

Componentes Básicos

- [La Resistencia \(resistor\)](#)
- [Clasificación de las resistencias](#)
- [El Condensador \(capacitor\)](#)
- [Clasificación de los condensadores](#)
- [La Bobina \(inductor\)](#)

Componentes Avanzados

- [Resistencia variable - potenciómetro, reóstato](#)
- [El Transformador](#)
- [El relay, relé o relevador](#)

Semiconductores

- [El diodo semiconductor](#)
- [El diodo Zener](#)
- [El diodo LED](#)
- [El diodo Schottky, el diodo Tunnel](#)
- [El transistor bipolar](#)
- [FET de juntura o JFET](#)
- [El tiristor \(SCR\)](#)
- [El Triac](#)
- [El transistor uniunión \(UJT\)](#)
- [Transistor de Uniunión programable \(PUT\)](#)
- [El fotodiodo](#)
- [El fototransistor](#)
- [El transistor Darlington](#)
- [Encapsulado de los transistores](#)
- [Disipadores de calor \(heatsinks\)](#)

OptoElectrónica

- [La Luz: características y estructura](#)
- [El optoacoplador](#)
- [Fotorresistencia o LDR](#)
- [El fotodiodo](#)
- [El fototransistor](#)
- [El diodo LED](#)
- [El diodo laser](#)
- [La lámpara incandescente](#)
- [El Visualizador LCD \(Display de Cristal Líquido\)](#)
- [El espectro electromagnético](#)

Filtros

- [Filtros, frecuencia central, de resonancia, de corte, ancho de banda](#)
- [Filtros: Orden, fase, relación entre entrada y salida.](#)
- [Filtro RC paso bajo](#)
- [Filtro RC paso alto](#)
- [Filtro RL paso bajo](#)
- [Filtro RL paso alto](#)
- [Filtro RC pasa banda](#)
- [Filtro Activo Paso Bajo con Amp. Op.](#)
- [Filtro Activo Pasa Banda con Amp. Op.](#)

Circuitos Integrados

+ El 555

- [El temporizador 555](#)
- [Oscilador astable con 555 con \$t_1 = t_2\$](#)

+ El Amplificador operacional

- [Inicios, características, ganancia a lazo abierto](#) **NUEVO**
- [Ganancia a lazo cerrado \(realimentación\), inversor en CC](#) **NUEVO**

- [Circuito inversor en CA, frecuencia, saturación, tierra virtual](#) **NUEVO**
- [Amplificador Operacional con fuente única. Capacitor de bloqueo](#) **NUEVO**
- [Amplificador Operacional no inversor, ganancia, impedancia de entrada y salida](#) **NUEVO**
- [Comparadores con amplificador operacional](#)
- [Comparador de ventana con dos amplificadores operacionales](#)
- [El comparador regenerativo \(disparador Schmitt\) - generador de onda cuadrada](#)
- [Integrador con amplificador operacional](#)
- [Generador de onda triangular, entrada senoidal en un integrador](#)
- [Derivador con amplificador operacional](#)

Digital

- [Convertidor Analógico - Digital \(ADC\)](#)
- [Convertidor analógico digital con comparadores](#)
- [Implementación de un convertidor analógico - digital con un contador, un DAC, un temporizador y un comparador](#)
- [Convertidor Digital - Analógico \(DAC\)](#)

Instrumentos

- [El multímetro, VOM, polímetro](#)
- [Definiciones importantes en instrumentación](#)

Máquinas eléctricas

- [El Motor de corriente continua \(c.c\)](#)
- [El Motor de corriente alterna \(a.c.\)](#)

Telecomunicaciones

- [Amplitud modulada \(A.M.\)](#)

Conceptos Básicos

- [Definición de unidades comunes](#)
- [La corriente eléctrica](#)
- [La electricidad y la estructura de la materia](#)
- [La resistencia eléctrica \(concepto\)](#)
- [Variación de la resistencia con la temperatura](#) **NUEVO**
- [La resistividad](#)
- [La tensión eléctrica \(diferencia de potencial\)](#)
- [La electricidad estática](#)
- [Notación científica, notación ingeniería](#)
- [El decibel o decibelio](#)
- [Corriente continua](#)
- [Corriente alterna \(C.A.\)](#)
- [El radián](#)
- [Potencia en corriente alterna](#)
- [Tensión, voltaje](#)
- [La Ley de Ohm](#)
- [Resistencias \(resistores\) en serie y paralelo](#)
- [Condensadores \(capacitores\) serie y paralelo](#)
- [Bobinas \(inductores\) serie y paralelo](#)
- [Cálculo de bobinas con núcleo de aire](#)
- [Bobina / inductor con núcleo metálico](#)
- [Código de colores de las resistencias](#)
- [Códigos de los condensadores](#)
- [Como realizar mediciones en CD](#)
- [Como realizar mediciones en AC](#)
- [El puente de Wheatstone](#)
- [Medición de resistencias de bajo valor](#)
- [Medición de resistencias sensibles](#)

