivación central). Los diodos D_1 y D_2 hacen que la terminal 1 sea positiva en relación con la derivación central (DC). Los diodos D_3 y D_4 hacen que la terminal 2 sea negativa con respecto a la derivación central. Los voltajes de cd sin carga poseen una ecuación: $V_{DC} = \frac{V_m}{1 + \frac{1}{4\pi Fc}}$. Los capacitores C_1 y C_2 filtran

los voltajes de alimentación positivo y negativo, respectivamente.”¹

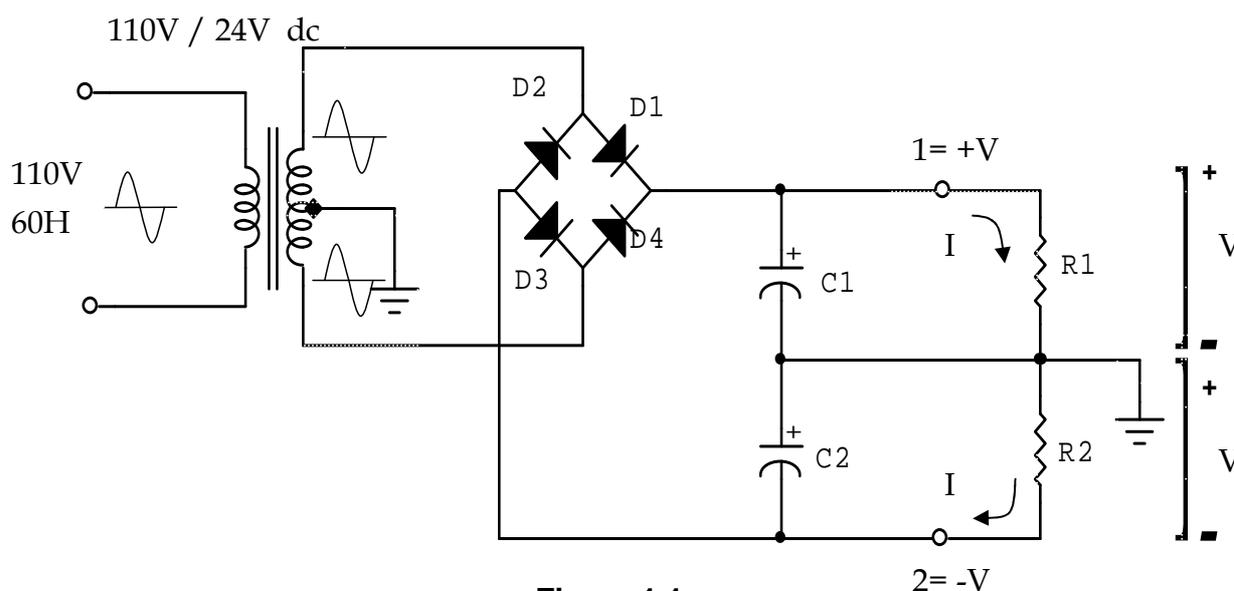


Figura 1.1

Fuente de alimentación bipolar o positiva y negativa

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

1.3 EL MICROFONO



“El micrófono es un transductor electroacústico que transforma ondas sonoras en señales eléctricas. Recibe la presión sonora en su membrana (o diafragma), y la envía sobre un convertidor mecánico-eléctrico que la transforma en señal eléctrica.”²

Esta señal, una vez manipulada de manera conveniente, se puede volver a escuchar por medio de altavoces o auriculares o en el caso mediante filtros poder encender bombillos mediante un circuito de potencia.

Si no hay sonido, no se genera señal eléctrica.

1.3.1 Características de los micrófonos

Los micrófonos poseen varias características que son las que van a definir sus posibilidades de uso en diferentes situaciones.

1.3.1.1 La sensibilidad

“La *sensibilidad* nos indica la capacidad de un micrófono para captar sonidos débiles, de poca intensidad. Es la presión sonora que hay que ejercer sobre el diafragma para que nos proporcione señal eléctrica.”²

El sonido tiene una la gama de frecuencias estándar entre 20 y 20000 Hz. para el espectro audible del ser humano.

² Ignasi C. David; Tecnología del sonido; Cuarta edición; 2001.

Existen también sonidos cuya frecuencia es inferior a 20 Hz se llaman infrasonidos. y sonidos cuya frecuencia superior a 20000 Hz se les llama ultrasonidos.

Los mejores micrófonos producen en general intensidades débiles de señal. El voltaje típico de salida es de cerca de 1 mV.

La sensibilidad del micrófono también se define como la salida de audio para una presión estándar de sonido a una frecuencia de 1 000 Hz.

El nivel de salida se especifica en *decibeles* por abajo del nivel de referencia de 1V.

Los decibeles (dB) son unidades para comparar dos niveles de voltaje o potencia como el logaritmo de su razón.

“La razón de unidades decibel a la referencia de 1 V se indica como dBV. Ya que todos los micrófonos tienen salida mucho menos de 1 V, su sensibilidad nominal es en números negativos de dBV. El signo negativo significa que la salida es menor que el valor de referencia de 1 V.”²

Por ejemplo una salida de 1 mV, o 0.001 V, es igual a -60 dBV.

$$dBV = -20 \log \frac{1V}{1mV} = -60dBV$$

Es importante darse cuenta que cuanto mayor sea el valor nominal -dBV menor será la magnitud del voltaje de salida.

Cada aumento de -6 dBV corresponde a un medio del voltaje. Por ejemplo -66 dBV es igual a 0.5 mV, o un medio de 1 mV.

² Ignasi C. David; Tecnología del sonido; Cuarta edición; 2001.

1.3.1.2 Respuesta direccional de micrófonos

En la figura 1.2 se muestran los patrones típicos de respuesta direccional del micrófono.

“Un micrófono **omnidireccional** capta el sonido de todas las direcciones, como se muestra por el patrón circular **a**.

La respuesta **bidireccional** **b** capta sonidos de dos direcciones opuestas.

La respuesta **monodireccional** **c** se llama patrón de *cardioide* porque tiene la forma de un corazón.”²

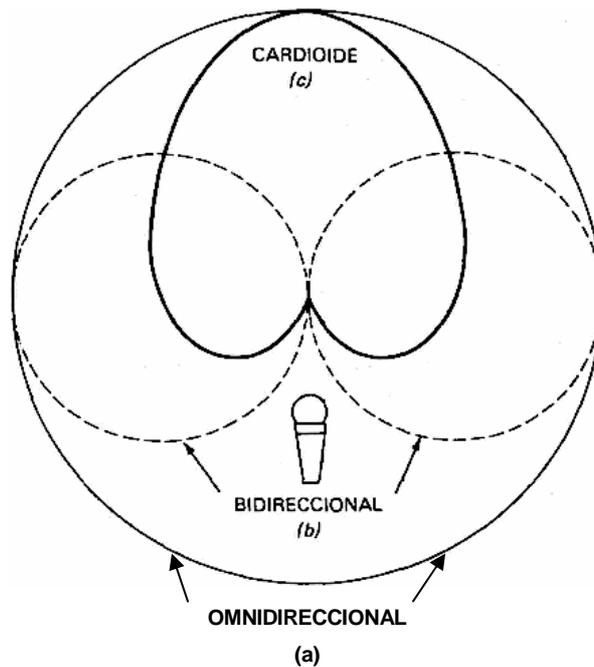


Figura 1.2

Patrones direccionales de respuesta de micrófono.

² Ignasi C. David; Tecnología del sonido; Cuarta edición; 2001.

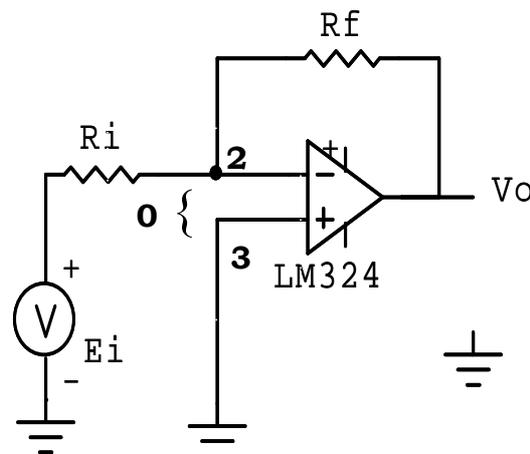
1.4 EL AMPLIFICADOR

El amplificador es un circuito que amplifica la señal de entrada manteniendo la misma forma y la misma frecuencia.

El lazo cerrado con retroalimentación negativa se muestra en *la figura 1.3* para un amplificador inversor en el que el voltaje de salida **Vo** tiene la polaridad opuesta al voltaje de entrada **Ei**. El resistor de retroalimentación **Rf** se combina con el resistor **Ri** para determinar la ganancia total del voltaje del circuito.

Para entender cómo funciona esto es indispensable conocer:

- “El voltaje de entrada diferencial V_{dif} es virtualmente cero, de forma que el voltaje en el terminal de entrada invertido es igual al voltaje en el terminal de entrada no invertido que esta conectado a tierra.
- La corriente de entrada del amplificador operacional, es virtualmente cero.”¹



$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} = -\frac{V_o}{E_i}$$

Figura 1.3

Amplificador Operacional Inversor

El Amplificador inversor el **Vo** y **Ei** tienen polaridades opuestas para señales de **cd**, fases opuestas para señales de **ca**.

Los resistores externos **Rf** y **Ri** se combinan para producir una retroalimentación negativa, haciendo que la ganancia general de voltaje de lazo cerrado **Av** sea menor que la ganancia de voltaje de lazo abierto **Avo**.

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

1.5 FILTROS ACTIVOS

Los filtros son circuitos que permiten el paso de una determinada banda de frecuencias mientras atenúan todas las señales que no estén comprendidas dentro de esta banda. Existen filtros activos y pasivos.

Los *filtros pasivos* sólo tienen resistencias, inductores y capacitores.

En los *filtros activos*, que serán los únicos de los que se tratará en esta tesis, utilizan transistores o amplificadores operacionales además de resistencias, inductores y capacitores. Los inductores no se emplean mucho en los filtros activos pues son voluminosos, caros y a veces tienen componentes resistivas de elevada magnitud.

Existen cuatro tipos de filtros: *pasa bajos*, *pasa altos*, *pasa banda* y de *eliminación de banda* (también conocidos como de *rechazo de banda* o de *muesca*). En la *figura 1.4* se pueden observar las gráficas de la respuesta a la frecuencia de estos cuatro tipos de filtros.

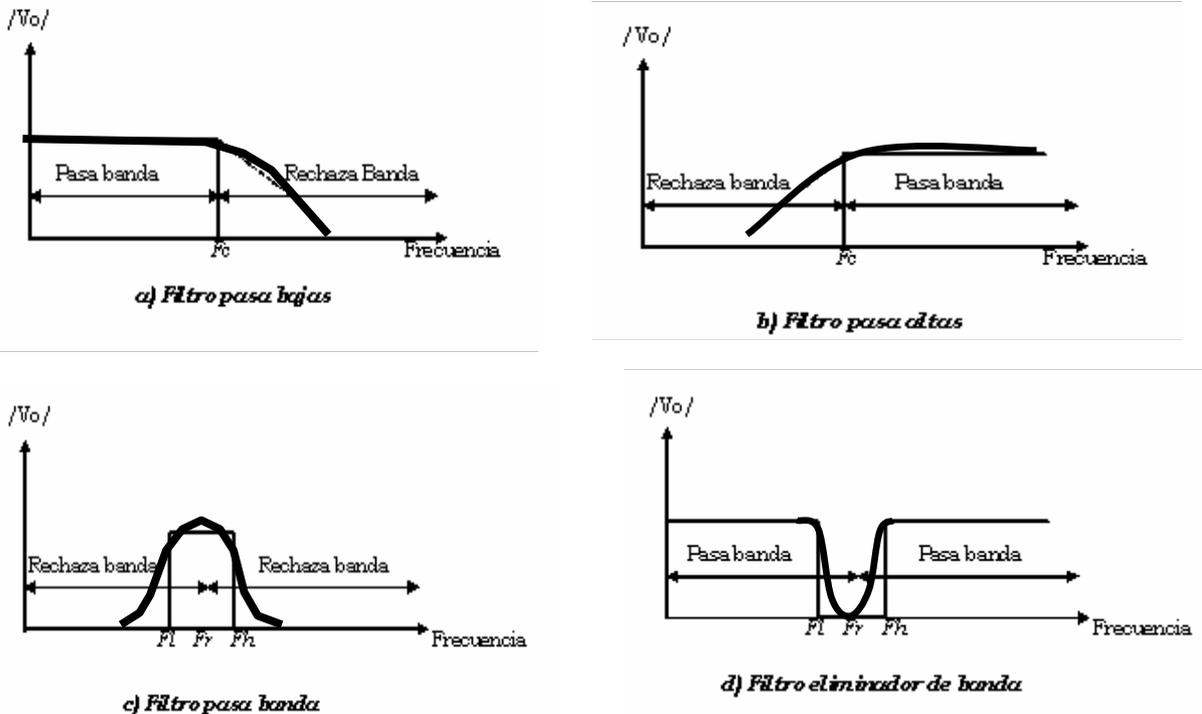


Figura 1.4

El filtro pasa bajos es un circuito cuyo voltaje de salida es constante, desde $\omega = 0$ hasta llegar a cierta *frecuencia de corte*, f_c . Conforme la frecuencia va aumentando por arriba de f_c , el voltaje de salida se atenúa (disminuye).

“La figura (a) es una gráfica de la magnitud del voltaje de salida de un filtro pasa bajos en función de la frecuencia. La línea continua corresponde a la gráfica de un filtro pasa bajos ideal; las líneas continuas gruesas indican las curvas correspondientes a filtros pasa bajos reales. El rango de frecuencias *transmitidas* se conoce como ancho de banda. El rango de frecuencias *atenuadas* se conoce como *banda de rechazo*. La frecuencia de corte, f_c se conoce también como frecuencia 0.707, frecuencia de -3 dB, frecuencia de esquina o frecuencia de ruptura.”¹

Los filtros pasa altos atenúan el voltaje de salida de todas las frecuencias que están por debajo de la frecuencia de corte, f_c . Para frecuencias superiores a f_c la magnitud del voltaje de salida es constante.

En la figura (b) se aprecian las gráficas del filtro pasa altos ideal y real. La línea continua corresponde a la curva ideal, en tanto que la línea continua gruesa muestra la diferencia de los filtros pasa altos reales de la situación ideal.

Los filtros pasa banda sólo dejan pasar una banda de frecuencias mientras atenúan las demás frecuencias que están fuera de la banda.

Los filtros de eliminación de banda funcionan justamente de la forma contraria; es decir, los filtros de eliminación de banda rechazan determinada banda de frecuencias, en tanto que pasan todas las frecuencias que no pertenecen a la banda.

En la figura (c) y (d) se muestran las gráficas de respuesta a la frecuencia características de filtros pasa banda y de eliminación de bandas. También en este caso la línea continua representa la gráfica ideal y la línea continua gruesa, las curvas reales.

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

Los filtros son parte fundamental de los circuitos electrónicos y se utilizan en aplicaciones que van de los circuitos de audio a los sistemas de procesamiento de señales digitales.

1.5.1 Características de la respuesta de un filtro

Cada tipo de respuesta (pasa bajos, pasa altos, pasa banda o supresor de banda) puede diseñarse mediante valores de componentes del circuito a fin de tener una característica Butterworth, Chebyshev o Bessel. Cada una de estas características se identifica por la forma de la curva de respuesta y cada una tiene una ventaja en ciertas aplicaciones.

Las características de respuesta Butterworth, Chebyshev o Bessel pueden realizarse con casi todas las configuraciones de circuito para filtros activos mediante la selección apropiada de ciertos valores de componentes.

En *la figura 1.5* se muestra una comparación general de las tres características de respuesta para una curva de respuesta pasa bajos. También es posible diseñar filtros pasa-altos y pasa-bandas que tengan cualquiera de las tres características.

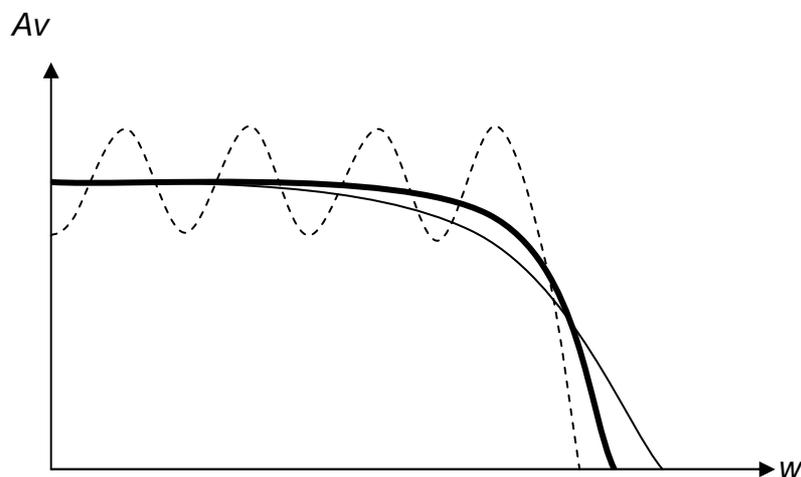


Figura 1.5

Gráfica comparativas de tres tipos de características de respuesta de filtros.

- **Butterworth**
- **Bessel**
- **Chebyshev**

1.5.2 Introducción al filtro butterworth

En diversas aplicaciones de los filtros se necesita que la ganancia en lazo cerrado se aproxime lo más posible a 1 dentro de la banda de paso, esta aproximación es cuando el amplificador operacional se utiliza como amplificador de ganancia unitaria. Para este tipo de aplicación lo mejor es el *filtro Butterworth*. A este tipo de filtro también se le conoce como filtro *máximamente plano* o *plano-plano*. Todos los filtros utilizados serán del tipo Butterworth. En *las figuras 1.6 y 1.7* se muestra la respuesta a la frecuencia ideal (línea continua) y la respuesta a la frecuencia real (líneas punteadas) de tres tipos de filtros Butterworth. Conforme las atenuaciones se van volviendo más pronunciadas, podemos ver que se aproximan más al filtro ideal.

