

MÓDULO DOS ELECTROTECNIA

U.D. 4 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS ANALÓGICOS  
BÁSICOS Y SUS APLICACIONES. TIPOLOGÍA Y  
CARACTERÍSTICAS. ANÁLISIS FUNCIONAL

M 2 / UD 4



## ÍNDICE

Introducción.....	173
Objetivos.....	175
1. Amplificadores de potencia de audio.....	177
1.1. Amplificador estereofónico de 11W por canal .....	177
1.2. Amplificador estereofónico de 60W por canal .....	178
1.3. Amplificadores operacionales de potencia .....	179
2. Multivibradores y circuitos de control de tiempo .....	181
2.1. El temporizador integrado LM555 .....	182
3. Fuentes de alimentación reguladas.....	185
3.1. Reguladores de voltaje integrados .....	186
Resumen .....	189



## INTRODUCCIÓN

En el módulo anterior se estudiaron las características de una serie de componentes electrónicos básicos, tales como los diodos, transistores, tiristores, optoacopladores y amplificadores operacionales. Para todos esos dispositivos se presentaron y analizaron aplicaciones básicas.

En este módulo se ampliará más la información relativa a varios de esos dispositivos, se estudiarán nuevas aplicaciones y se presentarán algunos circuitos integrados que por su versatilidad son muy empleados en la industria.



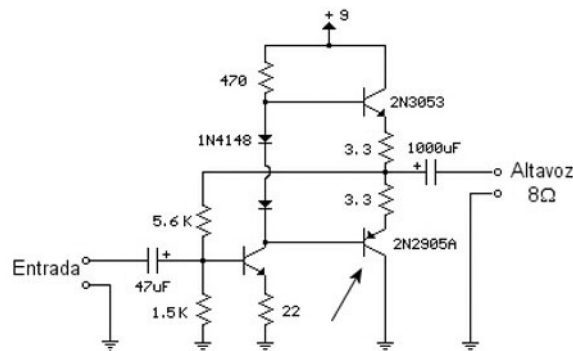
## OBJETIVOS

En este módulo se estudiarán las características y algunas aplicaciones de los amplificadores de potencia de audio, los amplificadores operacionales de potencia, los multivibradores y circuitos de control de tiempo y se ampliarán los conocimientos sobre las fuentes de alimentación reguladas.



## 1. AMPLIFICADORES DE POTENCIA DE AUDIO

En el módulo anterior, se mostró un circuito amplificador de potencia en audio, compuesto por dos transistores NPN y un transistor PNP:



Amplificador de potencia (audio)

La configuración de este amplificador de potencia es lo que se podría llamar una “configuración electrónica clásica”, dado que se ha venido utilizando a lo largo de más de 50 años sin ninguna modificación importante. Obviamente, dados nuestros conocimientos, nos resulta imposible acometer el análisis de un circuito de mediana complejidad como el mostrado.

Afortunadamente, dada la versatilidad y simplicidad de utilización de los circuitos integrados, podemos implementar amplificadores de potencia con bastante facilidad, ya que toda la electrónica requerida para un amplificador de este estilo está incluida en un circuito integrado. A continuación presentaremos dos circuitos integrados (de los muchos existentes) amplificadores de potencia existentes en el mercado.

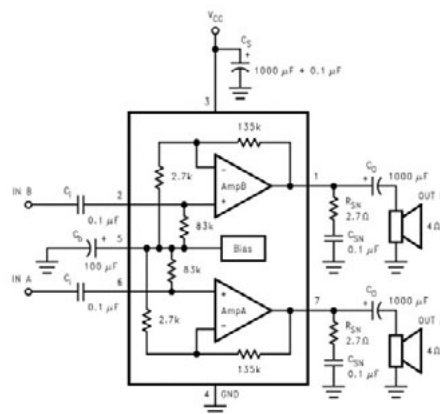
### 1.1. Amplificador estereofónico de 11W por canal