- [Como probar diodos y transistores](#)
- [Determinación del patillaje de un transistor](#)
- [El amplificador, ganancia de tensión, corriente y potencia](#)
- [El funcionamiento de las baterías](#)
- [Analógico - Digital](#)
- [Circuitos Lógicos](#)
- [Potencia en una resistencia \(Ley de Joule\)](#)
- [Energía y potencia](#)
- [Ley de corrientes de Kirchoff](#)
- [Ley de tensiones de Kirchoff](#)
- [Funcionamiento del tubo al vacío](#)

Conceptos Avanzados

- [El condensador y la corriente directa](#)
- [El condensador y la corriente alterna](#)
- [La bobina y las corrientes, factor de calidad Q](#)
- [Circuito RC serie](#)
- [Circuito RC paralelo](#)
- [Circuito RL en serie](#)
- [Circuito RL en paralelo](#)
- [Respuesta transitoria de un circuitos RL serie](#)
- [La constante de tiempo](#)
- [Resonancia en un circuito RLC serie](#)
- [Resonancia en un circuito RLC paralelo](#)
- [Teorema de Thevenin](#)
- [Teorema de Norton](#)
- [Teorema de Millman](#)
- [Teorema de superposición](#)
- [Teorema Máxima transferencia de potencia](#)
- [Proceso de carga de un condensador \(transitorio\)](#)
- [Proceso de descarga de un condensador \(transitorio\)](#)
- [División de corriente en resistencias en paralelo](#)
- [División de voltaje en resistencias en serie](#)
- [Conversión Delta - Estrella y Estrella - Delta](#)
- [Electromagnetismo](#)
- [El campo magnético, materiales ferromagnéticos](#)
- [Impedancia](#)
- [Adaptación de impedancias para max. transferencia de potencia](#) **NUEVO**
- [Acoplamiento de impedancia para máxima tensión de señal a transmitir](#) **NUEVO**
- [Valor RMS, Valor Pico, Valor Promedio](#)
- [El transistor como switch \(interruptor\)](#)
- [Amplificador a transistor emisor común](#)
- [Amplificador a transistor seguidor emisor](#)
- [Amplificador contrafásico o Push-Pull](#)
- [Osciladores](#)
- [El oscilador Hartley](#)
- [El oscilador Colpitts](#)

Microcontroladores PIC

- [Controladores, microcontroladores, microprocesadores, arquitectura interna de un microcontrolador](#)
- [Memoria de programas, memoria de datos, líneas de entrada y salida, recursos auxiliares, programación de microcontroladores](#)
- [El PIC 16F84, para que sirve?, organización de la memoria](#)
- [Repertorio de instrucciones, circuitería básica](#)

- [Nuestro primer programa](#)
- [Programación de PICs, despedida, bibliografía](#)

El Autómata o PLC

- [Introducción](#)
- [Hardware PLC, la F.A., CPU, tarjetas E/S](#)
- [Hardware PLC, el bastidor o rack](#)
- [Hardware PLC, tarjetas de E/S](#)
- [Software PLC, Operandos](#)
- [Software PLC, operadores, puertas Y, O](#)
- [Software PLC, báscula RS](#)
- [Como funciona un autómata](#)
- [Como funciona un autómata \(continuación\)](#)
- [Como funciona un autómata \(final\)](#)
- [Como programar un PLC](#)

El UPS (introducción)

- [Qué es? - El inversor](#)
- [La batería - Control](#)

Topologías de UPS

- [Off line, stand-by o fuera de línea, filtros, la batería](#)
- [Cargador de baterías - el inversor - Interruptor de transferencia](#)
- [Funcionamiento - Modo Normal / baterías - Ventajas, desventajas](#)
- [UPS Stand-By con regulación de voltaje](#)
- [La UPS on line \(en línea\)](#)
- [Modo Bypass - Comentarios finales](#)