“Los filtros Butterworth no se diseñan para mantener un ángulo de fase constante en la frecuencia de corte. Para el filtro pasa bajas básico de -20 dB/década tiene un ángulo de fase de -45° en la frecuencia W_c . El filtro Butterworth de -40 Vd./década tiene un ángulo de fase de -90° en el valor W_c y el filtro de -60 dB/década tiene un ángulo de fase de -135° en W_c . Por lo tanto, por cada aumento de -20 dB/década, el ángulo de fase aumenta en -45° en el valor W_c .”¹

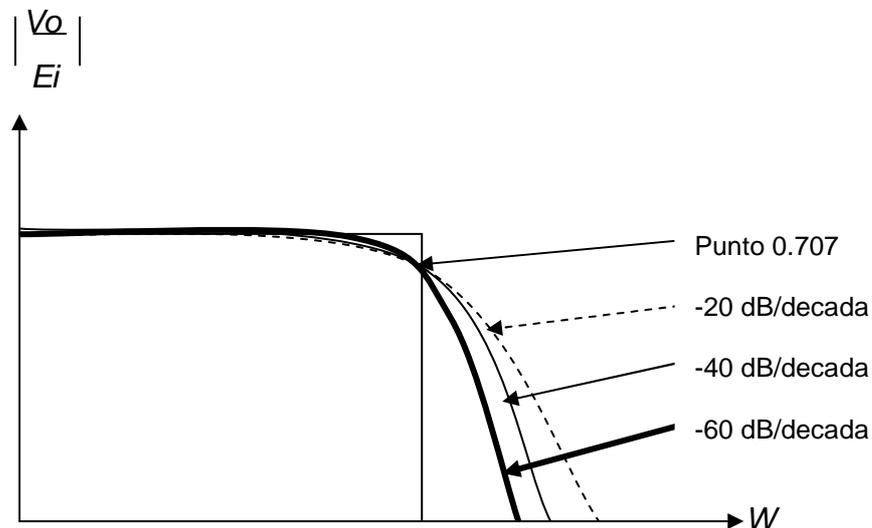


Figura 1.6

Comparación de la respuesta a la frecuencia de tres filtros pasa altas Butterworth.

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

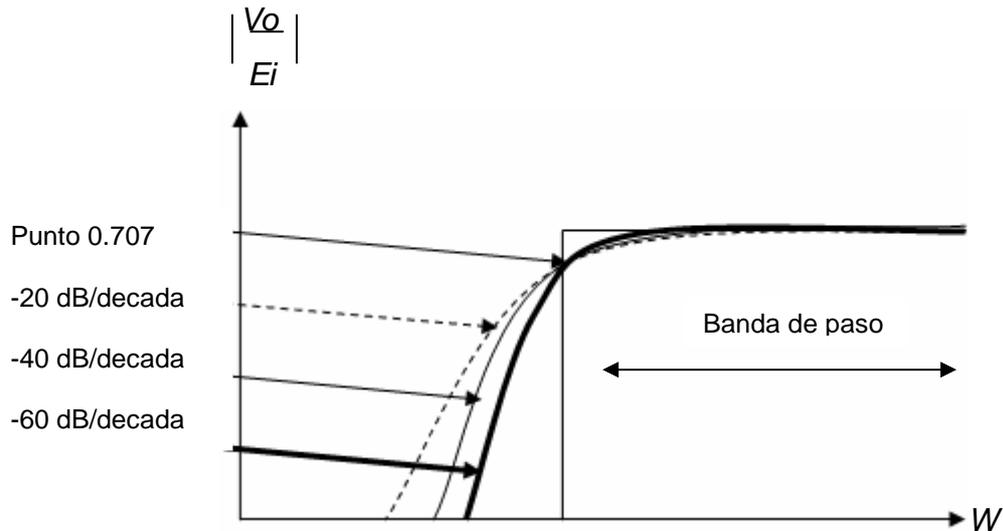


Figura 1.7

Comparación de la respuesta a la frecuencia de tres filtros pasa altas Butterworth.

1.5.3 FILTRO PASA BAJOS BÁSICO

1.5.3.1 filtro butterworth de -20 db/décadas

El circuito de la *figura 1.8* es un filtro activo pasa bajos muy utilizado. El filtrado se realiza en el circuito RC y el amplificador operacional se utiliza como amplificador de ganancia unitaria.

El valor de la resistencia R_f es igual a R y se incluye para el desvío de cd . (En cd la reactancia capacitiva es infinita y la trayectoria de la resistencia de cd a tierra de las dos terminales de entrada debe ser igual).

El voltaje diferencial entre las terminales 2 y 3 es esencialmente 0 V. Por lo tanto, el voltaje que corre por el capacitor C es igual al voltaje de salida, V_o , debido a que este circuito es un seguidor de voltaje. E_j se divide entre R y C .

El voltaje del capacitor es igual a V_o y se expresa de la siguiente manera:

$$V_o = \frac{1/jWC}{R + 1/jWC} \times E_i \quad (1.1)$$

En la que W es la velocidad angular de E_i en radianes por segundo ($W = 2\pi f$)
y j es igual a $\sqrt{-1}$

La ganancia de voltaje en lazo cerrado, A_{cl} , es:

$$A_{cl} = \frac{V_o}{E_i} = \frac{1}{1 + jWRC} \quad (1.2)$$

Para mostrar que el circuito de la *figura 1.8* es un filtro pasa bajos, observe la variación de A_{cl} en la *ecuación 1.2* conforme varía la frecuencia.

“A frecuencias muy bajas, es decir, conforme W se aproxima a 0, $|A_{cl}| = 1$, en tanto que a frecuencias muy altas, conforme W se aproxima a un valor infinito, $|A_{cl}| = 0$ (El signo de valor absoluto, $|\bullet|$, (indica que se toma en cuenta sólo la magnitud de un valor).”¹

La *figura 1.9* es una gráfica de $|A_{cl}|$ en función de W y muestra que para frecuencias mayores a la frecuencia de corte, W_c , $|A_{cl}|$ disminuye con una pendiente de 20 dB/década. Esto equivale a decir que la ganancia de voltaje se divide entre 10 cuando la frecuencia de W aumenta 10 veces.

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

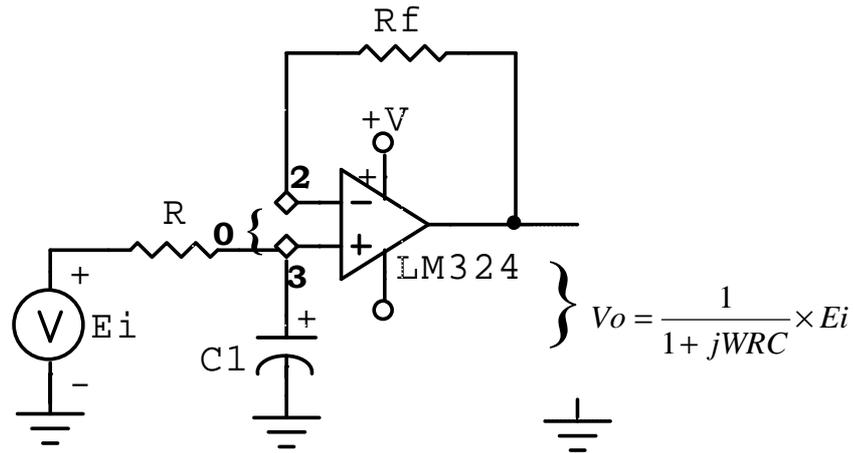


Figura 1.8

Configuración del filtro Pasa Bajas

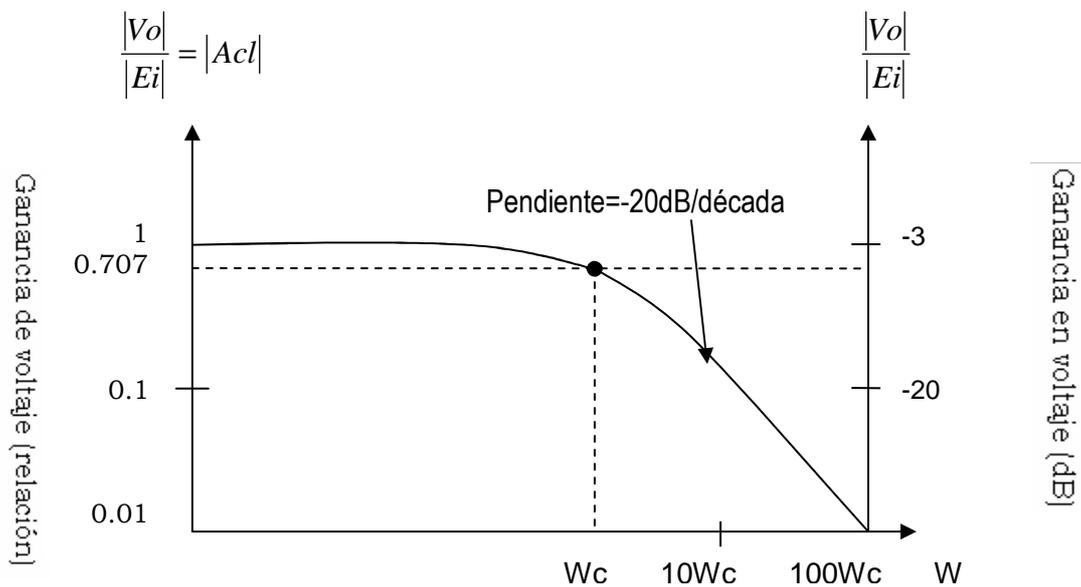


Figura 1.9

Gráfica de respuesta de frecuencia

1.5.3.2 Diseño del filtro

“La frecuencia de corte, W_c , se define como la frecuencia de E_i en la que el $|A_{cl}|$ reduce a 0.707 veces su valor de baja frecuencia. La frecuencia de corte se calcula mediante la expresión:”¹

$$W_c = \frac{1}{RC} = 2\pi F_c \quad (1.3)$$

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

En la que W_c es la frecuencia de corte en radianes por segundo, f_c es la frecuencia de corte en hertz, R esta expresada en ohmios y C en farads.

Resolviendo R esta ecuación queda finalmente así:

$$R = \frac{1}{W_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C} \quad (1.4)$$

1.5.3.3 Respuesta del filtro

Para calcular el valor de A_{CL} para la frecuencia W_c en la ecuación anterior se sustituye $WRC = 1$

$$A_{cl} = \frac{1}{1 + j1} = \frac{1}{\sqrt{2} \angle 45} = 0.707 \angle -45 \quad (1.5)$$

Por lo tanto, la magnitud de A_{cl} para la frecuencia W_c es:

$$|A_{cl}| = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707 = -3dB \quad (1.6)$$

y el ángulo de fase es de -45° .

La curva de trazo continuo de la *figura 1.9* muestra cómo se desvía la magnitud de la respuesta real con la frecuencia respecto de la aproximación de la línea recta punteada en las proximidades de W_c .

“En el valor $0.1 W_c$, $|A_{cl}| = 1(0dB)$ y a $10 W_c$, $|A_{cl}| = 0.1(-20dB)$.”¹

1.5.3.4 Procedimiento de diseño

“Para diseñar un filtro pasa bajos como el de la figura se sigue tres pasos:

- Se escoge la frecuencia de corte, ya sea W_c o f_c
- Se escoge la capacitancia C , por lo general un valor entre 0.001 y $0.1 \mu f$
- Se calcula R ”¹

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

1.5.4 FILTRO PASA ALTOS BÁSICO

1.5.4.1 filtro butterworth de -20 db/décadas

Los filtros pasa altos son circuitos que atenúan todas las señales cuya frecuencia esta por debajo de una frecuencia de corte específica, W_c , y pasa todas aquellas señales cuya frecuencia es superior a la frecuencia de corte.

Es decir; el filtro pasa altos funciona en la forma contraria al filtro pasa bajos.

El diseño de los filtros pasa altos se hará de igual manera que el de los filtros pasa bajos. De hecho, la única diferencia será la posición de las capacitancias y resistencias de filtrado.

Compare el filtro pasa altos de *la figura 1.10* con el filtro pasa bajos de *la figura 1.8* anterior y observe que tanto C como R están invertidas.

Se incluye la resistencia de retroalimentación, R_f a fin de reducir el desvío de cd.

“Dado que en la *figura 1.10* el amplificador operacional se conecta como seguidor de ganancia unitaria, el voltaje de salida V_o es igual al voltaje que pasa por R , y se expresa de la siguiente manera:”¹

$$V_o = \frac{1}{1 - j\left(\frac{1}{WRC}\right)} \times E_i \quad (1.7)$$

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

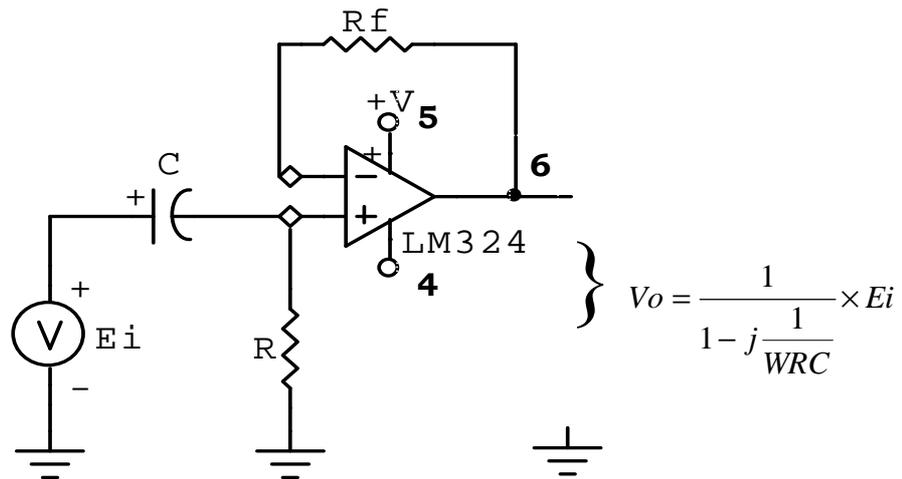


Figura 1.10

Filtro pasa bajas con una atenuación de -20 dB/década

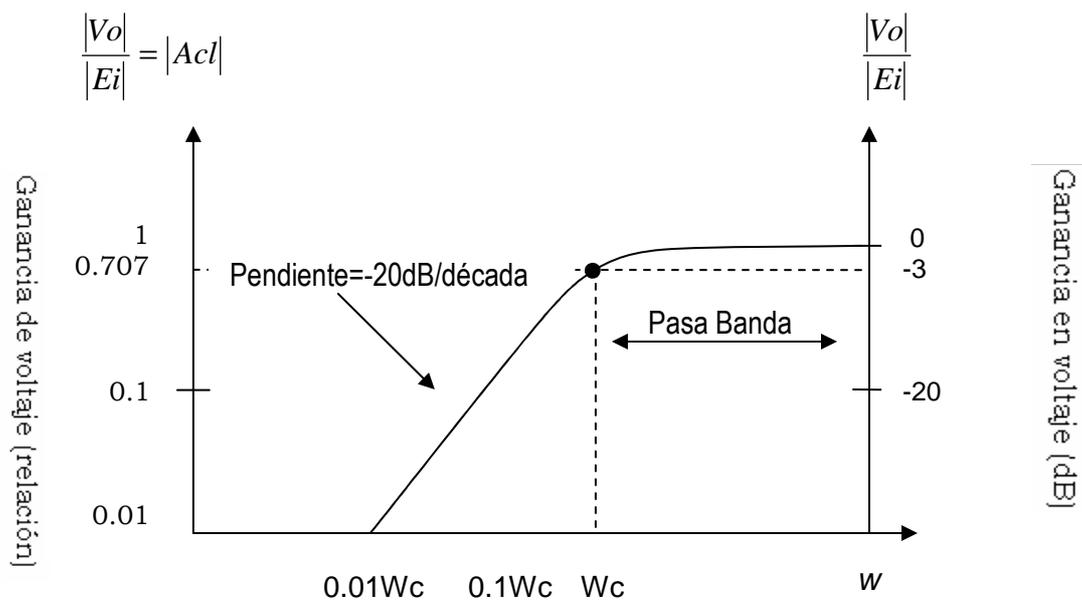


Figura 1.11

Grafica de respuesta de frecuencia

Cuando Wc se aproxima al valor de 0 rad/s en la ecuación 1.7, V_o se acerca a 0 V. A frecuencias altas, conforme w se aproxima a un valor infinito, V_o lo hace a Ei . Dado que el circuito no es un filtro ideal, la respuesta a la frecuencia no es ideal, como se puede observar en la figura 1.11. La línea continua es la de la respuesta real. Las líneas punteadas muestran la aproximación a una línea recta. La magnitud de la ganancia en lazo cerrado es igual a 0.707 cuando $WRC = 1$.

Por lo tanto, la frecuencia de corte se expresa de la siguiente manera:

$$W_c = \frac{1}{RC} = 2\pi F_c \quad (1.8)$$

o

$$R = \frac{1}{W_c C} = \frac{1}{2\pi F_c C} \quad (1.9)$$

La razón de haber resuelto para R y no para C en la *ecuación 1.8* es que resulta más fácil ajustar R que C . Los pasos que hay que dar para diseñar *la figura 1.10* son los siguientes:

1.5.4.2 Procedimiento de diseño

- “Defina una frecuencia de corte, W_c o F_c .
- Defina un valor adecuado de C , por lo general comprendido entre 0.001 y 0.1 μF .
- Calcule R mediante la ecuación.
- Haga $R_f = R$ ¹

1.5.5 FILTROS PASA BANDA BASICO

1.5.5.1 Respuesta a la frecuencia

Los filtros pasa banda son selectores de frecuencia. Permiten a uno elegir o pasar sólo una determinada banda de frecuencias de entre todas las frecuencias que puede haber en un circuito. En la *figura 1.12* se muestra la respuesta de frecuencia normalizada de este filtro. Este tipo de filtros tiene una ganancia máxima en la frecuencia resonante, f_r . En este numeral todos los filtros pasa banda tendrán una ganancia de 1, o de 0 dB, para la frecuencia f_c . Sólo existe una frecuencia inferior a f_r , en cuyo caso la ganancia disminuye hasta 0.707. Se trata de la *frecuencia de corte inferior, f_l* . En el caso de la *frecuencia de corte*

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

superior, la ganancia también es 0.707, como en la *figura 1.12*

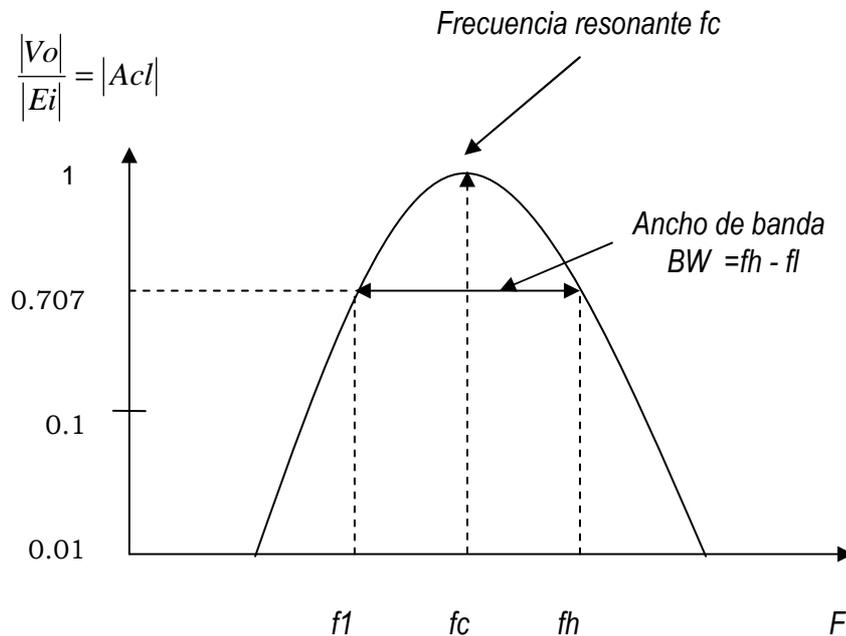


Figura 1.12

Grafica de respuesta de filtro Pasa Banda

La ganancia máxima del filtro pasa banda se da en la frecuencia resonante f_c . La banda de frecuencia transmitida esta entre f_l y f_h .