El circuito integrado LM4752 (National Semiconductor) es un amplificador estereofónico capaz de entregar una potencia de 11W por canal sobre una carga (altavoz) de  $4\Omega$ , o de 7W para un altavoz de  $8\Omega$ , utilizando una fuente de alimentación simple de 24V (también puede emplear una fuente doble). El diseño de este integrado ha sido hecho específicamente para que requiera muy pocos componentes externos. Todos los componentes de polarización y de ganancia se encuentran dentro del integrado. A nivel externo solo se requieren condensadores de filtraje y acoplamiento (éstos dejan pasar la componente AC del audio y bloquean la CC de polarización).



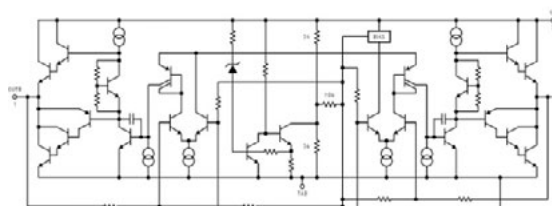
EMPAQUE DEL LM4752

En la ilustración que se presenta a continuación, se muestra el esquema típico de un amplificador de potencia en el que se emplea este circuito integrado. Lo que se encuentra encerrado en el recuadro es el equivalente del integrado:



ESQUEMA DE UTILIZACIÓN DEL LM4752

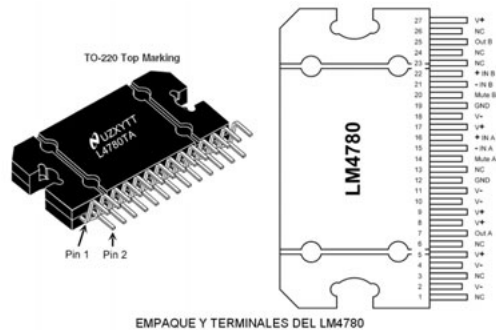
Finalmente, sólo como curiosidad, se presenta el esquema interno de este circuito integrado:



ESQUEMA INTERNO DEL LM4752

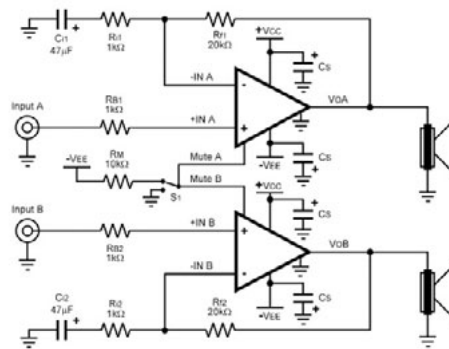
## 1.2. Amplificador estereofónico de 60W por canal

El amplificador estereofónico integrado de potencia LM4780 es capaz de entregar 60W por canal sobre un altavoz de 8W, con una distorsión armónica inferior al 0,5%. Posee protección interna contra el aumento de temperatura, protección contra picos excesivos de potencia. Puede ser también utilizado como amplificador monofónico, pudiendo entregar en esta configuración 120W de potencia.



EMPAQUE Y TERMINALES DEL LM4780

Como se observa, este es un circuito integrado bastante voluminoso, dado su elevado nivel de potencia.



ESQUEMA DE UTILIZACIÓN DEL LM4780

Como conclusión de este apartado, se puede destacar que trabajar con amplificadores de potencia de audio integrados resulta sumamente sencillo dada la simplicidad de utilización de estos circuitos.