Fuentes de alimentación

- [Fuente de alimentación](#)
- [El rectificador de 1/2 onda](#)
- [Rectificador de onda completa con transformador con derivación central](#)
- [Rectificador de onda completa con puente de diodos](#)
- [Regulador con diodo Zener](#)
- [La resistencia interna en la fuente de alimentación](#)
- [Elevación de la tensión de salida de reguladores 78XX \(parte 1\)](#)
- [Elevación de la tensión de salida de reguladores 78XX \(parte 2\)](#)
- [El regulador monolítico variable LM317 / LM217 / LM117 **NUÉVO**](#)
- [Limitación de corriente en fuentes de tensión](#)
- [Corrección del factor de potencia en cargas inductivas](#)

Componentes Básicos

El resistor / La resistencia

Cualquier elemento localizado en el paso de una corriente eléctrica sea esta corriente continua o corriente alterna y causa oposición a que ésta circule se llama resistencia o resistor. En el gráfico siguiente vemos que tenemos un bombillo / foco en el paso de la corriente que sale del terminal positivo de la batería y regresa al terminal negativo. Este bombillo / foco que todos tenemos en nuestros hogares es una resistencia.



Normalmente las resistencias se representan con la letra R y el valor de éstas se mide en Ohmios (Ω). Las resistencias o resistores son fabricadas en una amplia variedad de valores. Hay resistencias con valores de Kiloohmios ($K\Omega$), Megaohmios ($M\Omega$). Estas dos últimas unidades se utilizan para representar resistencias muy grandes. En la siguiente tabla vemos las equivalencias entre ellas

$$\begin{aligned} 1 \text{ Kiloohmio (K}\Omega\text{)} &= 1,000 \text{ Ohmios (}\Omega\text{)} \\ 1 \text{ Megaohmio (M}\Omega\text{)} &= 1,000,000 \text{ Ohmios (}\Omega\text{)} \\ 1 \text{ Megaohmio (M}\Omega\text{)} &= 1,000 \text{ Kiloohmios (K}\Omega\text{)} \end{aligned}$$

Para poder saber el valor de las resistencias sin tener que medirlas, existe un código de colores que nos ayuda a obtener con facilidad este valor con sólo verlas.

Para obtener la resistencia de cualquier elemento de un material específico, es necesario conocer algunos datos propios de éste, como son: su longitud, área transversal, resistencia específica o resistividad del material con que está fabricada. Ver: [Resistividad](#)

La conductancia

La recíproca (inverso) de la resistencia es la conductancia. Se representa generalmente por la letra G. Un circuito con elevada conductancia tiene baja resistencia, y viceversa.

Una resistencia de 1 Ohmio (ohm) posee una conductancia de 1 mho

Una resistencia de 1000 Ohmios (ohms) posee una conductancia de 0.001 mho.

Los valores comunes de resistencias son: 1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2, etc., todas ellas $\times 10^n$, donde $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

A continuación se presentan los valores normalizados de estas para diferentes casos de tolerancia

Tolerancia: 10 %	Tolerancia: 5 %	Tolerancia: 2 %
1.0	1.0 - 1.1	1.00 - 1.05 - 1.1 - 1.15
1.2	1.2 - 1.3	1.21 - 1.27 - 1.33 - 1.40 - 1.47
1.5	1.5 - 1.6	1.54 - 1.62 - 1.69 - 1.78
1.8	1.8 - 2.0	1.87 - 1.96 - 2.00 - 2.05 - 2.15
2.2	2.2 - 2.4	2.26 - 2.37 - 2.49 - 2.61

2.7	2.7 - 3.0	2.74 - 2.87 - 3.01 - 3.16
3.3	3.3 - 3.6	3.32 - 3.48 - 3.65 - 3.83
3.9	3.9 - 4.3	4.02 - 4.22 - 4.42 - 4.64
4.7	4.7 - 5.1	4.87 - 5.11 - 5.36
5.6	5.6 - 6.2	5.62 - 5.90 - 6.19 - 6.49
6.8	6.8 - 7.5	6.81 - 7.15 - 7.50 - 7.87
8.2	8.2 - 9.1	8.25 - 8.66 - 9.09 - 9.53



Clasificación de los resistores / resistencia

Hay básicamente dos tipos de resistores: los fijos y los variables, que a su vez se subdividen dependiendo de características propias. A continuación se presenta una tabla con una clasificación general: (véase la tabla de clasificación de izquierda a derecha)