1.5.5.2 Ancho de banda

Al rango de frecuencias comprendidas entre f_l y f_h se le conoce como *ancho de banda*, BW .

$$BW = f_h - f_l \quad (1.10)$$

El ancho de banda no se encuentra centrado justamente en la frecuencia resonante. (Por ello se utiliza el nombre tradicional de *frecuencia de resonante* y no el de *frecuencia central* para referirnos a f_r o f_o).

Si se conocen los valores de f_l y de f_h , la frecuencia resonante se calcula mediante la siguiente expresión:

$$f_r = \sqrt{f_l f_h} \quad (1.11)$$

Si se conoce la frecuencia resonante, f_r , y el ancho de banda, B , mediante la siguiente ecuación se calculan las frecuencias de corte:

$$f_l = \sqrt{\frac{B^2}{4} + f_r^2} - \frac{B}{2} \quad (1.12)$$

$$f_h = f_l + B \quad (1.13)$$

1.5.5.3 Factor de calidad

El factor de calidad, Q , se define como la relación entre la frecuencia resonante y el ancho de banda, es decir,

$$Q = \frac{f_r}{B} \quad (1.14)$$

Q es la medida de la *selectividad* del filtro pasa banda. Un valor elevado de Q indica que el filtro selecciona una banda de frecuencias más reducidas (más selectivo).

1.5.5.4 Filtros con realimentación múltiple y de banda ancha

Los filtros de *banda ancha* tienen un ancho de banda cuyo valor es dos o más veces la frecuencia resonante. Es decir, ($Q < 0.5$) en el caso de los filtros de banda ancha. En general, los filtros de banda ancha se construyen conectando en cascada el circuito de un filtro pasa bajas con un circuito de filtro pasa altas. Por lo general, el filtro de banda angosta ($Q > 0.5$) se construye de una sola etapa. Este tipo de filtro se presenta mas adelante.

1.5.6 FILTRO PASA BANDA CON REALIMENTACIÓN MÚLTIPLE O DE BANDA ANGOSTA

Existe otro tipo de configuración de un filtro, mostrada en la siguiente *figura 1.14* es un filtro pasa banda con realimentación múltiple. Las dos trayectorias de realimentación son a través de R_2 y C_1 . Los componentes R_1 y C_1 proporcionan la respuesta pasa bajos, y los componentes R_2 y C_2 proporcionan las respuestas pasa altos. La ganancia máxima, A_0 , se tiene en la frecuencia central. En este tipo de filtro son típicos valores de Q menores que 10.

“A continuación se establece una expresión para calcular la frecuencia de resonancia, observando que R_1 y R_3 aparecen en paralelo, vistos desde la trayectoria de realimentación C_1 .”³

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(R_1 \parallel R_3)R_2C_1C_2}} \quad (1.15)$$

Haciendo $C_1 = C_2$ se obtiene:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(R_1 \parallel R_3)R_2C_2}} \quad (1.16)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi C \sqrt{(R_1 \parallel R_3)R_2}} \quad (1.17)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{1}{R_2(R_1 \parallel R_3)}} \quad (1.18)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\left(\frac{1}{R_2}\right)\left(\frac{1}{R_1R_3/(R_1 + R_3)}\right)} \quad (1.19)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{R_1 + R_2}{R_1R_2R_3}} \quad (1.20)$$

³ Thomas Floy; Dispositivos Electrónicos; Primera edición; 1996

“Si se eligen los valores apropiados para los capacitores, entonces los tres valores de los resistores se calculan con base a los valores deseados para f_o , BW y A_o . Como se sabe, Q puede determinarse a partir de la relación $Q=f_o / BW$, y los resistores se determinan con las siguientes formulas (establecidas sin desarrollo).”³

$$R_1 = \frac{Q}{2\pi f_o C A_o} \quad (1.21)$$

$$R_2 = \frac{Q}{\pi f_o C} \quad (1.22)$$

$$R_3 = \frac{Q}{2\pi f_o (2Q^2 - A_o)} \quad (1.23)$$

Para establecer una expresión para la ganancia, en las dos ecuaciones anteriores se despeja Q .

$$Q = 2\pi f_o A_o C R_1 \quad (1.24)$$

$$Q = \pi f_o C R_2 \quad (1.25)$$

Luego;

$$2\pi f_o A_o C R_1 = \pi f_o C R_2 \quad (1.26)$$

Cancelando se obtiene;

$$2A_o R_1 = R_2 \quad (1.27)$$

$$A_o = \frac{R_2}{2R_1} \quad (1.28)$$

³ Thomas Floy; Dispositivos Electrónicos; Primera edición; 1996

“A fin de que el denominador de la ecuación $R_3 = Q/2\pi f_0 C(2Q^2 - A_0)$ sea positivo $A_0 < 2Q^2$, con lo que se impone una limitación con la ganancia.”³

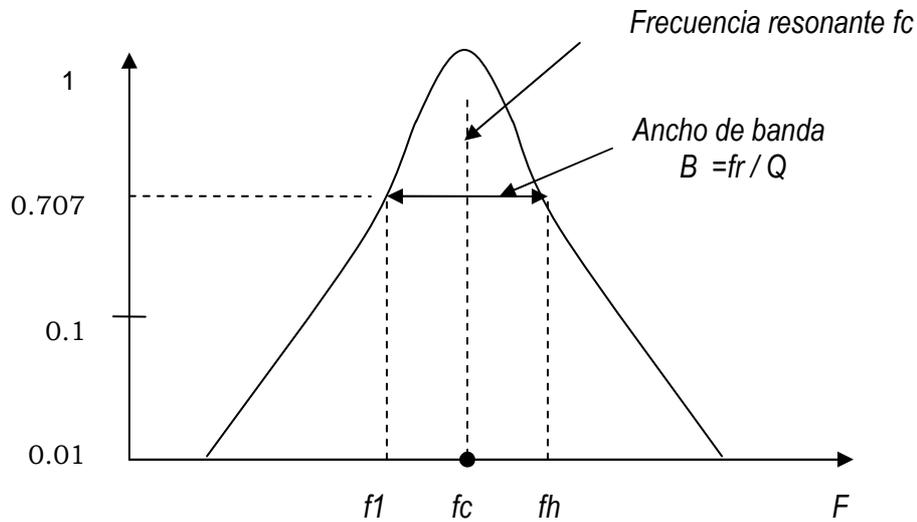


Figura 1.13

Grafica de respuesta de filtro Pasa banda con Realimentación Múltiple o de Banda Angosta.

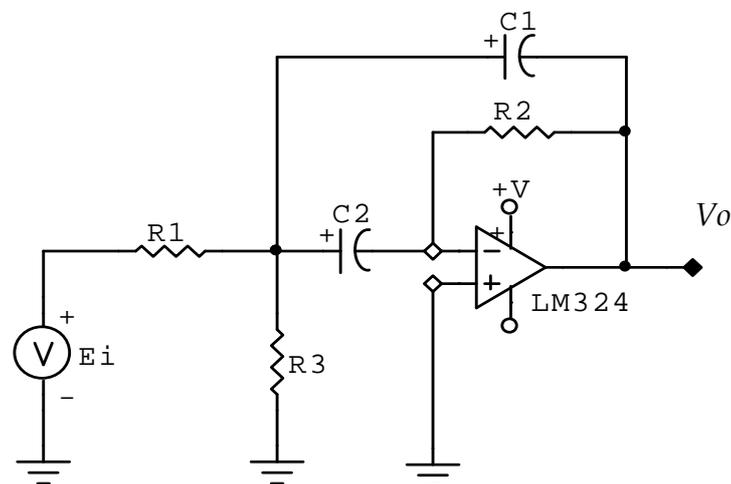


Figura 1.14

Configuración del filtro Pasa Banda con Realimentación Múltiple o de Banda Angosta.

³ Thomas Floy; Dispositivos Electrónicos; Primera edición; 1996

“Por lo cual para saber cual es su voltaje de salida se realiza lo siguiente:”⁴

$$V1 = -\frac{Vo}{R2C2s} \quad (1.29)$$

$$Vo(s) = \frac{R3V1(s)}{(1/sC2)} \quad (1.30)$$

- $V2 = 0 = V3$
- $I1 + I2 + I3 = I4$

$$\frac{Ei - V1}{R1} + \frac{0 - V1}{R3} + \frac{Vo - V1}{1/sC1} = \frac{V1 - V3}{1/sC2} \quad (1.31)$$

$$V1 \left(\frac{1}{R1} + C1s + C2s + \frac{1}{R3} \right) = \frac{Ei}{R1} + C1sVo \quad (1.32)$$

- $V1 = -Vo/R2C2s$

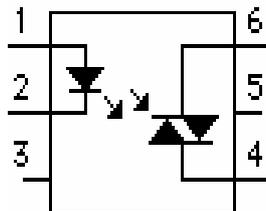
$$-\frac{Vo}{R2sC2} \left(\frac{1}{R1} + C1s + C2s + \frac{1}{R3} \right) = \frac{Ei}{R1} + C1sVo \quad (1.33)$$

$$Vo = -\frac{R1R3C2Eis}{R3 + R1R3C1s + R1R3C2s + R1 + C1s(R1R3R2C2s)} \quad (1.34)$$

donde, $s = j\omega$

⁴ Tarquino Sánchez; Circuitos Electrónicos; Primera Edición; 2000

1.6 OPTO-ACOPLADOR



Un opto-acoplador combina un dispositivo semiconductor formado por un foto-emisor, un foto-receptor y entre ambos hay un camino por donde se transmite la luz. Todos estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP.

Es decir es un elemento electrónico que permite pasar información de un circuito electrónico a otro sin que haya unión eléctrica entre ambos. Muy útil a la hora de vincular, por ejemplo, un circuito de baja tensión eléctrica con otro de alta tensión, preservando la seguridad del primero y de las personas que lo manejan.

“Generalmente un opto-acoplador es un circuito integrado que posee una entrada que alimenta un led interno que emite luz, la que a su vez activa un transistor o triac, también internos, sensibles a la luz. Lo único que pasa de una mitad a la otra es luz. Se logran aislaciones de varios miles de voltios entre la entrada y la salida.”⁶

La información se transmite entonces encendiendo y apagando el led, (modulación binaria o digital) al aplicársele corriente, siempre limitada por un resistor, como a todo led. Se puede encender a medias o cuartas dicho led, con lo que estamos aplicando una modulación analógica, dentro de los límites de trabajo y respuesta del led y del foto-transistor.

⁶ <http://www.TiristorOptoacoplador.com>

Existen opto-acopladores de alimentación fija del led, pero con el canal óptico abierto al aire, entre dicho led y el foto-detector.

La modulación se logra cortando mecánicamente dicho haz de luz. Tenemos así un detector que permite contar el paso de piezas, agujeros de una rueda que gira, para medir velocidades de un eje de maquinaria y mil aplicaciones mas.

1.6.1 Funcionamiento del Opto-acoplador

La señal de entrada es aplicada al foto-emisor y la salida es tomada del foto-receptor. Los opto-acopladores son capaces de convertir una señal eléctrica en una señal luminosa modulada y volver a convertirla en una señal eléctrica.

La gran ventaja de un opto-acoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida.

Los foto-emisores que se emplean en los opto-acopladores de potencia son diodos que emiten rayos infrarrojos (IRED) y los foto-receptores pueden ser tiristores o transistores.

“Cuando aparece una tensión sobre los terminales del diodo led, este emite un haz de rayos infrarrojo que transmite a través de una pequeña guía de ondas de plástico o cristal hacia el foto-receptor.”⁶

La energía luminosa que incide sobre el fotorreceptor hace que este genere una tensión eléctrica a su salida. Este responde a las señales de entrada, que podrían ser pulsos de tensión.

Por lo tanto los TRIACs acoplados óptimamente combinan un diodo emisor de luz (LED) con un TRIAC foto-detector (foto- TRIAC) dentro de un mismo encapsulado opaco.

⁶ <http://www.TiristorOptoacoplador.com>

Al no existir conexión eléctrica entre la entrada y la salida, el acoplo es unidireccional (LED al foto-TRIAC) y permite un aislamiento eléctrico entre ambos dispositivos de hasta 7500V.

Además algunos foto-TRIAC incluyen un circuito de detección de paso por cero que permite sintonizar señales de la red eléctrica con señales de control del LED para ajustar el ángulo de conducción.

Como ejemplo de estos circuitos se encuentra el :

- MOC 3909 Motorola que necesita una corriente en el LED de 30mA para disparar el foto-TRIAC.
- El MOC 3021 Motorola que únicamente requiere 30mA.

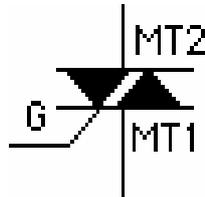
“Cuando el LED esta apagado, el foto-TRIAC esta apagado conduciendo una pequeña corriente de fuga denominada I_{DRM} (peak blocking current).”⁷

Cuando el diodo conduce, dispara el foto-TRIAC pudiendo circular entre 100mA a 1A.

Al no ser un dispositivo que soporte grandes niveles de potencia, el foto-TRIAC en muchos casos actúa sobre el control de un TRIAC de mucho mayor potencia, como por ejemplo una señal (señal de un microcomputador) activa el optoacoplador que a su vez activa al TRIAC de potencia conectado a la red eléctrica. El valor de R esta comprendido entre 50Ω y 500Ω

⁷ <http://www.fotoTriac.com>

1.7 TRIAC



Es un elemento electrónico de la familia de los tiristores que cumplen una función similar al relé, pero sin partes mecánicas. Generalmente no aíslan la entrada de la salida, pero se los puede acompañar de un opto acoplador que los comande y aislé.

Generalmente solo aceptan corriente alterna para ser manejada, pues, al quitar la señal de comando quedan accionados.

La corriente alterna se corta sola en cada fin de ciclo, cosa que no ocurre con la corriente continua. En el caso de la corriente alterna, cortada la señal de disparo al triac, este solo queda en contacto hasta el fin de ciclo alterno.

En el caso de corriente alterna, quedaría accionado para siempre, salvo que una señal de apagado se pueda aplicar a una compuerta especial, se los desconecte o cortocircuite.

“El triac es bidireccional. Su principal ventaja consiste en su larga vida útil, pues no sufren deterioros de contactos en cada apertura, por chispas, como si sufren los reles, aun con protección.”⁵

Nota: Un rele es como un swich, es decir, esta en corte cuando el rele conduce corriente y se encuentra en conducción cuando el rele no conduce corriente

⁵ <http://www.TiristorTriac.com>

Las corrientes de disparo de los triacs son pequeñas lo cual facilita su accionamiento.

Estas señales no necesitan permanecer en todo el ciclo de trabajo, pues un triac solo necesita ser disparado y se auto ceban. Son muy rápidos y se pueden utilizar en controles por fase. Bien empleados son eternos.

La única desventaja es que se calientan, pues penalizan el paso de corriente con una caída de voltaje entre sus terminales.

El producto de ambos valores da un orden de la energía disipada en forma de calor. Otros parámetros influyen en el cálculo.

Por lo tanto un TRIAC (Triode for alternative current) es un SCR bidireccional que se comporta como dos SCR en paralelo e invertidos, de tal manera que este dispositivo puede controlar corriente en cualquier dirección.

“Normalmente, tiene una tensión de ruptura muy alta y el procedimiento normal de hacer entrar en conducción a un TRIAC es a través de un pulso de disparo de puerta (positivo o negativo).”⁵

Ejemplos típicos de:

- TRIACS BT 136 (de 5 A) y el BT 138 (de 18 A) de PHILIPS
- Serie MAC de MOTOROLA de corrientes de 8 A (MAC 97-8) hasta 350 A a (MAC 224A4).

⁵ <http://www.TiristorTriac.com>

CAPITULO II: CONSTRUCCION DEL CIRCUITO

2.1 INTRODUCCION

El proyecto fue diseñado para implementar una secuencia de encendido y apagado de una serie de luces que se acoplaría al ritmo de la señal de audio que se escuchará (seleccionará) dando un efecto de sincronización rítmica.

Al diseñar el circuito electrónico necesario para llevar a cabo el objetivo del proyecto, se diseñó hacer seis bandas de audio, dos para los tonos bajos de la señal, dos para los tonos medios de la señal y la otras dos para los tonos altos de la señal.

Después de ser filtrada la señal, respectivamente, la señal analógica de audio que se obtendrá será canalizada para activar un MOC es decir, el opto-acoplador, y su respectivo circuito de potencia.

Éste es la fase final de la etapa de control, y se la utilizó para acoplar las dos etapas de una manera segura.

Con el uso del opto-acoplador se garantiza que ambas etapas funcionarán de manera independiente y sin riesgo a afectar una a la otra sí es que llegase a haber algún daño en ellas.

Finalmente, la serie de focos está conectada a la alimentación de 1 V a 60 Hz de una manera paralela para no demandar demasiada potencia.

El encendido y apagado rítmico está a cargo de un arreglo de TRIAC, el cual recibe la corriente del MOC cuando éste se habilita.

Con esta corriente entregada (aproximadamente de 15mA) se asegura que el gate del TRIAC cerrará el circuito de manera alternante para obtener el efecto rítmico que se necesita.

Durante la implementación del proyecto, fue necesario amplificar el nivel de voltaje que se obtiene de la toma de audio debido a que la señal sale con valores promedio de 1 mV, lo cual es un nivel de voltaje muy pequeño.

Es por esto que la señal se amplificó con una ganancia tal que se asegurará tener al menos valores máximos de voltaje

Este tipo de circuito que activado por medio de una grabadora o un equipo de sonido se hacen encender luces de colores que siguen el ritmo de la música.

Cada uno de estos grupos de luces posee seis canales que puede estar compuesto por una o varias lámparas que pueden tener un color diferente.

El circuito activa o enciende cada canal o grupo de luces de acuerdo al ritmo de la música dividiendo su efecto en sonidos bajos, medios y altos.

De esta forma el efecto total es de un juego de luces que sigue el ritmo de la música.

Para cada sistema de canal se selecciona el rango de frecuencias a utilizar para los seis canales, bajos, medios y altos.