### 1.3. Amplificadores operacionales de potencia

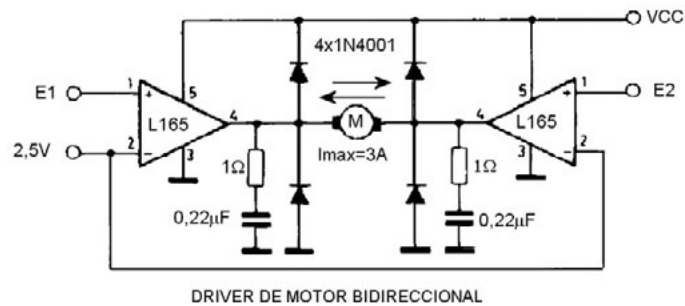
Con anterioridad, cuando se mostraron aplicaciones del amplificador operacional, se comentó que una de las limitaciones de estos dispositivos era la escasa cantidad de corriente de salida que ellos podían entregar. También se presentó un esquema para aumentar la corriente de salida de un operacional utilizando transistores adicionales. Comercialmente existen amplificadores operacionales que ya tienen incluidos estos transistores de potencia. Se utilizan de la misma manera que un operacional convencional, ya que tienen exactamente las mismas propiedades, salvo su capacidad extra de manejo de corriente. Un ejemplo de este tipo de operacional es el L165 fabricado por SGS-THOMSON.

El L165 es un circuito integrado monolítico que se puede emplear en un amplio espectro de aplicaciones del amplificador operacional, posee una ganancia elevada y una resistencia de entrada muy alta y está diseñado

para ser utilizado fundamentalmente en aplicaciones amplificadoras en las que se requiera potencia, tales como el manejo de motores y fuentes de alimentación. La corriente de salida de este dispositivo es de 3A en cualquiera de los dos sentidos (entregando o absorbiendo).



A continuación se muestra un esquema en el que se utiliza este operacional para manejar un motor de corriente continua con ambos sentidos de rotación. El sentido de giro puede estar determinado por dos señales digitales CMOS, ya que la corriente de entrada al operacional es despreciable. Las posibilidades de control del motor son: Freno aplicado, giro a la derecha o giro a la izquierda.



## 2. MULTIVIBRADORES Y CIRCUITOS DE CONTROL DE TIEMPO

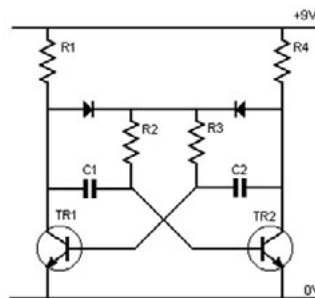
En principio, un multivibrador es un circuito oscilador capaz de generar en su salida una onda cuadrada (dos niveles diferentes de tensión continua). Según sea su funcionamiento, los multivibradores se pueden dividir en dos clases:

- De funcionamiento continuo o astable: Genera ondas cuadradas a partir de la propia fuente de alimentación.
- De funcionamiento mediante una señal de disparo: A partir de dicha señal de disparo o de excitación, el multivibrador sale de su estado normal o estado de reposo. Si el circuito posee dos estados de reposo diferentes, se llama multivibrador Biestable o báscula (en inglés, FLIP-FLOP, término sumamente utilizado en el argot técnico en castellano). En caso de que tenga un solo estado de reposo, se llama Monoestable.

Detallemos un poco más estos tres tipos multivibradores:

- **Astable:** Multivibrador que no tiene ningún estado estable, lo que significa que posee dos estados "quasi-estables" entre los que conmuta, permaneciendo en cada uno de ellos un tiempo determinado. La frecuencia de conmutación depende, en general, de la carga y descarga de condensadores. Entre sus múltiples aplicaciones se cuentan la generación de ondas periódicas (generador de reloj) y de trenes de impulsos.

En su forma más simple, un multivibrador astable está formado por dos transistores interconectados entre sí. Mediante redes de resistencias y condensadores en el circuito, se pueden definir los periodos de inestabilidad y la frecuencia de oscilación del montaje. Como ilustración, se muestra a continuación un astable implementado con transistores:



- **Biestable:** Un biestable, también llamado báscula (flip-flop en inglés), es un multivibrador capaz de permanecer en un estado determinado o en el contrario durante un tiempo indefinido. Esta característica es ampliamente utilizada en electrónica digital para memorizar información. El paso de un estado a otro se realiza variando sus entradas. Dependiendo del tipo de dichas entradas los biestables se dividen en:
  - Asíncronos: Sólo tienen entradas de control. El más empleado es el biestable RS.
  - Síncronos: Además de las entradas de control poseen una entrada de sincronismo o de reloj. Si las entradas de control dependen de la de sincronismo se denominan síncronas y en caso contrario, asíncronas. Por lo general, las entradas de control asíncronas prevalecen sobre las síncronas.