RESISTENCIAS

Fijas: tienen un valor nominal fijo. Se dividen en: de película y bobinadas	De película (químicas): se utilizan en potencias bajas, que van desde 1/8 watt hasta los 3 watts y consisten en películas que se colocan sobre bases de cerámica especial. Este tipo de resistencias depende del material, sea carbón o compuestos metálicos. Hay de película metálica y de carbón.	Película metálica	Película gruesa Película delgada
		De carbón	
	Bobinadas: se fabrican con hilos resistivos que son esmaltados, cementados, vitrificados o son recubiertos de un material cerámico. Estas resistencias por lo general pueden disipar potencias que van desde los 5 watts (vatios) hasta los 100 watts o más		
	Variables: tienen un valor que se varía intencionalmente. Se dividen en: ajustables y dependientes de magnitudes	Ajustables	Potenciómetro de ajuste Potenciómetro giratorio Potenciómetro de cursor
	Dependientes de magnitudes	De presión De luz: (fotorresistencias) De temperatura (termistor) De tensión (varistor) De campo magnético	

El condensador – capacitor

Un condensador o capacitor es un dispositivo electrónico que está formado por dos placas metálicas separadas por un aislante llamado dieléctrico. Un dieléctrico o aislante es un material que evita el paso de la corriente.

El capacitor es un dispositivo que almacena energía en la forma de un campo eléctrico (es evidente cuando el capacitor funciona con corriente directa) y se llama capacitancia o capacidad a la cantidad de cargas eléctricas que es capaz de almacenar.

La capacidad depende de las características físicas de condensador:

- Si el área de las placas que están frente a frente es grande la capacidad aumenta
- Si la separación entre placas aumenta, disminuye la capacidad
- El tipo de material dieléctrico que se aplica entre las placas también afecta la capacidad
- Si se aumenta la tensión aplicada, se aumenta la carga almacenada

La función del dieléctrico es aumentar la capacidad del condensador.

Los diferentes materiales que se utilizan como dieléctricos tiene diferentes grados de permitividad. (diferente capacidad para el establecimiento de un campo eléctrico)

Material	Permitividad relativa (Er)
Vacío	1
Aire	1,0059
Polietileno	2,5
Porcelana	5...6
Mica	7
Pentóxido Tántalo	26
Cerámica	10 a 50000

Mientras mayor sea la permitividad mayor es la capacidad del condensador

La capacitancia de un condensador está dada por la fórmula: $C = Er \times A / d$

donde

- C = capacidad
- Er = permitividad
- A = área entre placas
- d = separación entre las placas

La unidad de medida es el faradio. Hay submúltiplos como el miliFaradio (mF), microFaradio (uF), el nanoFaradio (nF) y el picroFaradio (pF)

Las principales características eléctricas de un condensador son su capacidad o capacitancia y su máxima tensión entre placas (máxima tensión que es capaz de aguantar sin dañarse).

Nunca conectar un capacitor a un voltaje superior al que puede aguantar pues puede explotar

Algunos capacitores son polarizados (ver signo + o signo - en el cuerpo del elemento) y hay que conectarlos con cautela. **Nunca conectarlo al revés pues puede dañarse y explotar**

Hay dos tipos de condensadores. Fijos y variables. ver clasificación de los capacitores



Símbolo condensador no polarizado



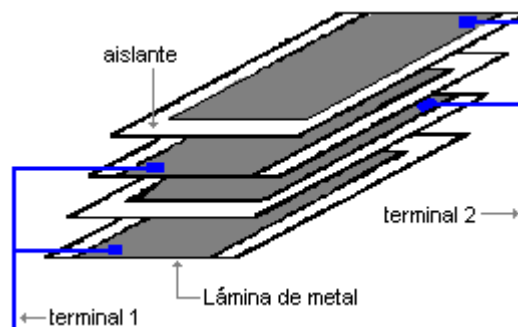
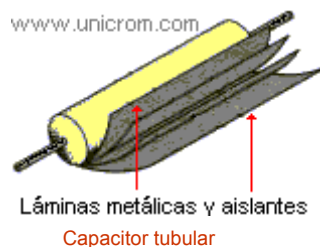
Símbolo condensador electrolítico (polarizado)

Clasificación de los condensadores / capacitores

Condensadores / Capacitores fijos:

Estos se diferencian entre sí por el tipo de dieléctrico que utilizan. materiales comunes son: la mica, plástico y cerámica y para los capacitores electrolíticos, óxido de aluminio y de tantalio.