2.2 CONCEPTO DE FRECUENCIAS

Se considera como estándar la gama de frecuencias entre 20 y 20000 Hz.

“Los sonidos cuya frecuencia sea inferior a 20 Hz se llaman infrasonidos o *subsónicos*. A los que tienen una frecuencia superior a 20000 Hz se les llama *ultrasonidos*.”⁸

⁸ Maños Quezada; Circuitos de audio; 1995

“Rango de frecuencias frecuentemente utilizados para ecualizar las distintas componentes de frecuencia de una señal de audio:”⁹

63 Hz	Destaca los sonidos graves masivos como los de tambores, órganos, etc. Da sensación de grandiosidad
125 Hz	Subiendo da sensación de plenitud. Si bajas aumenta la transparencia.
250 Hz	Bajando el mando disminuye posible eco.
500 Hz	Aumenta la fuerza del sonido. si se baja da la sensación de que el sonido no es completo.
1 KHz	Actúa sobre la voz del cantante. se puede dejar casi inaudible
2 kHz	Estimula el oído. Puede dar sensación metálica, entonces hay que disminuirlo.
4 kHz	Si está muy alto puede dar también sensación metálica y dura.
8 kHz	Aumenta la brillantez de instrumentos de cuerda y viento.
16 kHz	Aumenta la presencia de sonidos sutiles, como platillos, triángulos, etc.

Tabla 2.1

El espectro audible es diferente para cada persona y se altera con la edad, y otro tipo de causas (trabajo en ambientes ruidosos).

Si se tiene más edad se pierde sensibilidad a las frecuencias agudas. Se puede obtener para una persona determinada con una audiometría.

⁹ <http://www.audiofrecuencias.com>; Tabla 2.1

Las frecuencias pueden clasificarse, según su valor, en *tonalidades*. A medida que la frecuencia es mayor se habla de una tonalidad o tono mayor. Así distinguimos tonos graves o bajos, medios, y agudos o altos.

- Los sonidos graves van de 20 a 300 Hz.
- Los sonidos medios van de 300 a 2000 Hz.
- Los sonidos agudos van de 2000 hasta 20000 Hz.

“El espectro audible se subdivide en octavas. El valor máximo de cada una de ellas es el doble del de la anterior. La primera octava y la última son prácticamente inaudibles.”⁹

1 ^a Octava	16Hz-32Hz	7 ^a Octava	1 .000 Hz – 2.000 Hz
2 ^a Octava	32 Hz – 64 Hz	8 ^a Octava	2.000 Hz – 4.000 Hz
3 ^a Octava	64 Hz- 125 Hz	9 ^a Octava	4.000 Hz – 8.000 Hz
4 ^a Octava	125Hz-250Hz	10 ^a Octava	8.000Hz- 1 6.000 Hz
5 ^a Octava	250 Hz – 500 Hz	11 ^a Octava	1 6.000 Hz- 32.000 Hz
6 ^a Octava	500 Hz – 1 .000 Hz		

Tabla 2.2
Espectro audible

A pesar de tener el mismo tono y la misma potencia, dos sonidos no tienen por qué ser idénticos.

⁹ <http://www.audiofrecuencias.com>; Tabla 2.2

Su diferencia está en el *timbre*. Es el que nos permite diferenciar, por ejemplo, una misma nota musical dada por dos instrumentos diferentes, o las voces de dos personas.

Así, la voz humana no es igual para el hombre (120 a 8000 Hz), que para la mujer (160 a 9000 Hz).

Los instrumentos musicales, por otra parte, abarcan un espectro sonoro mucho más amplio. Cada uno de ellos tiene un timbre característico y un margen de intensidades y frecuencias propio.

No tiene una respuesta lineal, ni en frecuencia, ni en intensidad. Por esto, medimos la frecuencia por octavas (que tienen el doble de frecuencia), y la intensidad en decibelios.

Además, la sensibilidad del oído varía en función del nivel de captación del sonido.

Las sensaciones que da el oído humano son el tono, el timbre y la intensidad. Mientras que el tono y el timbre dependen de los armónicos del sonido, la intensidad está en función del nivel de presión sonora.

Depende de la amplitud de la oscilación, de la potencia de la fuente y de la forma en que se ha transmitido, es decir, del medio físico.

Ya hemos visto que el margen de frecuencias está entre 20 y 20000 Hz.

“En cuanto a valores de intensidad sonora podemos escuchar señales entre 0 dB SPL y 120 dB SPL. Estos se corresponden con los niveles *umbral de audición* y *umbral de dolor*.”⁸

⁸ Maños Quezada; Circuitos de audio; 1995

Los distintos sonidos se ubican en diferentes zonas de las curvas (fig 2.1).

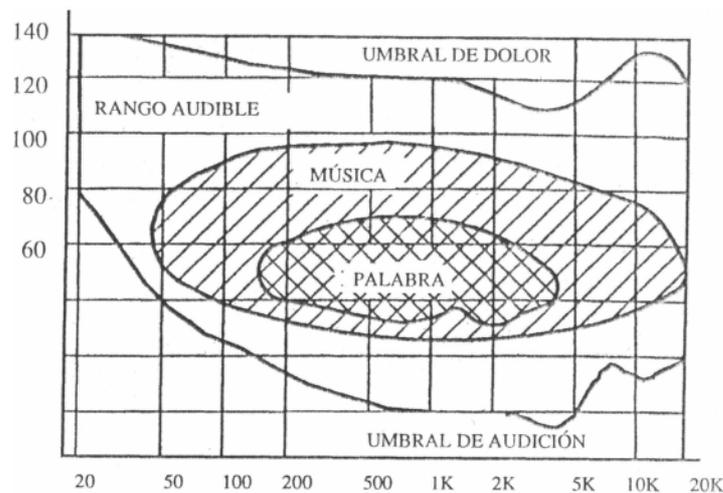


Figura 2.1

“Entre la curva de cero fonos (nivel umbral) y la de 120 fonos (nivel de dolor), está la zona de audibilidad. Los instrumentos musicales pueden generar más sonidos diferentes que la voz humana”⁹

Para explicar el funcionamiento del oído se usan las *curvas isofónicas* como se observa en la *figura 2.1*

En el eje horizontal está la frecuencia y en el vertical la intensidad del sonido en decibelios SPL.

Cuanto menor es la frecuencia es necesaria una mayor intensidad para percibir los sonidos, debido a que la sensibilidad del oído humano no es la misma en todo el espectro audible.

Hay una zona de sensibilidad máxima entre 1000 y 5000 Hz, con una disminución progresiva fuera de estos márgenes.

⁹ <http://www.audiofrecuencias.com>

Estas curvas se miden *en fonos*. Un fono es un decibelio SPL a 1 KHz. Así, trabajamos con sensaciones iguales.

Para el nivel umbral dibujamos una curva a 0 fonos para todo el espectro audible.

El nivel de dolor corresponde a los 120 fonos.

2.3 RANGO DE FRECUENCIAS

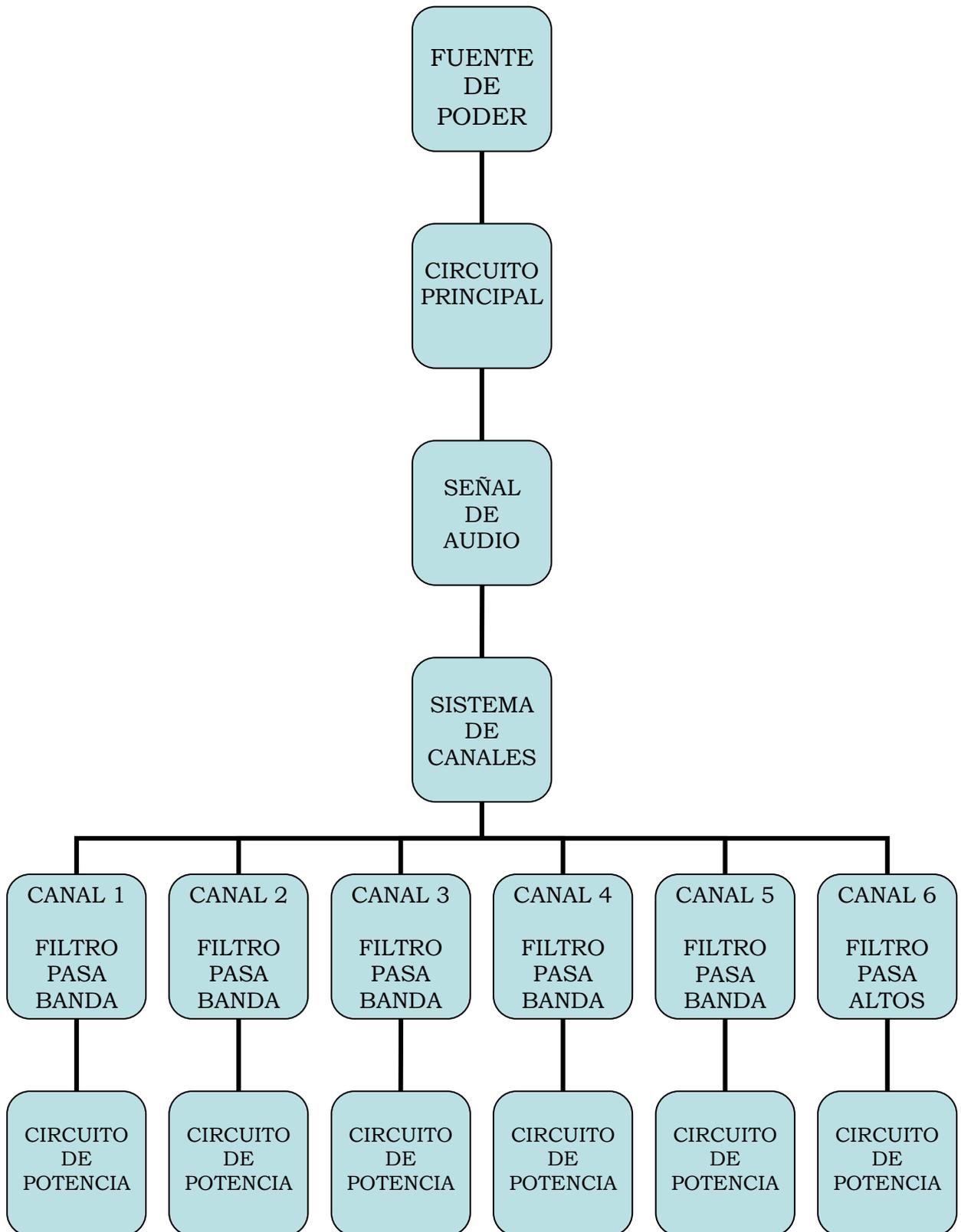
Las frecuencias a utilizar seleccionadas fueron las siguientes, ya que se consideraron ser dentro de las más características señales de audio:

- Filtro 1 pasa Banda para frecuencias: 100 a 300 Hz
- Filtro 2 pasa Banda para frecuencias : 360 a 510 Hz
- Filtro 3 pasa Banda para frecuencias : 1500 a 2000Hz
- Filtro 4 pasa Banda para frecuencias : 3000 a 4500Hz
- Filtro 5 pasa Banda para frecuencias: 6000 a 7000Hz.
- Filtro 6 pasa Altos para frecuencias : 7200Hz en adelante

Los filtros mencionados poseen un rango de frecuencia distinto, estas frecuencias puede ser: frecuencia bajas, frecuencias medias y frecuencias altas.

Para ello los filtros están seleccionados de una manera tal, que estos podrán identificar la frecuencia de señal correspondiente.

2.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO



2.5 EXPLICACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO

El diseño del circuito esta compuesto por dos tarjetas claramente definidas que corresponden a:

- La fuente de poder
- Tarjeta o circuito principal

2.6 LA FUENTE DE PODER

La fuente de poder es aquella que nos va alimentar a la tarjeta o circuito principal para que esta funcione.

En la fuente tenemos los siguientes elementos:

- Un transformador que reduce el voltaje de 110 voltios a 9 voltios
- Cuatro diodos, D1 a D4, que rectifican o convierten la corriente alterna en corriente continua o puente de diodos
- Una resistencia R44 y un diodo LED que sirve como piloto indicador
- Dos condensadores, C13 y C15, que suavizan o *filtran* la corriente continua
- Dos circuitos reguladores de voltaje formados por las resistencias R66, R45 y los diodos *Zener* D14 y D13.

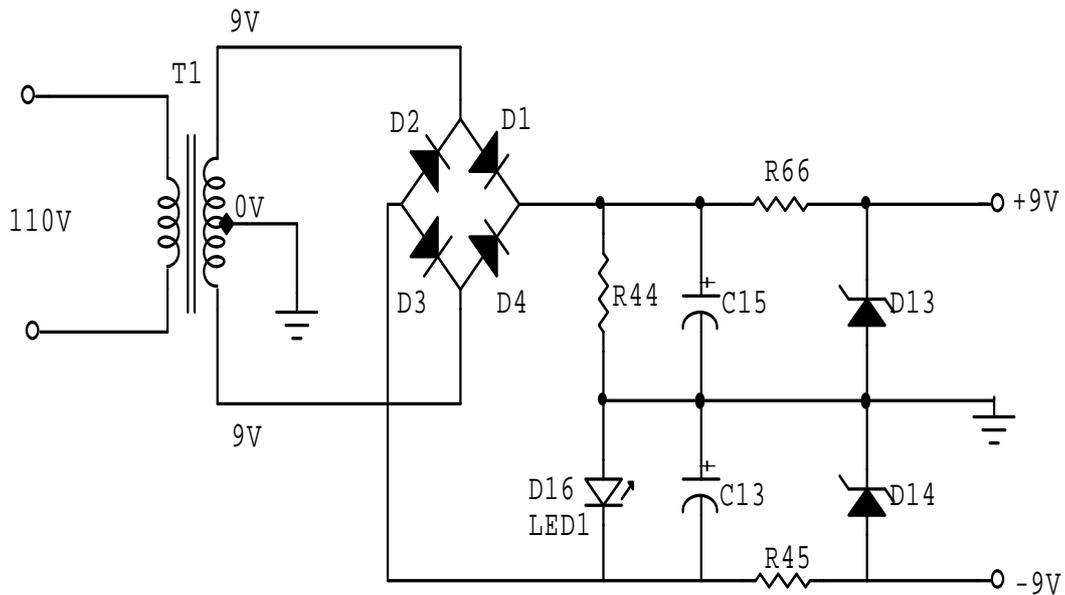


Figura 2.2

Fuente de alimentación bipolar (positiva y negativa)

Tabla de Valores

Resistencias	Condensadores	Diodos
R44 - 2.2K Ω	C13 - 2200 μ f	D14 - Zener 9.1V
R45 – 100 Ω	C15 - 2200 μ f	D13 - Zener 9.1V
R66 – 100 Ω		D16 - LED

En la figura 2.2 se observa que la fuente posee voltajes de alimentación positivos y negativos, que se miden en relación con una tercera terminal común (o conectada a tierra).

Para obtener un voltaje positivo y negativo se utiliza un transformador con dos devanados secundarios, o bien un devanado secundario con derivación central (TAP CENTRAL).

“Esta fuente se caracteriza por ser muy sencilla en el diseño de su construcción y en nuestro caso la fuente esta diseñada para que nos alimente a la tarjeta o circuito principal con un voltaje positivo (+9V) y un voltaje negativo (-9V).”¹

Esta alimentación será suficiente solamente para ciertos elementos que componen la tarjeta o circuito principal ya que esta es alimentada no solo por corriente continua (cc) sino también por corriente alterna (ac).

2.7 TARJETA O CIRCUITO PRINCIPAL

El circuito principal se define en dos etapas claramente definidos:

- Entrada de la señal de audio
- Sistema de canales

2.8 ENTRADA DE AUDIO

Esta primera etapa corresponde al circuito de entrada o de acople que recibe la señal de una fuente sonora cualquiera, lo amplifica y los lleva a los demás circuitos de aparato.

Esta etapa esta constituida por dos sub-etapas importantes:

- Micrófono
- Amplificación

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

2.8.1 El Micrófono

Esta sub-etapa posee una entrada de micrófono. Ahora para seleccionar la entrada del micrófono vamos hablar un poco de este.

El micrófono que se va a utilizar es de tipo **ELECTRET**, éstos son poco sensibles a la humedad y a los cambios de temperatura, por lo que se pueden emplear en exteriores.

“Su impedancia es alta (1000 a 1500 ohmios) y su coste es bajo y su sensibilidad es buena. El voltaje típico de salida es de cerca de 1 mV.”²

Este micrófono con una cápsula de electret capta el sonido ambiental o la señal de audio el cual es alimentado por la resistencia de R_{23} mediante la fuente.

El capacitor de 100nF se encarga de desacoplar la continua dejando pasar sólo la señal de AF esta señal pasa por el condensador C_7 , por el potenciómetro R_{19} y la resistencia R_1 y llega al amplificador operacional.

El capacitor C_7 solo deja pasar **la señal de ca** generada por el micrófono, mientras que **la señal de cc** el cual es alimentado por la resistencia R_{23} creada por la fuente, se encarga de desacoplar es decir es obstruida por el mismo capacitor.

2.8.2 Circuito de Pre-amplificación

Se encarga de la pre-amplificación inicial cuya señal proviene del micrófono, esta señal cuya ganancia (sensibilidad) se ajusta por medio del potenciómetro R_2 y R_{19} de $10K\Omega$ y $100K\Omega$ respectivamente colocado como regulador de realimentación lo amplifica lo suficiente y lo entrega a la siguiente etapa.

² Ignasi C. David; Tecnología del sonido; Cuarta edición; 2001.