La entrada de sincronismo puede ser activada por nivel (alto o bajo) o por flanco (de subida o de bajada). Dentro de los biestables síncronos activados por nivel están los tipos RS y D, y dentro de los activos por flancos los tipos JK, T y D.

A nivel de la electrónica digital, existen diferentes familias de circuitos integrados (TTL, CMOS...) que nos permiten utilizar con simplicidad todos estos tipos de biestables.

- **Monoestable:** El monoestable es un circuito multivibrador que realiza una función secuencial consistente en que al recibir una excitación exterior, cambia de estado y se mantiene en él durante un periodo que viene determinado por las resistencias y condensadores empleados. Transcurrido dicho periodo de tiempo, la salida del monoestable vuelve a su estado original. Por tanto, tiene un estado estable (de aquí su nombre) y un estado quasi estable.

Nuevamente acudiremos a los circuitos integrados para implementar con ellos Monoestables y astables. Un circuito integrado multivibrador muy popular es el 555, que usa un sofisticado diseño interno para lograr una gran precisión, estabilidad y flexibilidad, requiriendo con muy pocos componentes externos para emplearlo. A continuación, se presentarán algunas aplicaciones de este circuito integrado.

## 2.1. El temporizador integrado LM555

El LM555 de NATIONAL SEMICONDUCTOR es dispositivo muy estable que se utiliza para generar con exactitud retardos de tiempo o generar ondas cuadradas o rectangulares. Adicionalmente, posee entradas por si se desea hacer disparo externo o puestas a cero forzadas. La temporización viene determinada por resistencias y condensadores

externos y el circuito es capaz de manejar a su salida 200mA en ambos sentidos.

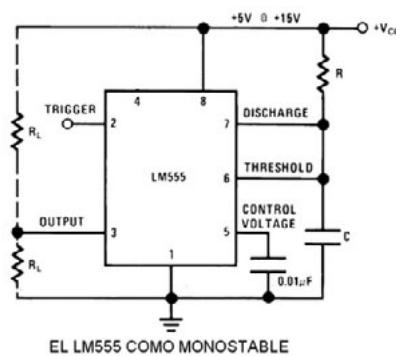


### 2.1.1. Aplicaciones del LM555

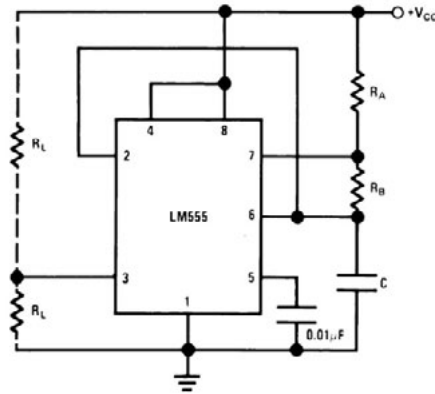
**El LM555 como temporizador Monoestable:** En esta configuración la señal externa de disparo del monoestable se debe colocar el terminal TRIGGER. Cada vez que en esta señal ocurre un frente descendente (la señal pasa de nivel alto a nivel bajo), el monoestable pasa al estado inestable. La duración del período de inestabilidad (y la duración del pulso en la salida), cumple con la siguiente relación simple:

$$T = 1,1R \times C$$

La carga RL se puede colocar de dos maneras diferentes (observe el circuito) en función de los requerimientos de la aplicación particular.