Hay de diseño tubular, y de varias placas y dieléctrico intercalados. El diseño de múltiples placas es un diseño para aumentar el área efectiva de la placa. Entre placa y placa se coloca el aislante y cada placa de por medio se conecta.



Condensadores de cerámica

- Algunos tipos de cerámica permiten una alta permitividad y se alcanza altos valores de capacitancia en tamaños pequeños, pero tienen el inconveniente que son muy sensibles a la

temperatura y a las variaciones de voltaje.

- Hay otros tipos de cerámica que tienen un valor de permitividad menor, pero que su sensibilidad a la temperatura, voltaje y el tiempo es despreciable. Estos capacitores tienen un tamaño mayores que los otros de cerámica

Condensadores de lámina de plástico

- Láminas de plástico y láminas metálicas intercaladas: Estos tipos de capacitores son generalmente más grandes que los de lámina metalizada, pero tienen una capacitancia más estable y mejor aislamiento.

- Lámina metalizada: Tiene la lámina metálica depositada directamente en la lámina de plástico. Estos capacitores tienen la cualidad de protegerse a si mismos contra sobre voltajes. Cuando esto ocurre aparece un arco de corriente que evapora el metal eliminando el defecto.

Condensadores de mica: Son capacitores de bajo costo, baja corriente de fuga (corriente que pierden los condensadores y que hacen que este pierda su carga con el tiempo) y alta estabilidad. Su rango de valores de va de los pF a 0.1 uF.

Condensadores electrolíticos: Estos capacitores pueden tener capacitancias muy altas a un precio razonablemente bajo. Tienen el inconveniente de que tienen alta corriente de fuga y un voltaje de ruptura bajo. Son polarizados y hay que tener cuidado a hora de conectarlos pues pueden estallar si se conectan con la polaridad invertida. Se utilizan principalmente en fuentes de alimentación.

Condensadores de tantalio: Son polarizados por lo que hay que tener cuidado a la hora de conectarlo.

Condensadores / capacitores variables

- Hay un tipo muy utilizado para la sintonía de aparatos de radio. La idea de estos es variar con la ayuda de un eje (que mueve las placas del capacitor) el área efectiva de las placas que están frente a frente y de esta manera se varía la capacitancia

- Otro tipo es el "trimmer" que se utiliza para ajustes finos, en rangos de capacitancias muy pequeños. Normalmente éstos, después de haberse hecho el ajuste, no se vuelven a tocar.

La bobina

La bobina o inductor es un elemento muy interesante. A diferencia del condensador o capacitor, la bobina por su forma (espiras de alambre arrollados) almacena energía en forma de campo magnético. Todo cable por el que circula una corriente tiene a su alrededor un campo magnético generado por la corriente, siendo el sentido de flujo del campo magnético, el que establece la ley de la mano derecha (ver electromagnetismo). Al estar la bobina hecha de espiras de cable, el campo magnético circula por el centro de la bobina y cierra su camino por su parte exterior

Una característica interesante de las bobinas es que se oponen a los cambios bruscos de la corriente que circula por ellas. Esto significa que a la hora de modificar la corriente que circula por ellas (ejemplo: ser conectada y desconectada a una fuente de poder de corriente directa), esta tratará de mantener su condición anterior.

En otras palabras:

La bobina o inductor es un elemento que reacciona contra los cambios en la corriente a través de él, generando una tensión que se opone a la tensión aplicada y es proporcional al cambio de la corriente

Las bobinas se miden en Henrios (H.), pudiendo encontrarse bobinas que se miden en MiliHenrios (mH). El valor que tiene una bobina depende de:

- El número de espiras que tenga la bobina (a más vueltas mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).
- El diámetro de las espiras (a mayor diámetro, mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).
- La longitud del cable de que está hecha la bobina.
- El tipo de material de que está hecho el núcleo, si es que lo tiene.

Qué aplicaciones tiene una bobina?