La etapa de amplificación se puede observar en la siguiente figura:

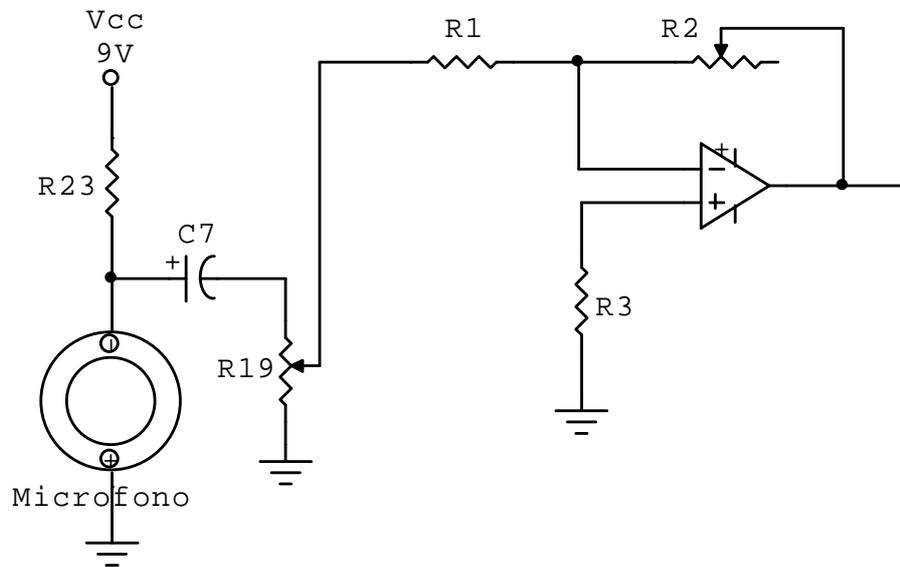


Figura 2.3

Etapa del micrófono y su Pre-amplificación

NOTA: El amplificador operacional se encuentra en el circuito integrado LM324

Tabla de Valores

Resistencias	Potenciometros	Condensadores
R1 - 10K Ω	R2 - 200K Ω	C7 - 10 uf
R3 - 1K Ω		
R19 - 100K Ω		
R23 - 22K Ω		

“La función de la resistencia R_3 es que permite corregir el desvío que se origina cuando la corriente de polarización de cd que está ingresando a la terminal (+) no lo hace a través de un componente de resistencia, pero la corriente que ingresa a la terminal (-) lo hace a través de la combinación R_i y R_f . “¹

¹ Coughlin Robert; Amp. Operacionales; Quinta edición; 1999.

Por tanto, una de las corrientes de polarización (a la terminal -) produce una caída de voltaje y la otra (a la terminal +) no.

Esto da como resultado que se aplique al amplificador operacional un voltaje de entrada pequeño V_{dif} , más negativo en la terminal inversora.

Este voltaje es amplificado por A_v para crear un voltaje de desvío de cd positivo en la salida.

Es decir, V_{sal} esta a un valor de cd positivo aunque el voltaje entrada de señal sea cero.

“Si una señal ca se aplica después, V_{sal} oscilará alrededor de este valor de desvío positivo en lugar de alrededor de cero, como debería.”³

Una vez amplificada la señal lo suficiente, lo entrega a la siguiente etapa, el cual la señal resultante va a salir del PIN 1.

2.9 SISTEMA DE CANALES

Esta etapa se encuentra a la salida del PIN 1 del LM324, esta constituida por seis canales en la cual en cada una de ellas se encuentra un filtro activo selector y un circuito de potencia que maneja los focos.

Este sistema esta formado por seis canales en el cual cada canal esta constituido por:

- Filtro activo selector
- Circuito de potencia

Cada canal selecciona un rango de frecuencia debido al filtro activo selector y que luego esta señal se dirige hasta el circuito de potencia el cual esta formado por un opto-acoplador, un triac y una lámpara.

³ Thomas Floy; Dispositivos Electrónicos; Primera edición; 1996

2.9.1 Diagrama de bloques

Es sistema de canales esta establecido de la siguiente manera:

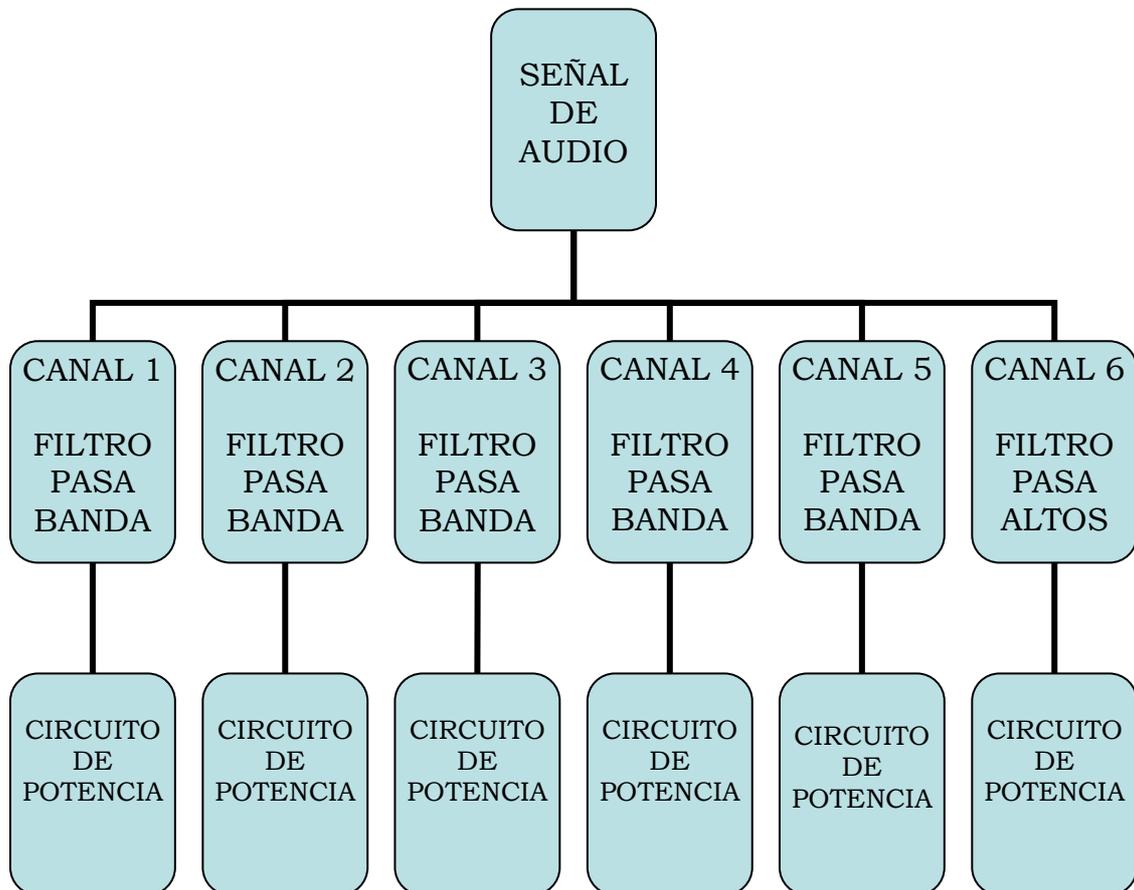


Diagrama de bloques

Cada canal toma la señal proveniente del amplificador operacional, más específicamente del PIN 1 del circuito integrado LM324, la señal viene con una diferente frecuencia y mediante el diseño del filtro correspondiente, este deja pasar al siguiente circuito en este caso el circuito de potencia.

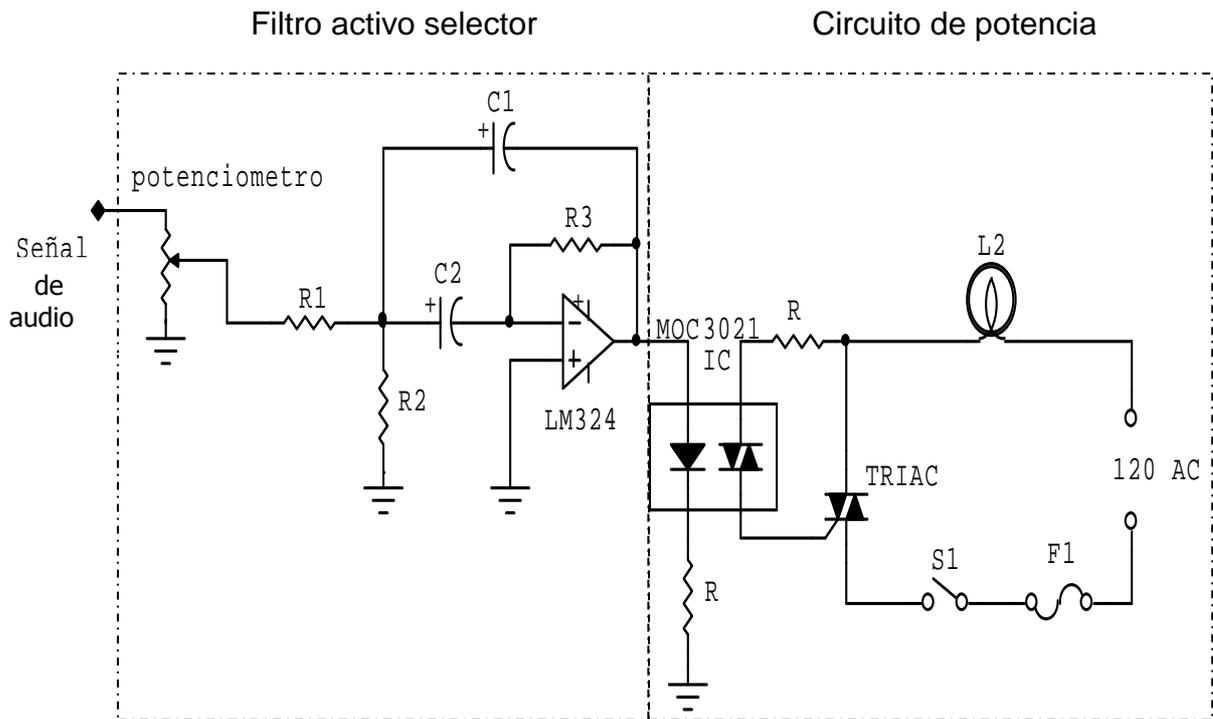


Figura 2.4

Esquema del sistema de canal

2.9.2 Filtro activo selector

Los filtros son circuitos que seleccionan las bandas o grupos de señales según su frecuencia.

En este caso, cada grupo se llama *pasa banda* y esta formado por un amplificador operacional (IC1b, IC1c, IC1d, IC1e, IC1f, IC1g) y los potenciómetros, resistencias y condensadores conectados a ellos.

La señal entrada llega a los seis potenciómetros o controles de nivel.

Según la posición de cada uno de ellos pasa más o menos señal a cada uno de los seis circuitos o canales.

Cada filtro selecciona un grupo de frecuencias dividiendo el espectro de audio (20 – 20000) Hz en seis bandas: sonidos bajos, sonidos medios sonidos altos.

2.9.3 Diseños de los filtros

En este caso existen dos tipos de filtro:

- Diseño del filtro con realimentación múltiple
- Diseño del filtro pasa altos

2.9.3.1 Diseño del filtro con realimentación múltiple

Para la construcción del filtro se ha tomado como referencia el diseño de un filtro de realimentación múltiple o de banda angosta.

El filtro activo de retroalimentación múltiple es un filtro paso de banda, sencillo y de buen funcionamiento, para Q de bajos a moderados.

“Algunas veces, los filtros pasa banda se clasifican como de banda estrecha ($Q > 0.5$) o de banda ancha ($Q < 0.5$).”³ Este circuito se muestra en la siguiente figura:

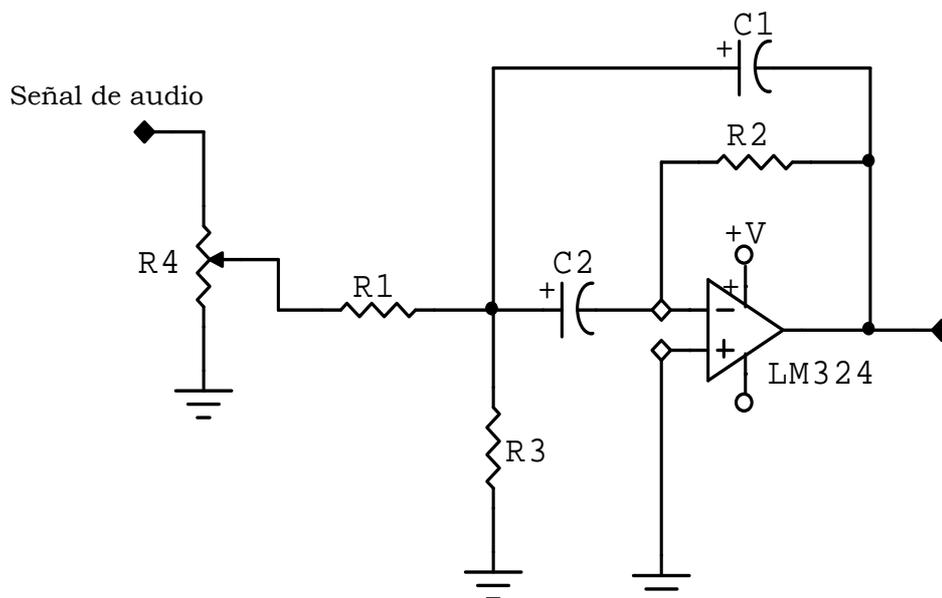


Figura 2.5

Esquema para filtro pasa banda

³ Thomas Floyd; Dispositivos Electrónicos; Primera edición; 1996

Observe que la retroalimentación tiene lugar a través de C_1 , y de R_3 (de ahí el nombre de retroalimentación múltiple).

R_1 y C_1 proporcionan la respuesta pasa bajos y R_3 y C_2 proporcionan la respuesta pasa altos. La retroalimentación proporciona la maximización (Q) cerca de f_r . R_2 se puede omitir

Pero se modifica el procedimiento de cálculo de los componentes. R_2 eleva la R_{cont} y ofrece una ganancia controlable de banda de paso. En la sección siguiente se calcula el circuito de la siguiente manera.

También los filtros de retroalimentación múltiple se pueden construir como filtros activos pasa altos y pasa bajos.

Nota: Los filtros pasa banda canal (1 y 2), pasa banda (3 y 4) y pasa alto canal (5) están diseñados como filtros de realimentación múltiple

2.9.3.2 Procedimiento de cálculo:

1. Seleccionar f_L y f_H . Av del amplificador operacional debe ser mayor que $2Q^2$ con f_L y f_H
2. Calcular f_C y Q aplicando:

$$f_C = \sqrt{f_L \times f_H} \quad (2.1)$$

$$Q = \frac{f_C}{f_H - f_L} \quad (2.2)$$

3. Elegir $C_1 = C_2 = C$ y encontrar

$$R_1 = \frac{Q}{2\pi f_c C A_v} \quad (2.3)$$

$$R_2 = \frac{Q}{2\pi f_c C (2Q^2 - A_v)} \quad (2.4)$$

$$Q = \frac{Q}{2\pi f_c C} \quad (2.5)$$

4. Verificar A_v a partir de:

$$A_v = \frac{R_3}{2R_2} \quad (2.6)$$

Por lo tanto los ajustes se realizan a continuación:

- Variar f_o ajustando C_1 y C_2 o R_1 y R_2 simultáneamente.
- Ajustar Q variando la razón R_3/R_1 , manteniendo constante el producto $R_3 R_1$.
- Ajustar la ganancia en el circuito con R_2 .

2.9.3.3 Filtro pasa banda para frecuencias bajas (canal 1)

$$f_L = 100\text{Hz}$$

$$f_H = 150\text{Hz}$$

$$f_c = 122\text{Hz}$$

$$B = 50\text{Hz}$$

$$Q = 2.44$$

Seleccionar $C_1 = C_2 = 0.1\mu\text{F}$; **corresponde al C2, C3 del circuito practico**

Con el potenciómetro = 0Ω

$$R_1 = 2,2\text{K}\Omega = \mathbf{R4}$$

$$R_2 = 1\text{K}\Omega = \mathbf{R6}$$

$$R_3 = 220\text{K}\Omega = \mathbf{R5}$$

$$A_v = 50$$

2.9.3.4 Filtro pasa banda para frecuencias bajas (canal 2)

$$f_L = 360\text{Hz}$$

$$f_H = 510\text{Hz}$$

$$f_c = 432\text{Hz}$$

$$B = 150\text{Hz}$$

$$Q = 2,98$$

Seleccionar $C_1 = C_2 = 0,22\mu F$; **corresponde al C5, C4 del circuito practico**

Con el potenciómetro = 0Ω

$$R_1 = 390\Omega = \mathbf{R7}$$

$$R_2 = 1K\Omega = \mathbf{R9}$$

$$R_3 = 10K\Omega = \mathbf{R8}$$

$$A_v = 13$$

2.9.3.5 Filtro pasa banda para frecuencias medias (canal 3)

$$f_L = 1500Hz$$

$$f_H = 2000Hz$$

$$f_c = 1730Hz$$

$$B = 500Hz$$

$$Q = 3,46$$

Seleccionar $C_1 = C_2 = 0,01\mu F$; **corresponde al C8, C6 del circuito practico**

Con el potenciómetro = 0Ω

$$R_1 = 3,3K\Omega = \mathbf{R10}$$

$$R_2 = 2,2K\Omega = \mathbf{R12}$$

$$R_3 = 63K\Omega = \mathbf{R11}$$

$$A_v = 11$$

2.9.3.6 Filtro pasa banda para frecuencias medias (canal 4)

$$f_L = 3000\text{Hz}$$

$$f_H = 4500\text{Hz}$$

$$f_c = 3670\text{Hz}$$

$$B = 1500\text{Hz}$$

$$Q = 2,45$$

Seleccionar $C_1 = C_2 = 0,01\mu\text{F}$; **corresponde al C10, C9 del circuito practico**

Con el potenciómetro = 0Ω

$$R_1 = 1\text{K}\Omega = \mathbf{R13}$$

$$R_2 = 5,4\text{K}\Omega = \mathbf{R15}$$

$$R_3 = 22\text{K}\Omega = \mathbf{R14}$$

$$A_v = 8$$

2.9.3.7 Filtro pasa banda para frecuencias altas (canal 5)

$$f_L = 6000\text{Hz}$$

$$f_H = 7000\text{Hz}$$

$$f_c = 6480\text{Hz}$$

$$B = 1000\text{Hz}$$

$$Q = 6,48$$

Seleccionar $C_1 = C_2 = 0,01 \mu F$; **corresponde al C12, C11 del circuito practico**

Con el potenciómetro = 0Ω

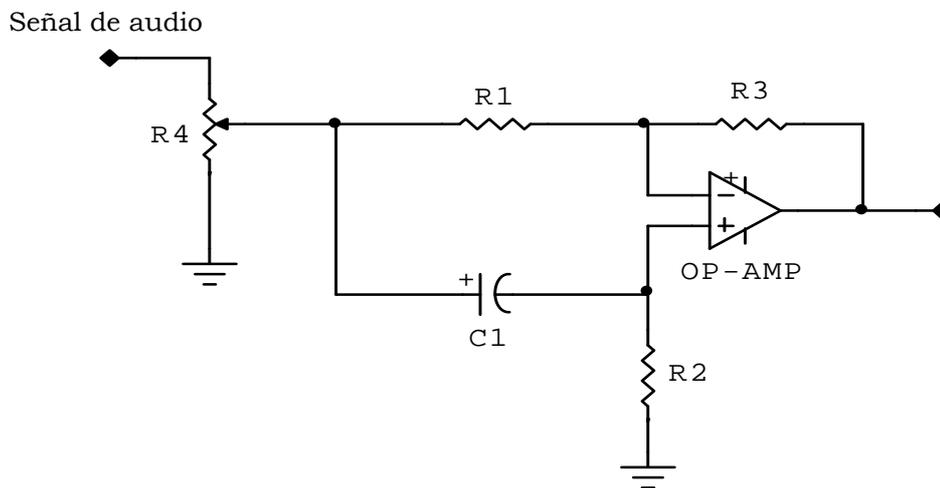
$$R_1 = 1,5 K\Omega = \mathbf{R16}$$

$$R_2 = 200 \Omega = \mathbf{R18}$$

$$R_3 = 30 K\Omega = \mathbf{R17}$$

$$A_v = 9$$

2.9.3.8 Diseño del filtro pasa altos



La frecuencia de corte W_c esta dado por la siguiente expresión:

$$W_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \quad (2.7)$$

$$R = \frac{1}{W_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C} \quad (2.8)$$

Para el diseño del filtro pasa altos se puede recurrir a los siguientes pasos:

- Escoger la frecuencia de corte W_c o f_c
- Elegir un valor conveniente de C, en general entre 0,001 y 0,1 μf
- Calcular R

2.9.3.9 Filtro pasa alto (canal 6)

$$f_L = 7200\text{Hz}$$

$$W_c = 45K \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$f_c = 7200\text{Hz}$$

Seleccionar $C_1 = 0,01\mu\text{F}$; **corresponde al C13 del circuito practico**

Con el potenciómetro = 0Ω

$$R_1 = 2,2K\Omega = \mathbf{R27}$$

$$R_2 = 10K\Omega = \mathbf{R29}$$

$$R_3 = 220K\Omega = \mathbf{R28}$$

$$A_v = 8,4$$

2.9.4 CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia esta constituida por un **opto-acoplador** el cual es el que va a disparar al **triac** y mediante este se activa los focos correspondientes a este canal.