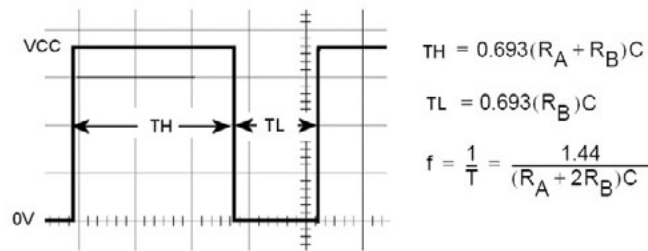


**El LM555 como temporizador astable:** En esta Configuración no se requiere ninguna señal de entrada.



EL LM555 COMO OSCILADOR ASTABLE

A continuación, se muestra la forma de onda en la salida (terminal 3), junto con los tiempos y frecuencia de oscilación del conjunto:



TIEMPOS Y FRECUENCIA DE OSCILACIÓN

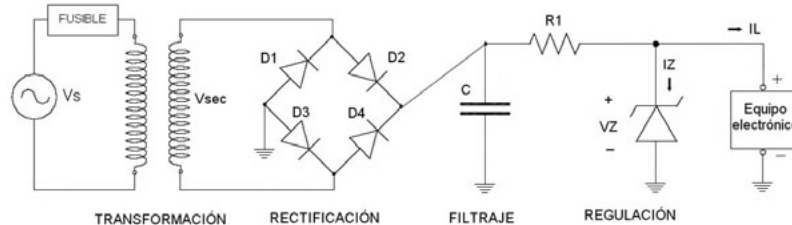
Aparte del Monoestable y el astable, el temporizador LM55 tiene infinidad de aplicaciones adicionales dentro del campo de la generación de pulsos y diferentes formas de onda.

### 3. FUENTES DE ALIMENTACIÓN REGULADAS

Cuando se estudió el diodo zener, se presentaron algunos esquemas para implementar fuentes de alimentación reguladas, es decir, con voltaje de salida constante. Cualquier fuente de alimentación regulada tiene un conjunto de etapas que la conforma:

- 1- **Etapas de transformación:** El transformador, aparte de aislar nuestro circuito de la red, reduce el voltaje AC hasta un nivel adecuado para el correcto funcionamiento de la fuente.
- 2- **Etapas de rectificación:** Bien sea de media onda u onda completa, la etapa rectificadora se encarga de convertir el voltaje AC en el secundario del transformador a un voltaje de CC.
- 3- **Etapas de filtraje:** Normalmente se trata de un condensador que se dedica a reducir notablemente el voltaje de rizado que se encuentra a la salida del bloque rectificador.
- 4- **Etapas reguladora:** Esta es la etapa final de la fuente de alimentación y se encarga de mantener la tensión de salida constante.

A continuación se presenta uno de los esquemas que ya se mostró cuando se estudió el zener, indicando sobre él las distintas etapas que forman la fuente de alimentación:



LAS ETAPAS DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN REGULADA

La regulación en base a un diodo zener es la solución más elemental posible, no resulta eficaz para aplicaciones en las que se persiga una excelente regulación y que sea inmune a las variaciones de el voltaje de alimentación AC, y a las variaciones de corriente de carga ( $I_L$ ) que pueda tener el equipo a alimentar bajo las diversas condiciones de operación que existan sobre él.

Para obtener una regulación mucho más satisfactoria, existen “soluciones clásicas” en las que la etapa de regulación está formada por un conjunto de transistores. Desde hace ya muchos años se acude a las soluciones que utilizan reguladores de voltaje integrados, disponibles en una amplia gama de voltajes de salida (tanto positivos como negativos). Aparte de disponer de reguladores de voltaje fijos, también se dispone de reguladores

de voltaje variables que determinan su voltaje de salida mediante un potenciómetro.