- Una de la aplicaciones más comunes de las bobinas y que forma parte de nuestra vida diaria es la bobina que se encuentra en nuestros autos y forma parte del sistema de ignición.
- En los sistemas de iluminación con tubos fluorescentes existe un elemento adicional que acompaña al tubo y que comúnmente se llama balastro
- En las fuentes de alimentación también se usan bobinas para filtrar componentes de corriente alterna y solo obtener corriente continua en la salida



Símbolo del inductor

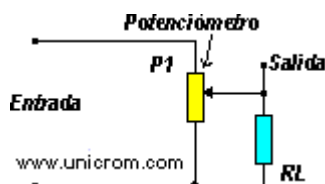
Componentes Avanzados

El potenciómetro y el reóstato

Las resistencias variables se dividen en dos categorías:

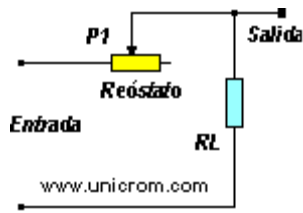
El potenciómetro

Los potenciómetros y los reóstatos se diferencian entre sí, entre otras cosas, por la forma en que se conectan. En el caso de los potenciómetros, estos se conectan en paralelo al circuito y se comporta como un divisor de tensión. Ver la figura



El Reóstato

En el caso del reóstato, éste va conectado en serie con el circuito y se debe tener cuidado de que su valor (en ohmios) y su potencia (en Watts (vatios)) que puede aguantar sea el adecuado para soportar la corriente (I en amperios (ampere)) que por él va a circular por él



Como regla general:

**Los potenciómetros se utilizan para variar niveles de voltaje
y los reóstatos para variar niveles de corriente**

Las resistencias también se pueden dividir tomando en cuenta otras características:

- Si son bobinadas.
- Si no son bobinadas.
- de débil disipación.
- de fuerte disipación.
- de precisión.

Normalmente los potenciómetros se utilizan en circuitos con poca corriente, pues no disipan casi potencia, en cambio los reóstatos son de mayor tamaño, por ellos circula más corriente y disipan más potencia.

El Transformador

Es un dispositivo que se encarga de "transformar" el voltaje de corriente alterna que tiene a su entrada en otro diferente que entrega a su salida.

El transformador se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominan: Bobina primaria o "primario" a aquella que recibe el voltaje de entrada y Bobina secundaria o "Secundario" a aquella que entrega el voltaje transformado.

- La Bobina primaria recibe un voltaje alterno que hará circular, por ella, una corriente alterna.
- Esta corriente inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro
- Como el bobinado secundario está arrollado sobre el mismo núcleo de hierro, el flujo magnético circulará a través de las espiras de éste.
- Al haber un flujo magnético que atraviesa las espiras del "Secundario", se generará por el alambre del secundario una tensión. En este bobinado secundario habría una corriente si hay una carga conectada (el secundario está conectado a una resistencia por ejemplo)

La razón de la transformación del voltaje entre el bobinado "Primario" y el "Secundario" depende del número de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario. En el secundario habrá el triple de voltaje.

La fórmula:

$$\frac{\text{Número de espiras del primario (Np)} \quad \text{Voltaje del primario (Vp)}}{\text{Número de espiras del secundario (Ns)} \quad \text{Voltaje del secundario (Vs)}} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$\text{Entonces: } V_s = N_s \times V_p / N_p$$

Un transformador puede ser "elevador o reductor" dependiendo del número de espiras de cada bobinado.

Si se supone que el transformador es ideal. (la potencia que se le entrega es igual a la que se obtiene de él, se desprecian las pérdidas por calor y otras), entonces:

$$\begin{aligned} \text{Potencia de entrada (Pi)} &= \text{Potencia de salida (Ps)} \\ P_i &= P_s \end{aligned}$$

Si tenemos los datos de corriente y voltaje de un dispositivo, se puede averiguar su potencia usando la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Potencia (P)} &= \text{Voltaje (V)} \times \text{corriente (I)} \\ P &= V \times I \text{ (watts)} \end{aligned}$$

Aplicamos este concepto al transformador y...

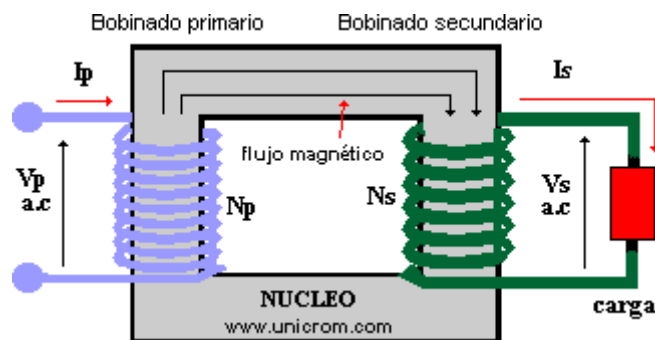
$$P(\text{bobinado primario}) = P(\text{bobinado secundario}) \text{ y...}$$