El integrado que puede desarrollar este propósito es un opto-acoplador, ya que además de cumplir ese objetivo también se caracteriza por aislar eléctricamente los circuitos de entrada con los de salida.

2.9.4.1 Opto-Acoplador

Ahora llega el momento de aplicar la “señal para el MOC”. El opto-acoplador sirve para que, con una señal de baja tensión, podamos controlar una alta tensión como lo es la de la lámpara (110 V). Nuestra elección será el MOC3021 (o equivalente).

“La señal de audio se aplica a través del led del opto-acoplador, esta entrada de audio controla el led del opto-acoplador, y los fotones emitidos por este componente controlan los portadores inyectados en la unión del rectificador controlado de silicio (SCR) o triac.”⁶

El led y el triac están contenidos en un mismo encapsulado.

La resistencia R limita las crestas de corriente sobre el led.

El led emite luz infrarroja en respuesta a la entrada de señal de audio.

El triac del opto-acoplador conduce más o menos, dependiendo del nivel de radiación IR recibida, controlando la corriente sobre la carga.

La corriente de salida del triac del opto-acoplador actúa como driver de un triac de potencia.

Por lo tanto La salida de los opto-acopladores sirve para activar un TRIAC.

2.9.4.2 El Triac

Se ha escogido un TRIAC en lugar de un relé debido a que la gran cantidad de conmutaciones que se producen en el funcionamiento de este circuito acabaría quemando los contactos de los relés en poco tiempo.

La salida de los opto acopladores sirve para activar un TRIAC.

Como en nuestro el Triac a utilizar es el:

- 6 TRIACS SC140D – TRIACS de 10 A , 600V

⁶ <http://www.TiristorOptoacoplador.com>

El Triac SC140D tiene una tensión inversa de 600 V, lo que nos permite funcionar con seguridad a 110 V y 220 V. Su intensidad máxima es de 10 amperios, lo que nos permitirá manejar cualquier bomba del mercado, por mucho que consuma.

No hay que olvidarse de ponerle un disipador para garantizar una vida útil larga. Este TRIAC hace encender la o las lámparas que están conectadas a el de acuerdo al tipo de sonido que le lleguen.

2.9.4.3 Colocación de Luces

Las luces van hacer colocadas en un armazón las cuales están conectadas a cada canal, cada una de estas luces tendrán diferente color, el mismo vatiaje, este vatiaje que se encuentran en cada lámpara será alrededor de los 100 watios.

Las luces estarán protegidas en caso de corto circuito mediante un fusible.

En el diagrama de la figura muestra la sencillez de este montaje.

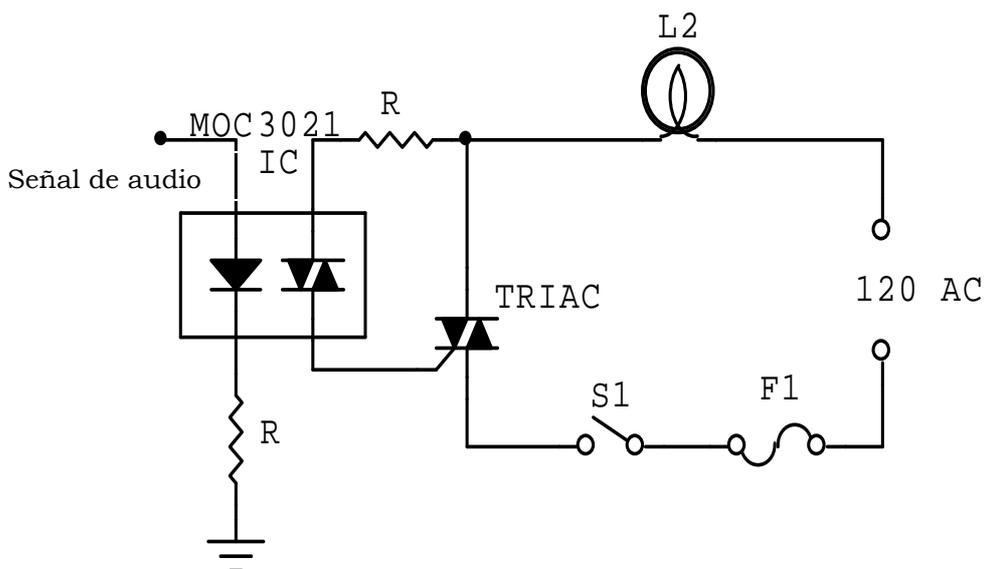


Figura 2.6
Circuito de Potencia

DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL PROYECTO

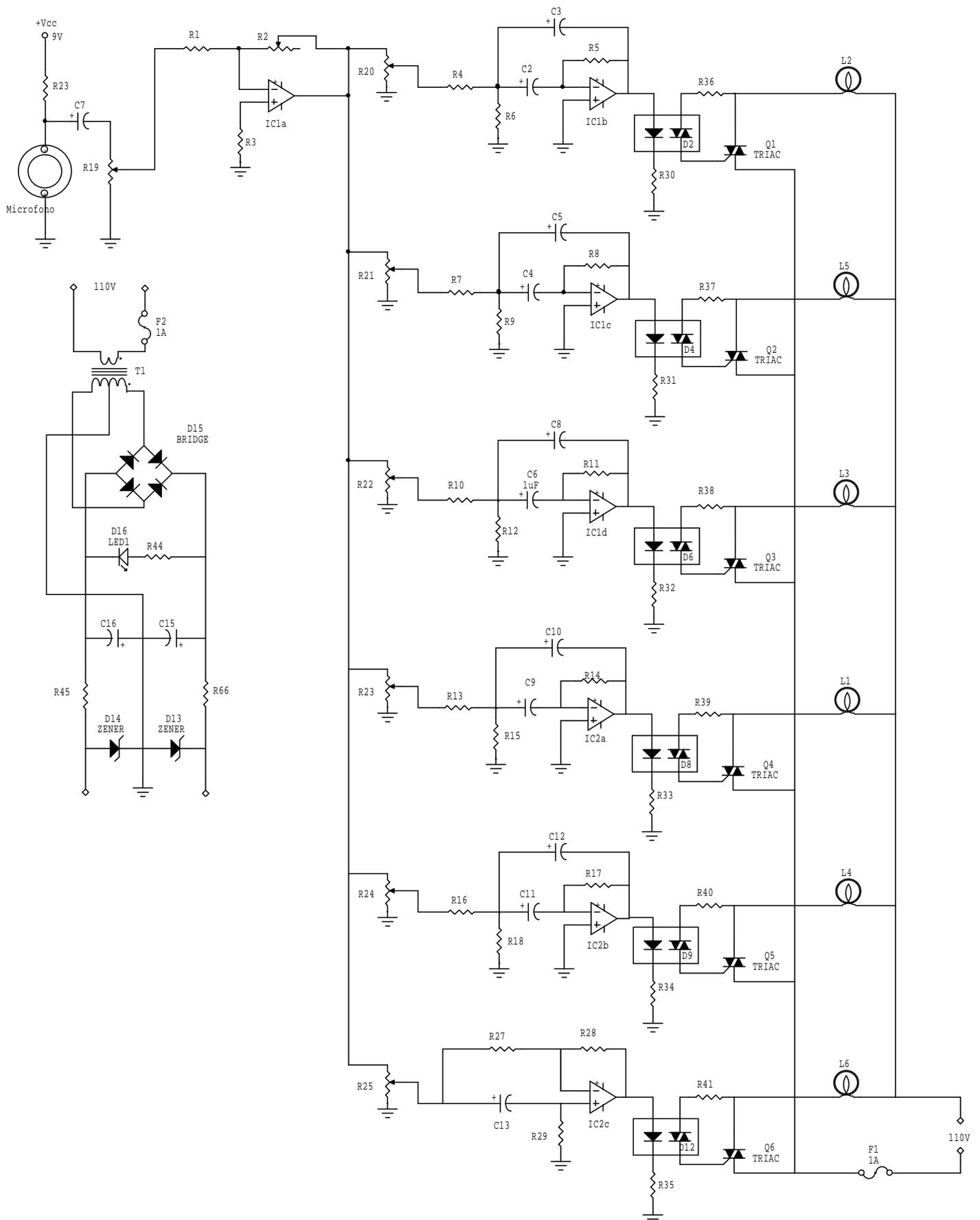


Figura 2.7

CAPITULO III: PRUEBAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 OPERACIÓN

Para poner en funcionamiento el aparato de luces audiorítmicas debemos calibrar en forma adecuada.

Gire el potenciómetro del circuito impreso de la etapa pre-amplificada completamente hacia la derecha, esto permitirá que la señal proveniente del micrófono sea amplificada.

Coloque los seis potenciómetros externos de cada canal en los cuales se encuentran cada uno de los filtros, bajos, medios y altos, en su posición media, hasta lograr que las luces correspondientes a cada canal siga la banda de frecuencias correcta.

Con la fuente sonora funcionando, encienda el aparato de luces audiorítmicas y ajuste el potenciómetro general, es decir, de la etapa pre-amplificadora, hasta que las luces se enciendan en forma intermitente.

Escuchando detenidamente la música, ajuste todos los potenciómetros externos de cada canal en los cuales se encuentran cada uno de los filtros, hasta que el parpadeo de las luces siga perfectamente cada una de las bandas de sonido.

3.2 DISPOSICIÓN DE LAS LUCES

Las lamparas asignadas poseen una potencia de 100 vatios en nuestro caso serán seis lamparas.

La disposición de las luces está en forma vertical ya que el montaje físico así lo requiere por ende la distribución de los canales están dispuestas en forma ascendente en el armazón desde la frecuencia más baja hasta la frecuencia más alta, respectivamente.

En cada canal esta instalado una lámpara con un color diferente, el cual va a representar a cada banda de sonido asignado, es decir:

- Canal 1: Lámpara azul
- Canal 2: Lámpara verde
- Canal 3: Lámpara amarillo
- Canal 4: Lámpara rojo
- Canal 5: Lámpara transparente
- Canal 6: Lámpara blanco

Dependiendo de la capacidad de los triacs utilizados, se pueden instalar las lamparas, ya que estos determinan los valores con que trabajar cada circuito de potencia.

3.3 CONEXIONES DE ENTRADA Y SALIDA

Conecte la fuente de alimentación y el circuito de la luces a la línea de alimentación de energía (AC).

Tome la señal de la fuente sonora, situando el micrófono cerca de la señal sonora.

Cada uno de los triacs en el PIN (MT1) van conectados entre sí y luego a la línea de alimentación de energía (AC).

Por otro lado, el PIN (MT2) de cada triac se conectan a cada una luces y estas a su vez luego a la línea de alimentación de energía (AC).

3.4 ENSAMBLE FINAL

Fije primero los accesorios externos como los interruptores, Leds, potenciómetros y conectores como se ilustra en *la figura 2.8*.

Luego monte las tarjetas por medio de tornillos y espaciadores de plástico. Por último, ejecute el alambrado entre las diferentes partes como lo muestra la misma figura.

Utilice cable con el diámetro óptimo según la potencia de la lámpara.

El cable utilizado es el #18 AWG por lo dicho anteriormente.

3.5 DIAGRAMA DE ENSAMBLE

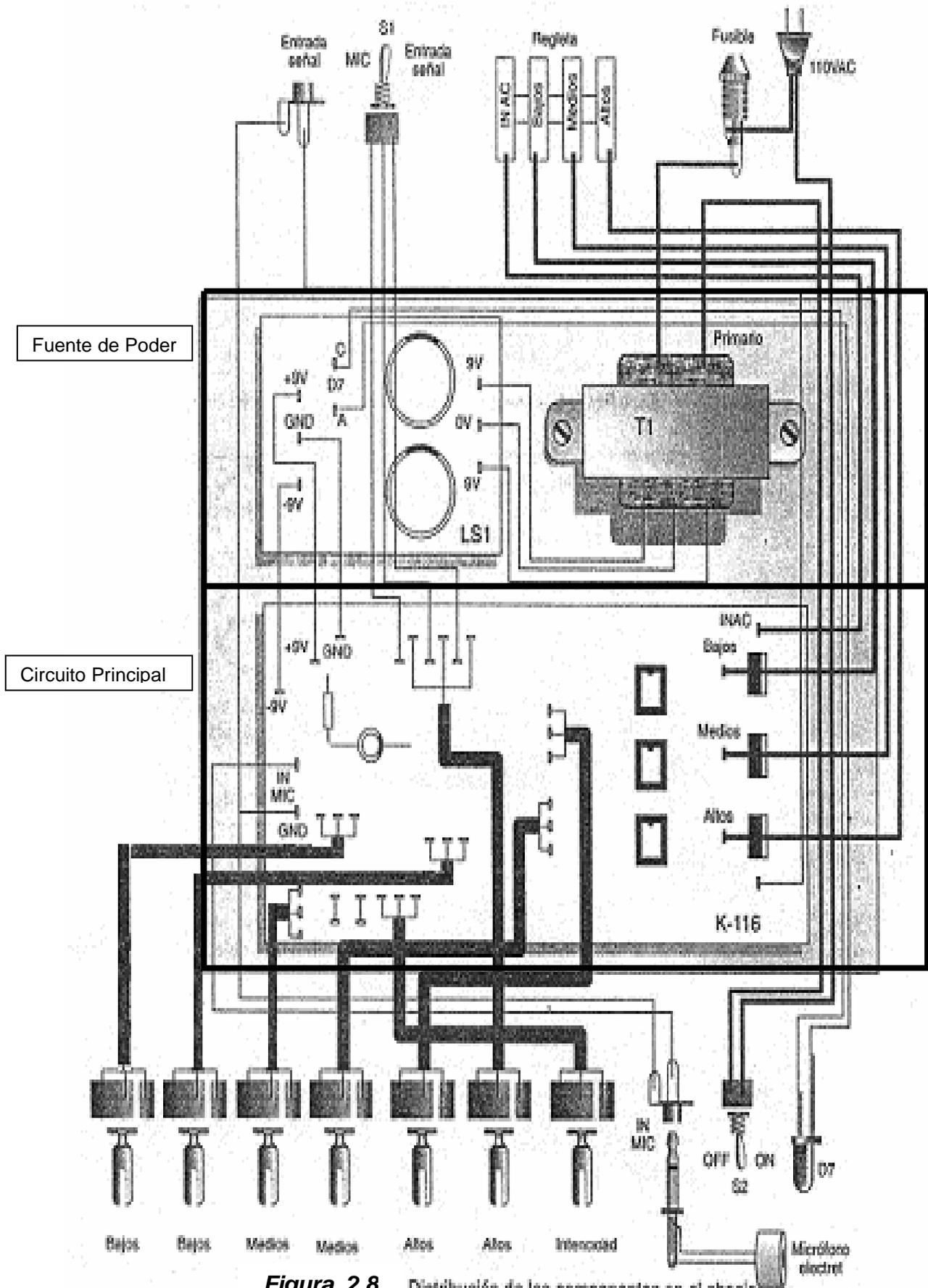


Figura 2.8

Distribución de los componentes en el chasis

3.6 POSIBLES APLICACIONES DEL PROYECTO

La aplicación para la cual ha sido creado este kit, es muy conocida por todos los amantes a la electrónica y principalmente a aquellos que disfrutan de discotecas y minitecas.

Consiste en producir efectos luminosos que sigan los cambios en las frecuencias sonoras. Usted puede darle muchas configuraciones diferentes a la disposición o distribución de las lámparas de acuerdo a su gusto personal o a la necesidad del momento.

Primero hay que pensar en el sitio donde se va a ubicar el control. Si el sitio es una discoteca, que funciona siempre en el mismo lugar, hay que incluir el circuito en la consola que maneja el resto de luces del establecimiento y marcar los controles debidamente.

Si va a necesitar transportar el circuito de un lado a otro, como es el caso de una miniteca, es prioritario ensamblarlo, preferiblemente, dentro de una caja metálica, dejando una regleta de tornillos en su parte posterior para conectar los canales de lámparas.

En cuanto a la distribución de las lámparas, se recomiendan algunos arreglos para que los tomen o mejoren a su gusto.

3.7 QUÉ HACER SI NO FUNCIONA

- Primero desconectar la alimentación de red.
- Desconectar todas las cargas y la entrada.
- Las soldaduras defectuosas acostumbran a ser la causa más común de problemas.

- Revisar cuidadosamente todas las uniones soldadas con el auxilio de una buena iluminación.
- Controlar el correcto posicionamiento de todos los componentes.
- Si todo está correcto, volver a conectar la entrada, las cargas y alimentar el circuito.
- Pueden seguirse las tensiones con el auxilio de un voltímetro.
- Quizás la señal de entrada no alcance el nivel adecuado para excitar al opto-acoplador.