### 3.1. Reguladores de voltaje integrados

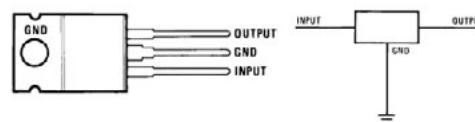
Los reguladores de voltaje integrados son dispositivos de tres terminales (indistinguibles por su apariencia de un transistor de potencia). Entre sus características más relevantes, pueden mencionarse las siguientes:

- Poseen limitación interna sobre su corriente y potencia de salida, es decir que aunque se cortocircuite la salida del dispositivo, éste no se destruirá.
- No requieren ninguna componente externa al circuito integrado.
- La tensión de salida no variará más de 3% si la corriente de carga es inferior a la máxima permitida y la tensión de entrada al regulador se mantiene entre los límites que el fabricante indique.

Para mostrar algunos ejemplos, se presentarán dos reguladores integrados, uno fijo y otro ajustable.

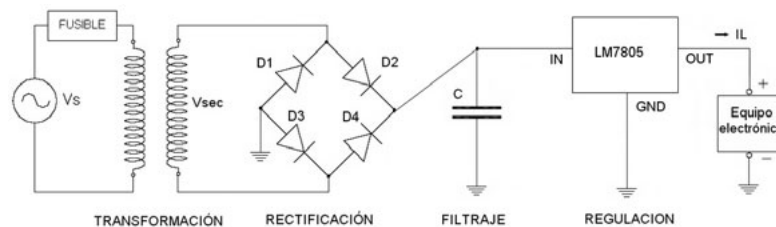
#### 3.1.1. El LM7805, Regulador integrado fijo de 5V 1A

Se trata de un regulador con 5V de salida y una corriente máxima de 1A. La regulación de este dispositivo está asegurada mientras la tensión de entrada sea superior a 7V e inferior a 24V.



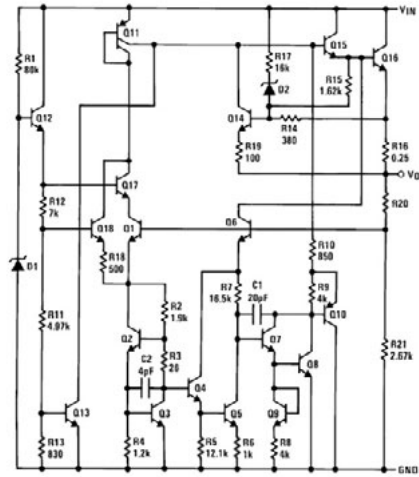
EMPAQUE Y TERMINALES DEL LM7805

La utilización de este dispositivo no puede ser más sencilla, tal como se muestra en este esquema:



FUENTE DE ALIMENTACIÓN REGULADA DE 5V 1A

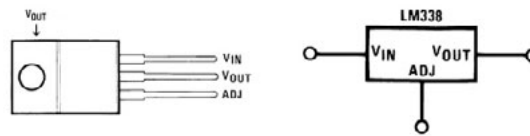
A título de curiosidad, se muestra a continuación el esquema interno del LM7805:



ESQUEMA INTERNO DEL LM7805

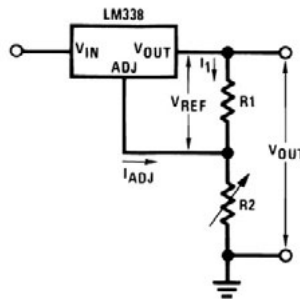
### 3.1.2. El LM338, regulador ajustable de 5A

Se trata de un regulador que puede ser utilizado para entregar un voltaje de salida ajustable entre 1,2V y 32V, con una corriente máxima de 5A constantes y hasta 7A en un pico. Posee protección contra cortocircuitos y protección por aumento de temperatura. Las prestaciones de este regulador integrado permiten diseñar una fuente de alimentación variable que compita con las especificaciones de cualquier fuente de alimentación regulada que exista a nivel comercial.