La única manera de mantener la misma potencia en los dos bobinados es de que cuando el voltaje se eleve la corriente se disminuya en la misma proporción y viceversa. Entonces:

$$\frac{\text{Número de espiras del primario (Np)}}{\text{Número de espiras del secundario (Ns)}} = \frac{\text{Corriente del secundario (Is)}}{\text{Corriente del primario (Ip)}}$$

Así, para conocer la corriente en el secundario cuando tengo la corriente I_p (corriente en el primario), N_p (espiras en el primario) y N_s (espiras en el secundario) se utiliza siguiente fórmula:

$$I_s = N_p \times I_p / N_s$$



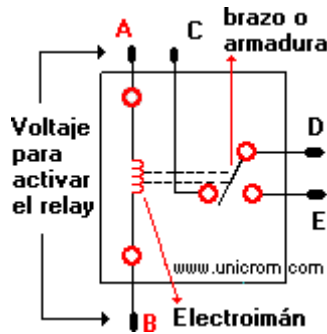
El Relay - Relé – Relevador

El Relé es un interruptor operado magnéticamente. Este se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando el electroimán (que forma parte del Relé) es energizado (le damos el voltaje para que funcione). Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo (el Relé).

Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados.

Ejemplo: Si el electroimán está activo jala el brazo (armadura) y conecta los puntos **C** y **D**. Si el electroimán se desactiva, conecta los puntos **D** y **E**.

De esta manera se puede tener algo conectado, cuando el electroimán está activo, y otra cosa conectada, cuando está inactivo



Es importante saber cual es la resistencia del bobinado del electroimán (lo que esta entre los terminales **A** y **B**) que activa el relé y con cuanto voltaje este se activa.

Este voltaje y esta resistencia nos informan que magnitud debe de tener la señal que activará el relé y cuanta corriente se debe suministrar a éste.

La corriente se obtiene con ayuda de la Ley de Ohm: $I = V / R$.

donde:

- **I** es la corriente necesaria para activar el relé
- **V** es el voltaje para activar el relé
- **R** es la resistencia del bobinado del relé

Ventajas del Relé:

- Permite el control de un dispositivo a distancia. No se necesita estar junto al dispositivo para hacerlo funcionar.
- El Relé es activado con poca corriente, sin embargo puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.
- Con una sola señal de control, puedo controlar varios Relés a la vez.

Semiconductores

El diodo semiconductor

Es el dispositivo semiconductor más sencillo y se puede encontrar, prácticamente en cualquier circuito electrónico. Los diodos se fabrican en versiones de silicio (la más utilizada) y de germanio.

Constan de dos partes una llamada N y la otra llamada P, separados por una juntura también llamada barrera o unión. Esta barrera o unión es de 0.3 voltios en el germanio y de 0.6 voltios aproximadamente en el diodo de silicio.



Símbolo del diodo (A - ánodo K - cátodo)

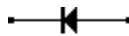
El diodo se puede hacer funcionar de 2 maneras diferentes:

Polarización directa: Es cuando la corriente que circula por el diodo sigue la ruta de la flecha (la del diodo), o sea del ánodo al cátodo. En este caso la corriente atraviesa el diodo con mucha facilidad comportándose prácticamente como un corto circuito.



Diodo en polarización directa

Polarización inversa: Es cuando la corriente en el diodo desea circular en sentido *opuesto* a la flecha (la flecha del diodo), o sea del cátodo al ánodo. En este caso la corriente no atraviesa el diodo, y se comporta prácticamente como un circuito abierto.



Diodo en polarización inversa

Nota: El funcionamiento antes mencionado se refiere al diodo ideal, esto quiere decir que el diodo se toma como un elemento perfecto (como se hace en casi todos los casos), tanto en *polarización directa* como en *polarización inversa*.

Aplicaciones del diodo: Los diodos tienen muchas aplicaciones, pero una de la más comunes es el proceso de *conversión de corriente alterna (C.A.) a corriente continua (C.C.)*. En este caso se utiliza el diodo como rectificador

El diodo Zener

Es un tipo especial de diodo que diferencia del funcionamiento de los diodos comunes, como el diodo rectificador (en donde se aprovechan sus características de polarización directa y polarización inversa) el diodo Zener siempre se utiliza en polarización inversa, en donde la corriente desea circular en *contra* de la flecha que representa el mismo diodo.