CAPITULO IV: LISTA DE COMPONENTES

FUENTE DE PODER

Resistencias (1/2W, 5%)

- R44 - 2.2K Ω
- R45 , R66 - 100 Ω

Condensadores

- C13, C15 - 2200 uf /25V electrolítico

Diodos

- Puente de Diodos Rectificadores
- D14. D13- Zener 9.1V
- D16 - LED rojo 5 mm

VARIOS

- 1 Circuito impreso
- 1 Transformador de alimentación (9-0-9)V, 500mA
- 1 Interruptor
- 1 Fusible
- Tornillos , Tuercas
- Alambre Telefónico N26 o N24
- Terminales para circuito impreso

CIRCUITO PRINCIPAL

ENTRADA DE LA SEÑAL DE AUDIO Y PRE-AMPLIFICACION

Resistencias (1/4W o 1/2W, 5%)

- R1 – 10K
- R3 – 1K
- R23 – 22K

Potenciometros

- R2 – 100K
- R19 – 100K

Condensadores

- C1 , C7 – 10uf electrolíticos

FILTROS ACTIVOS SELECTORES

Resistencias (1/4W o 1/2W, 5%)

- R4 , R12 , R29 – 2.2K Ω
- R5 , R28 , R18 – 220K Ω
- R6 , R9 , R13 – 1K Ω
- R7 – 390K Ω
- R8 – 10K Ω
- R10 – 3K Ω
- R11 – 60K Ω
- R14 – 22K Ω
- R15 – 5.1K Ω
- R16 – 1.5K Ω
- R17 – 30K Ω
- R28 – 6.8K Ω

Potenciometros

- R20 , R21 , R22 , R23 , R24 , R25 , R26 – 100K Ω

Condensadores

- C2 , C3 – 0.1uf
- C4 , C5 – 0.22uf
- C6, C8 , C9, C10 , C11, C12 , C13 – 0.01uf

CIRCUITO DE POTENCIA**Resistencias (1/4W o 1/2W, 5%)**

- R30 , R31 , R32 , R33 , R34 , R35 - 330 Ω
- R36 , R37 , R38 , R39 , R40 , R41 - 220 Ω

CIRCUITOS INTEGRADOS

- 2 IC – LM324 AMPLIFICADOR OPERACIONAL
- 6 IC – MOC 3021 OPTOACOPLADOR

TRIACS

- 6 TRIACS SC140D – TRIACS de 10 A , 600V

VARIOS

- 1 Micrófono tipo electret
- Terminales para circuito impreso
- 2 Interruptores
- fusibles
- 1 Circuito impreso
- Tornillos, tuercas y separadores
- Plug monofónico
- Jack monofónico
- Cables
- Caja o armazón
- Bombillos o Reflectores

AÑEXOS

1. EL CIRCUITO INTEGRADO LM324.

El circuito integrado LM324 es un amplificador operacional cuádruplo con entradas diferenciales verdaderas. Tiene ventajas sobre los amplificadores operacionales convencionales en aplicaciones de fuente sencilla de alimentación y puede trabajar con voltajes de alimentación desde 3V hasta 32V. Es de bajo consumo de energía (aproximadamente 1/5 del consumo de un LM741 convencional).

- En la figura 1 se puede observar la configuración del circuito integrado LM324.

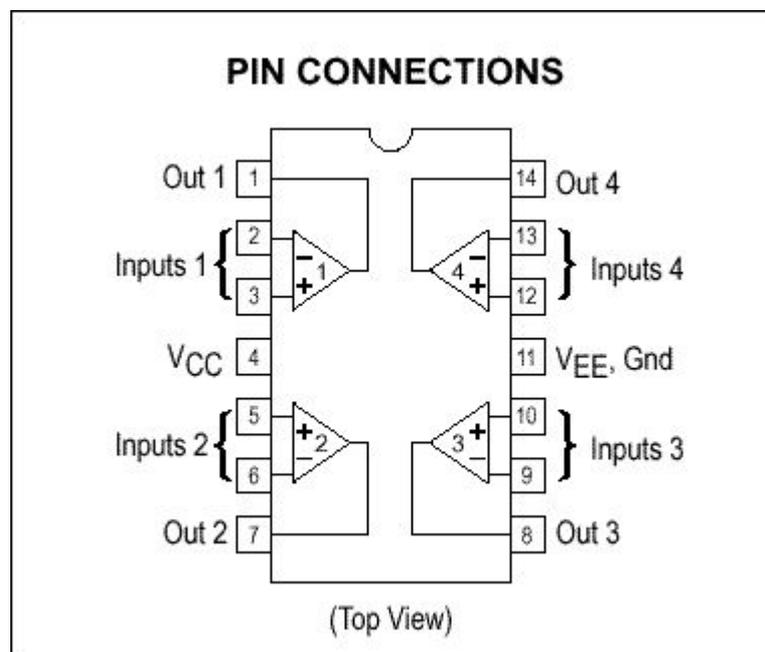


Fig. 1

Diagrama del circuito integrado LM324

Absolute Maximum Ratings														
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 9)														
Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage, V^+	(Note 5) $T_A = 25^\circ\text{C}$	1	2	1	3	2	3	2	3	2	3	2	7	mV
Differential Input Voltage	$V_{IN(+)}$ or $V_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	50	40	80	45	100	45	150	45	250	45	250	nA
Input Bias Current (Note 6)	$V^+ = 30\text{V}$, (LM2902, $V^+ = 26\text{V}$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	2	10	2	15	5	30	5	30	5	50	5	50	nA
Input Offset Current	$V^+ = 30\text{V}$, (LM2902, $V^+ = 26\text{V}$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30\text{V}$ (LM2902 $V^+ = 26\text{V}$) $V^+ = 5\text{V}$	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	mA
Supply Current	$V^+ = 15\text{V}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, ($V_O = 1\text{V}$ to 11V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	V/mV
Large Signal Voltage Gain	DC, $V_{CM} = 0\text{V}$ to $V^+ - 1.5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	50	100	50	100	25	100	25	100	25	100	25	100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$V^+ = 5\text{V}$ to 30V (LM2902, $V^+ = 5\text{V}$ to 26V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	70	85	70	85	65	85	65	85	65	85	65	85	dB
Power Supply Rejection Ratio		65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	dB

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0\text{V}$, (Note 4), unless otherwise stated

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 9)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage, V^+	(Note 5) $T_A = 25^\circ\text{C}$	1	2	1	3	2	3	2	3	2	3	2	7	mV
Differential Input Voltage	$V_{IN(+)}$ or $V_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	50	40	80	45	100	45	150	45	250	45	250	nA
Input Bias Current (Note 6)	$V^+ = 30\text{V}$, (LM2902, $V^+ = 26\text{V}$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	2	10	2	15	5	30	5	30	5	50	5	50	nA
Input Offset Current	$V^+ = 30\text{V}$, (LM2902, $V^+ = 26\text{V}$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30\text{V}$ (LM2902 $V^+ = 26\text{V}$) $V^+ = 5\text{V}$	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	mA
Supply Current	$V^+ = 15\text{V}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, ($V_O = 1\text{V}$ to 11V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	V/mV
Large Signal Voltage Gain	DC, $V_{CM} = 0\text{V}$ to $V^+ - 1.5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	50	100	50	100	25	100	25	100	25	100	25	100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$V^+ = 5\text{V}$ to 30V (LM2902, $V^+ = 5\text{V}$ to 26V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	70	85	70	85	65	85	65	85	65	85	65	85	dB
Power Supply Rejection Ratio		65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	dB

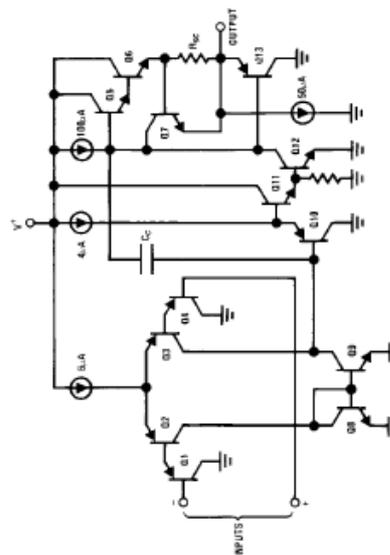
Table 1

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)														
Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		Units		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min		Typ	Max
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 8)	$f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred)	-120			-120			-120			-120	dB		
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	20	40		20	40		20	40		20	40	mA	
	Sink $V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	10	20		10	20		10	20		10	20		
Short Circuit to Ground	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 200 \text{ mV}, T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50		12	50		12	50		12	50	μA	
	(Note 2) $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ\text{C}$	40	60		40	60		40	60		40	60		
Input Offset Voltage	(Note 5)		4			4			7			7	mV	
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7	20		7	20		7	20		7	20	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$		30			30			100			150	nA	
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10	200		10	200		10	300		10	300	pA/ $^\circ\text{C}$	
Input Bias Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$	40	100		40	100		40	200		40	500	nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ (V_O Swing = 1V to 11V) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	25			25			15			15		V/mV	
	$V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	26			26			26			26		V	
Output Voltage Swing	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$	27	28		27	28		27	28		27	28	23	24
	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	27	28		27	28		27	28		27	28	23	24
V_{OL}	$V^+ = 5V, R_L = 10 \text{ k}\Omega$	5	20		5	20		5	20		5	20	5	100

Tabla 1.2

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)													
Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
Output Current	Source	$V_O = 2V$		$V_{IN}^+ = +1V,$ $V_{IN}^- = 0V, V^+ = 15V$		10		20		10		20	
	Sink	$V_O = 2V$		$V_{IN}^- = +1V,$ $V_{IN}^+ = 0V, V^+ = 15V$		10		15		5		8	
<p>Note 1: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $88^\circ C/W$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate of to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.</p> <p>Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.</p> <p>Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).</p> <p>Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.</p> <p>Note 5: $V_O = 1.4V, R_S = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$) for LM2902, V^+ from 5V to 26V.</p> <p>Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.</p> <p>Note 7: The input common-mode voltage of either input signal should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2902), independent of the magnitude of V^+.</p> <p>Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.</p> <p>Note 9: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.</p> <p>Note 10: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.</p>													

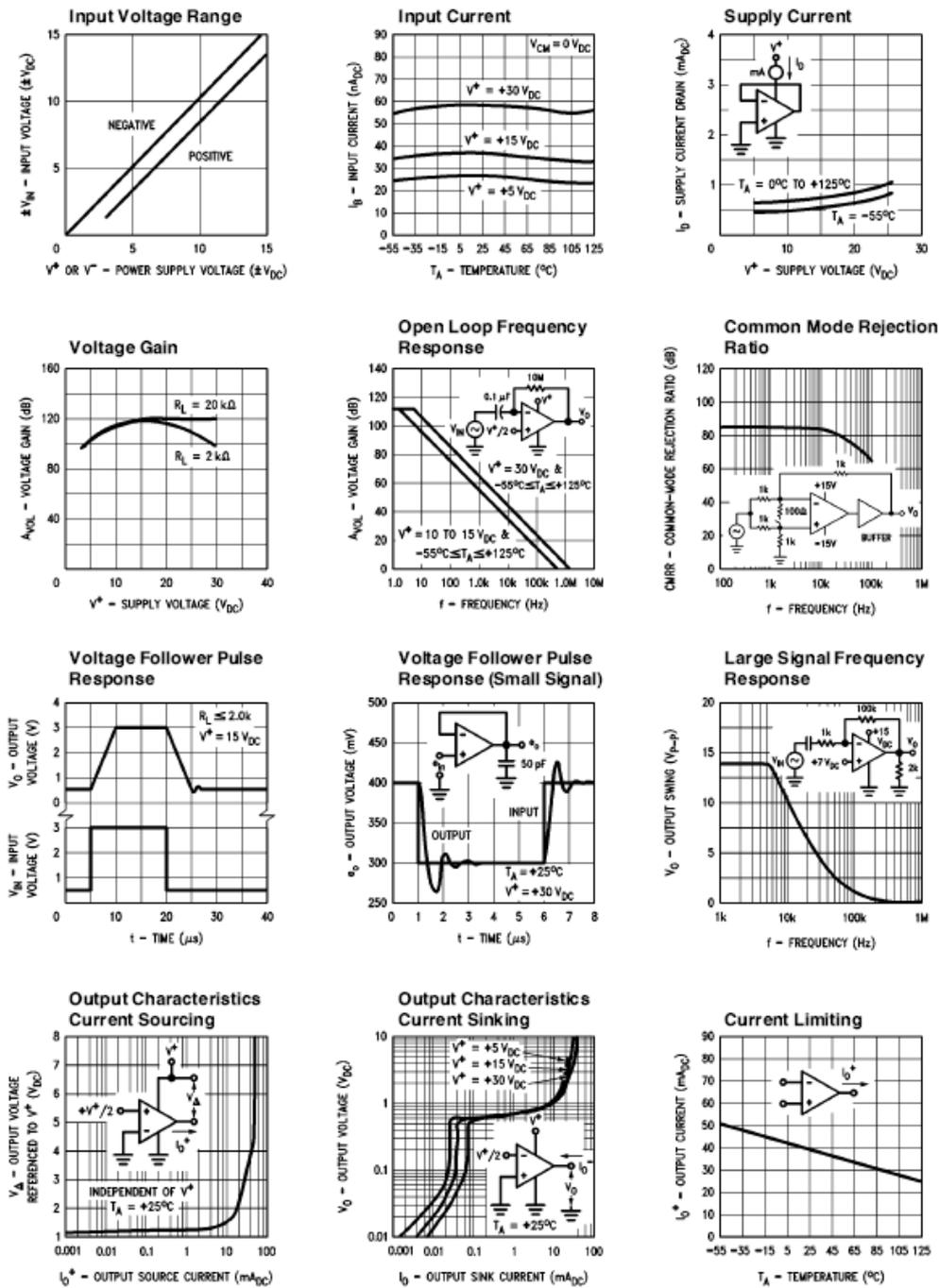
Schematic Diagram (Each Amplifier)



TLU1/0299-2

Tabla 1.3

Typical Performance Characteristics



TL/H/9299-3

Taba 1.4

2. PARAMETROS DE LOS OPTOACOPLADORES

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

OPTO-AISLADORES

NTE3048

Optoisolator

TRIAC Driver Output

Description:

The NTE3048 consists of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a silicon bilateral switch in an 6-Lead DIP type package. This device is designed for use in applications requiring isolated TRIAC triggering.

Features:

- _ Output Driver Designed for 240VAC Line
- _ VISO Isolation Voltage of 7500V Peak
- _ Standard 6-Lead Plastic DIP Package

Absolute Maximum Ratings:

(TA = +25°C unless otherwise specified)

Infrared Emitting Diode

Reverse Voltage, VR 3V

Continuous Forward Current, IF 60mA

Total Power Dissipation (Negligible Power in TRIAC Driver, TA = +25°C), PD 100mW

Derate Above 25°C 1.33mW/°C

Output Driver

Off-State Output Terminal Voltage, VDRM 400V

Peak Repetitive Surge Current (PW = 1ms, 120pps), ITSM 1.0A

Total Power Dissipation (TA = +25°C), PD 300mW

Derate Above 25°C 4.0mW/°C

Total Device

Isolation Surge Voltage (Peak AC Voltage, 60Hz, 5sec Duration, Note 1), VISO 7500V

Total Power Dissipation (TA = +25°C), PD 330mW

Derate Above 25°C 4.4mW/°C

Junction Temperature Range, TJ –40°C to +100°C

Ambient Operating Temperature Range, TA –40°C to +85°C

Storage Temperature Range, Tstg –40°C to +150°C

Lead Temperature (During Soldering, 1/16" from Case, 10sec), TL +260°C

Note 1. Isolation surge voltage is an internal dielectric breakdown rating.

Electrical Characteristics:

(TA = +25°C unless otherwise specified)

Parameter Symbol Test Conditions Min Typ Max Unit

Input LED

Reverse Leakage Current IR VR = 3V – 0.05 100 μ A

Forward Voltage VF IF = 10mA – 1.15 1.5 V

Output Detector (IF = 0 unless otherwise specified)

Peak Blocking Current IDR_M Either Direction, VDR_M = 400V, Note 2 – 10 100 nA

Peak On–State Voltage V_{TM} Either Direction, I_{TM} = 100mA peak – 1.8 3.0 V

Critical Rate of Rise of Off–State

Voltage

dv/dt Note 3 – 10 – V/ μ s

Coupled

LED Trigger Current

(Current Required to Latch

Output)

IFT Main Terminal Voltage = 3V, Note 4 – 8 15 mA

Holding Current I_H Either Direction – 100 – μ A

Note 2. Test voltage must be applied within dv/dt rating.

Note 3. This is static dv/dt. Commutating dv/dt is a function of the load–driving thyristor(s) only.

Note 4. The NTE3048 is guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max IFT. Therefore, recommended operating I_F lies between max IFT (15mA) and absolute max I_F (60mA).