EMPAQUE Y TERMINALES DEL LM338

Para utilizar este circuito integrado, sólo se requieren dos componentes externos: Una resistencia fija y un potenciómetro:



ESQUEMA DE UTILIZACIÓN DEL LM338

El LM338 se caracteriza por mantener una tensión regulada de 1,25V entre los terminales VOUT y ADJ. De esta manera, sobre la resistencia R1 siempre existirán 1,25V (si el voltaje aplicado en la entrada es adecuado para que el circuito integrado opere). Como se observa en el esquema, existe una corriente que sale del terminal ADJ (IADJ). Dicha corriente es normalmente despreciable, ya que el fabricante indica que su valor máximo es de 100 $\mu$ A.

Despreciando IADJ, la corriente en la resistencia R2 será igual a la corriente en R1. R1 se selecciona de manera que I1 sea bastante mayor que IADJ.

Ejemplo: Calcule R1 y R2 para obtener una fuente de alimentación variable entre 1,25V y 12V.

$$I_1 = \frac{1,25V}{R_1} > 100\mu A \Rightarrow I_1 = 10mA \Rightarrow R_1 = \frac{1,25V}{10mA} \Rightarrow R_1 = 125\Omega$$

El voltaje de salida VOUT es la suma de 1,25V (VR1) más el voltaje que exista en R2. Cuando R2 esté en 0 $\Omega$ , el voltaje de salida será 1,25V. El valor máximo de VOUT (12V) ocurrirá cuando R2 esté en su valor máximo. Bajo esa condición se cumple:

$$V_{OUT} = 12V = 1,25V + R_{2max} \times 10mA$$

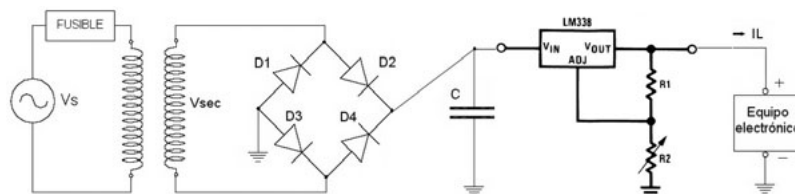
de aquí se desprende que:

$$R_{2max} = \frac{12V - 1,25V}{10mA} = 1080\Omega$$

Una expresión exacta (sin despreciar IADJ) para el voltaje de salida es la siguiente:

$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} \times R_2$$

En la siguiente ilustración se muestra lo que podría ser el esquema de una fuente de alimentación variable en la que se destaca el LM338:



ESQUEMA GENERAL DE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN REGULADA AJUSTABLE

## RESUMEN

La implementación de amplificadores de potencia de audio se simplifica enormemente gracias a la existencia de diferentes circuitos integrados diseñados para este propósito específico.

En caso de que se requiera una aplicación en la que sea indispensable que un amplificador operacional maneje elevadas corrientes (y potencias), existen circuitos integrados específicos para esas aplicaciones.

Un multivibrador biestable o flip-flop es capaz de permanecer en un estado determinado o en el contrario durante un tiempo indefinido. Esta característica es ampliamente utilizada en electrónica digital para memorizar información. A nivel de la electrónica digital existen diferentes familias de circuitos integrados (TTL, CMOS...) que nos permiten utilizar con simplicidad los diferentes tipos de biestables.

Un multivibrador astable es un oscilador que no tiene ningún estado estable, lo que significa que posee dos estados "quasi-estables" entre los que conmuta, permaneciendo en cada uno de ellos un tiempo determinado. El temporizador integrado LM555 puede ser utilizado como multivibrador astable.

Un multivibrador monoestable es un circuito que realiza una función secuencial consistente en que al recibir una excitación exterior, cambia de estado y se mantiene en él durante un periodo que viene determinado por las resistencias y condensadores empleados. Transcurrido dicho periodo de tiempo, la salida del monoestable vuelve a su estado original. El temporizador integrado LM555 puede ser utilizado como multivibrador monoestable.

Una fuente de alimentación regulada esta formada por las siguientes 4 etapas:

Etapas de transformación, etapa de rectificación, etapa de filtraje y etapa reguladora.

La implementación de una etapa reguladora se simplifica enormemente gracias a la utilización de circuitos integrados reguladores de voltaje.