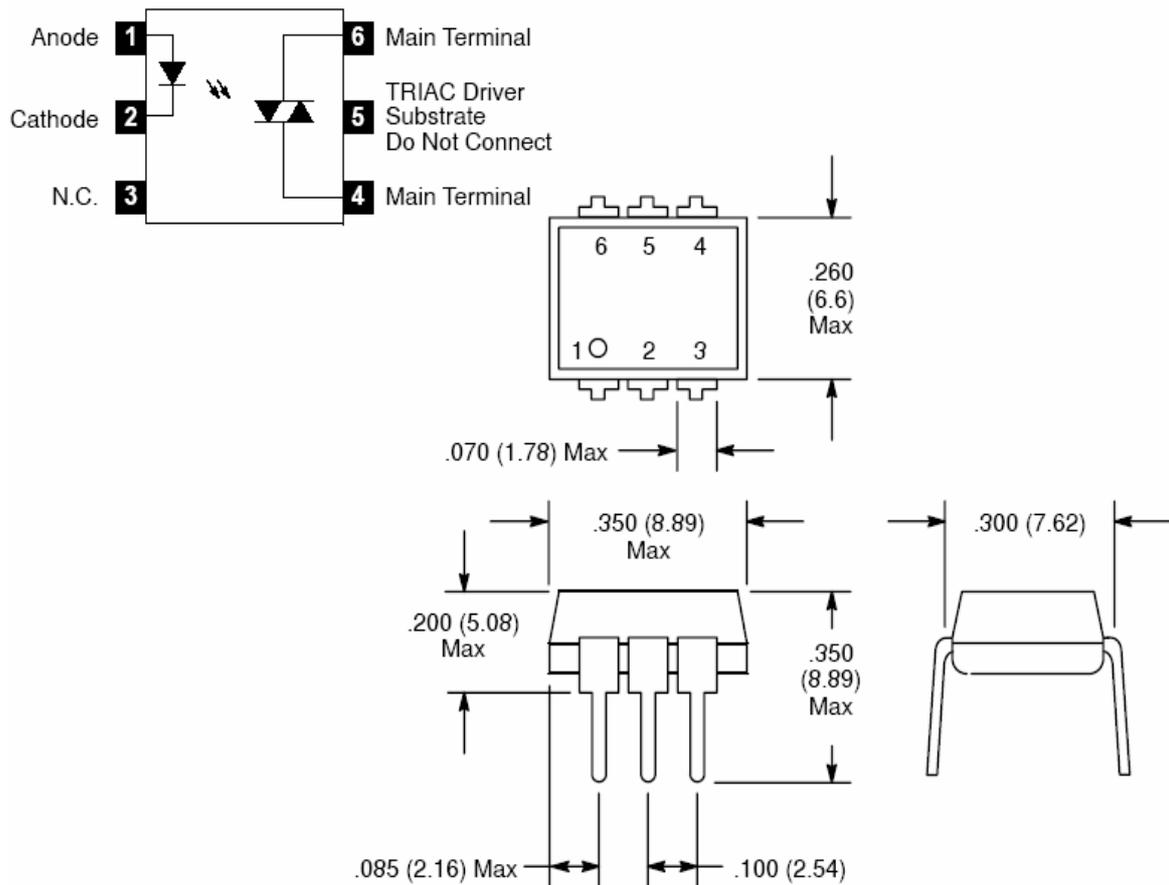


Figura 2.1

Electrical Characteristics: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Input LED						
Reverse Leakage Current	I_R	$V_R = 3\text{V}$	–	0.05	100	μA
Forward Voltage	V_F	$I_F = 10\text{mA}$	–	1.15	1.5	V
Output Detector ($I_F = 0$ unless otherwise specified)						
Peak Blocking Current	I_{DRM}	Either Direction, $V_{\text{DRM}} = 400\text{V}$, Note 2	–	10	100	nA
Peak On-State Voltage	V_{TM}	Either Direction, $I_{\text{TM}} = 100\text{mA}$ peak	–	1.8	3.0	V
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	dv/dt	Note 3	–	10	–	V/ μs
Coupled						
LED Trigger Current (Current Required to Latch Output)	I_{FT}	Main Terminal Voltage = 3V, Note 4	–	8	15	mA
Holding Current	I_H	Either Direction	–	100	–	μA

Tabla 2.1

OPTO AISLADORES

CONTINUACION - (FIGURAS)

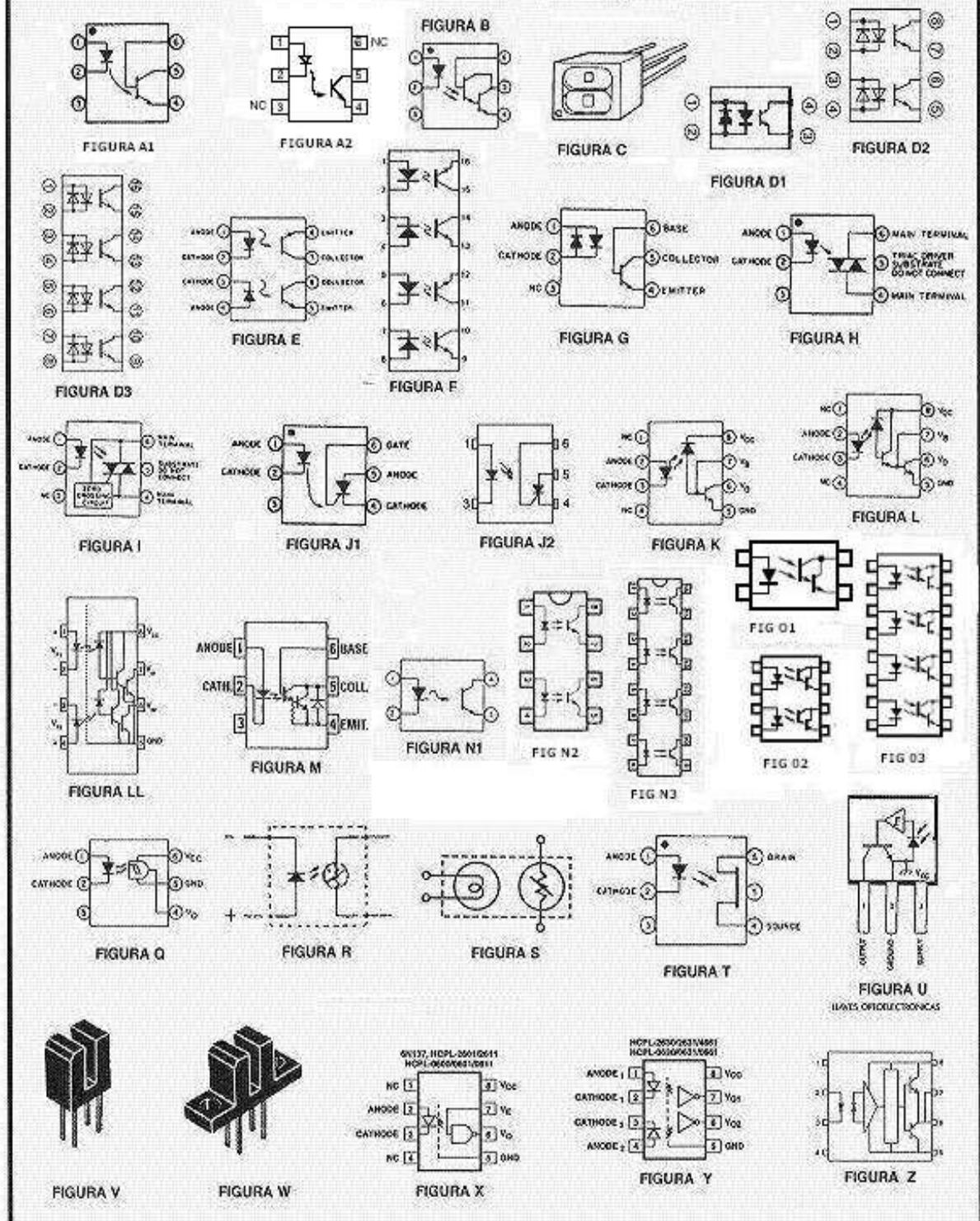


Figura 2.3

3. PARAMETROS DEL TRIAC

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

TIRISTORES Y TRIACS

NTE5645

TRIAC – 10A

Isolated Tab

Description:

The NTE5645 is an 10 Amp TRIAC in a TO220 type package designed to be driven directly with IC and MOS devices and features proprietary, void-free glass passivated chips. This device is a bi-directional triode thyristor and may be switched from off-state to conduction for either polarity of applied voltage with positive or negative gate trigger current. The NTE5645 is designed for control applications in lighting, heating, cooling and static switching relays.

Absolute Maximum Ratings:

Repetitive Peak Off-State Voltage (Gate Open, $T_J = +100\text{ }^\circ\text{C}$), V_{DRM} 600V
 RMS On-State Current ($T_C = +75\text{ }^\circ\text{C}$, Conduction Angle of $180\text{ }^\circ\text{C}$), $I_T(\text{RMS})$ 10A

Peak Surge (Non-Repetitive) On-State Current (One Cycle, 50Hz or 60Hz), I_{TSM} 100A

Peak Gate-Trigger Current (30s Max), I_{GTM} 4A

Peak Gate-Power Dissipation ($I_{GT} \leq I_{GTM}$ for 30s Max), P_{GM} 40W

Average Gate-Power Dissipation, $P_{G(AV)}$ 200mW

Operating Temperature Range, T_J $-40\text{ }^\circ\text{C}$ to $+150\text{ }^\circ\text{C}$

Storage Temperature Range, T_{stg} $-40\text{ }^\circ\text{C}$ to $+100\text{ }^\circ\text{C}$

Typical Thermal Resistance, Junction-to-Case, R_{thJC} $2.5\text{ }^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics:

(TC = +25°C, Maximum Ratings unless otherwise specified)

Parameter Symbol Test Conditions Min Typ Max UnitPeak Off-State Current I_{DRM} $V_{DRM} = 600V$, Gate Open, $T_J = +100^\circ C$ -- 2 mAMax. On-State Voltage V_{TM} $I_T = 14A$ -- 2.2 VDC Holding Current I_H Gate Open -- 50 mA

Critical Rate-of-Rise of Off-State

Voltage

Critical

dv/dt

 $V_D = 600V$, Gate Open, $T_C = +100^\circ C$ -- 5 -- V/Ds

DC Gate Trigger Current

T₂ (+) Gate (+), T₂ (-) Gate (-)T₂ (+) Gate (-), T₂ (-) Gate (+)IGT $V_D = 12V$, $R_L = 30\Omega$

—

—

50 mA

80mA

Electrical Characteristics (Cont'd):

(TC = +25°C, Maximum Ratings unless otherwise specified)

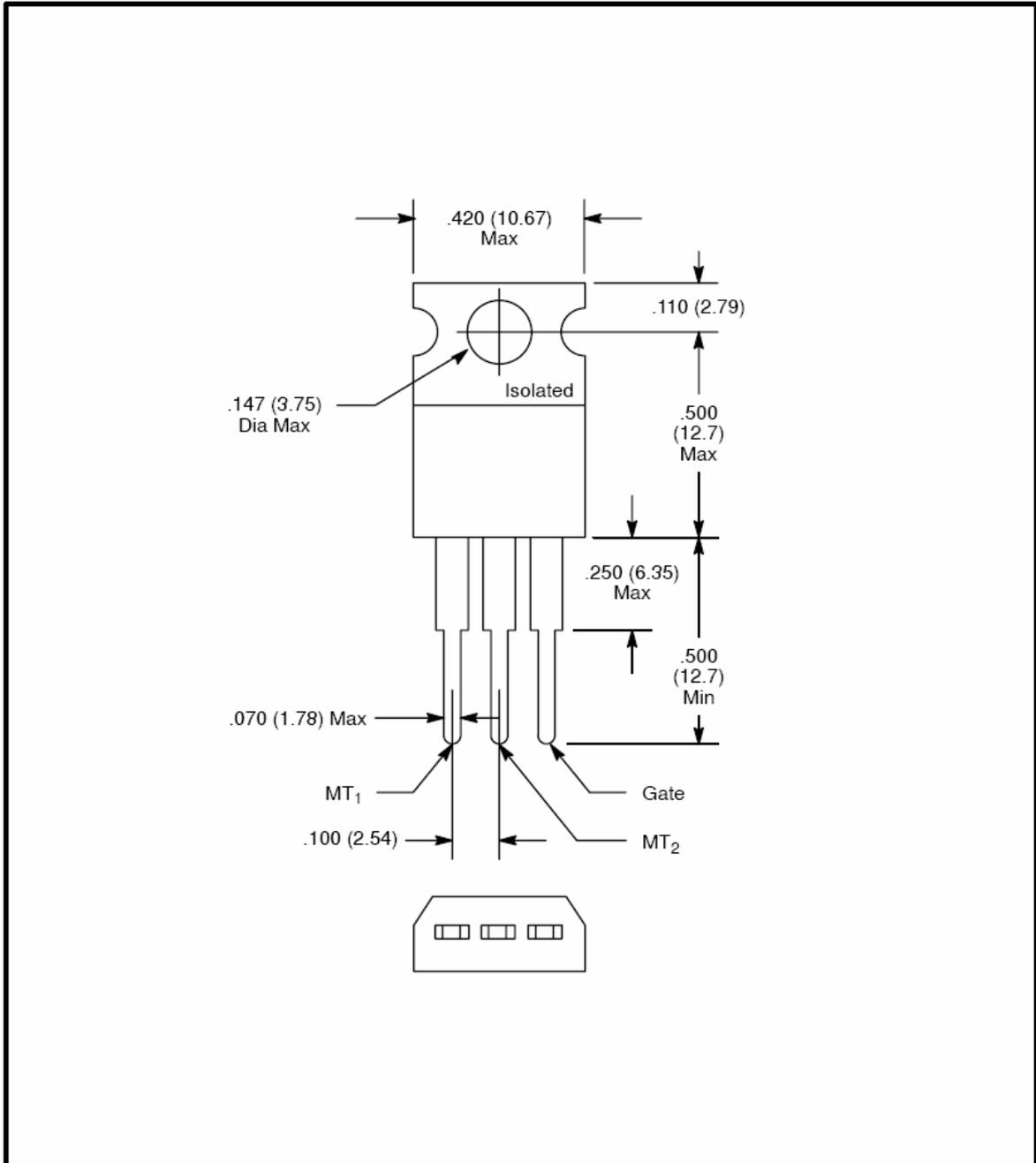
Parameter Symbol Test Conditions Min Typ Max UnitDC Gate Trigger Voltage V_{GT} $V_D = 12V$, $R_L = 30\Omega$ -- 2.5 VGate-Controlled Turn-On Time t_{gt} $V_D = 600V$, IGT = 80mA, $t_r = 0.1^\circ s$,
iT = 10A (Peak)**Electrical Characteristics:** ($T_C = +25^\circ C$, Maximum Ratings unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Peak Off-State Current	I_{DRM}	$V_{DRM} = 600V$, Gate Open, $T_J = +100^\circ C$	—	—	2	mA
Max. On-State Voltage	V_{TM}	$I_T = 14A$	—	—	2.2	V
DC Holding Current	I_H	Gate Open	—	—	50	mA
Critical Rate-of-Rise of Off-State Voltage	Critical dv/dt	$V_D = 600V$, Gate Open, $T_C = +100^\circ C$	—	5	—	V/ μs
DC Gate Trigger Current	I_{GT}	$V_D = 12V$, $R_L = 30\Omega$	—	—	50	mA
T ₂ (+) Gate (+), T ₂ (-) Gate (-)			—	—	80	mA
T ₂ (+) Gate (-), T ₂ (-) Gate (+)			—	—	80	mA

Tabla 3.1

Electrical Characteristics (Cont'd): ($T_C = +25^\circ\text{C}$, Maximum Ratings unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
DC Gate Trigger Voltage	V_{GT}	$V_D = 12\text{V}$, $R_L = 30\Omega$	—	—	2.5	V
Gate-Controlled Turn-On Time	t_{gt}	$V_D = 600\text{V}$, $I_{GT} = 80\text{mA}$, $t_r = 0.1\mu\text{s}$, $i_T = 10\text{A (Peak)}$	—	2.5	—	μs

**Figura 3.1**

4. FOTOS DEL PROYECTO

FOTO DE LAS PISTAS DE LA TARJETA DE LA CONSOLA

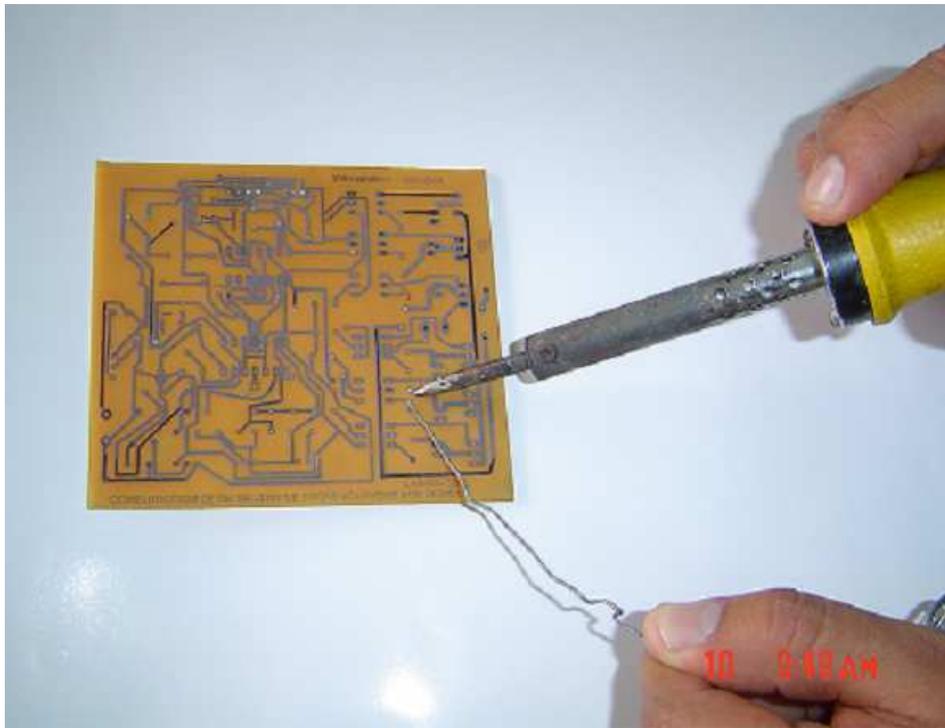


FOTO DE SOLDADO DE LA TARJETA (FUENTE DE ALIMENTACION Y CIRCUITO PRINCIPAL)

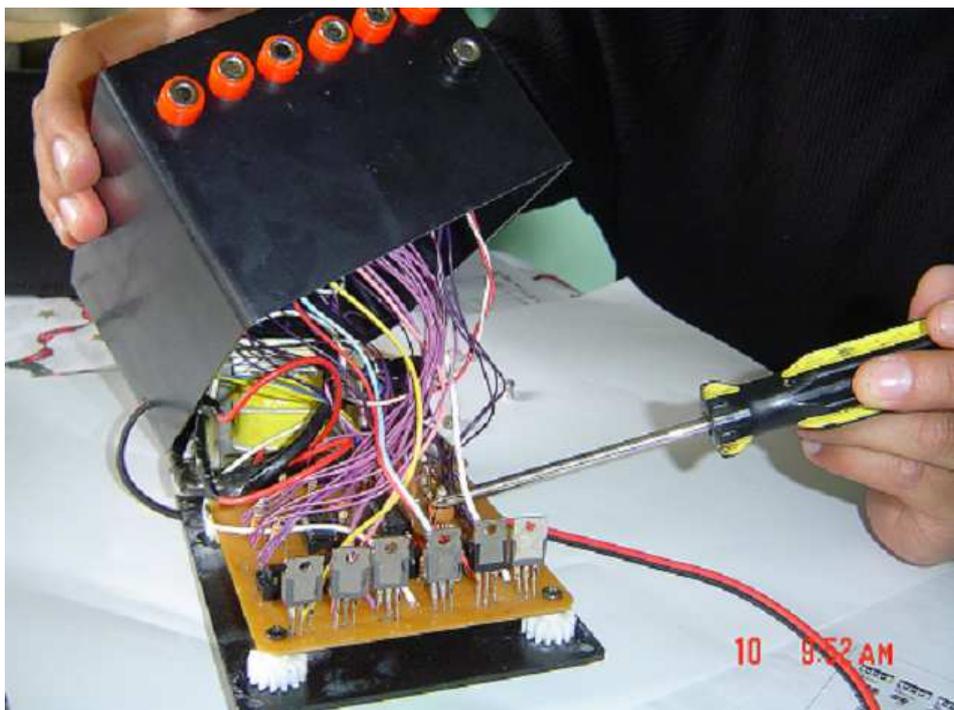


FOTO DE ARMADO DE LA TARJETA (FUENTE DE ALIMENTACION Y CIRCUITO PRINCIPAL) Y SU RESPECTIVA CARCASA



FOTO DE LA CONSOLA DE CALIBRACION



FOTO DE AJUSTE DEL CIRCUITO DE ILUMINACION**FOTO DEL APARATO DE ILUMINACION**

FOTO DE LA CONSOLA DE CALIBRACION Y EL APARATO DE ILUMINACION CONECTADAS RESPECTIVAMENTE