Símbolo del diodo zener
(A - ánodo K - cátodo)

En este caso analizaremos el diodo Zener, pero no como un elemento ideal, si no como un elemento real y debemos tomar en cuenta que cuando éste se polariza en modo inverso si existe una corriente que circula en sentido contrario a la flecha del diodo, pero de muy poco valor.



Analizando la curva del diodo zener vemos que en el lugar donde se marca como *región operativa*, la corriente (I_r , en la línea vertical inferior) puede variar en un amplio margen, de pero el voltaje (V_z) cambia muy poco. Se mantiene aproximadamente en 5.6 V. (para un diodo zener de 5.6 V)

Aplicaciones del diodo Zener? La principal aplicación que se le da al diodo Zener es la de regulador.

¿Qué hace un regulador con Zener? Un regulador con zener ideal mantiene un voltaje fijo predeterminado a su salida, sin importar si varía el voltaje en la fuente de alimentación y sin importar como varíe la carga que se desea alimentar con este regulador.

Nota: En las fuentes de voltaje ideales (algunas utilizan, entre otros elementos el diodo zener), el voltaje de salida no varía conforme varía la carga. Pero las fuentes no son ideales y lo normal es que la tensión de salida disminuya conforme la carga va aumentando, o sea conforme la demanda de *corriente* de la carga aumente.

Para poder saber si una fuente de voltaje es de buena calidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de regulación} = \frac{V(\text{sin carga}) - V(\text{carga total})}{V(\text{carga total})} * 100 \%$$

A menor valor de porcentaje de regulación, mejor calidad de fuente.

El diodo LED (diodo emisor de luz), Light Emitter Diode

Si alguna vez ha visto, unas pequeñas luces de diferentes colores que se encienden y apagan, en algún circuito electrónico, ha visto los diodo LED en funcionamiento. El LED es un tipo especial de diodo, que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Existen diodos LED de varios colores y dependen del material con el cual fueron construidos. Hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar, infrarrojo.

Eléctricamente el diodo LED se comporta igual que un diodo de silicio o germanio. Si se pasa una corriente a través del diodo semiconductor, se inyectan electrones y huecos en las regiones P y N, respectivamente. Dependiendo de la magnitud de la corriente, hay recombinación de los portadores de carga (electrones y huecos). Hay un tipo de recombinaciones que se llaman recombinaciones radiantes (aquí la emisión de luz). La relación entre las recombinaciones radiantes y el total de recombinaciones depende del material semiconductor utilizado (GaAs, GaAsP, y GaP)

Dependiendo del material de que está hecho el LED, será la emisión de la longitud de onda y por ende el color

Material	Longitud de onda	Color
----------	------------------	-------

	de emisión en Angstroms (Å°)	
GaAs: Zn	9100	Infrarojo
GaAsP.4	6500	Rojo
GaAsP.5	6100	Ambar
GaAsP.85:N	5900	Amarillo
Ga:P	5600	Verde

Debe de escogerse bien la corriente que atraviesa el LED para obtener una buena intensidad luminosa y evitar que este se pueda dañar. El LED tiene un voltaje de operación que va de 1.5 V a 2.2 voltios. aproximadamente y la gama de corrientes que debe circular por él está entre los 10 y 20 miliamperios (mA) en los diodos de color rojo y de entre los 20 y 40 miliamperios (mA) para los otros LEDs.

Tiene enormes ventajas sobre las lámparas indicadoras comunes, como su bajo consumo de energía, su mantenimiento casi nulo y con una vida aproximada de 100,000 horas.

El diodo LED debe ser protegido. Una pequeña cantidad de corriente en sentido inverso no lo dañará, pero si hay picos inesperados puede dañarse. Una forma de protegerlo es colocar en paralelo con el diodo LED pero apuntando en sentido opuesto un diodo de silicio común.

Aplicaciones tiene el diodo LED. Se utiliza ampliamente en aplicaciones visuales, como indicadoras de cierta situación específica de funcionamiento.

Ejemplos

- Se utilizan para desplegar contadores
- Para indicar la polaridad de una fuente de alimentación de corriente directa.
- Para indicar la actividad de una fuente de alimentación de corriente alterna.
- En dispositivos de alarma

Sus desventajas son que su potencia de iluminación es tan baja, que su luz es invisible bajo una fuente de luz brillante y que su ángulo de visibilidad está entre los 30° y 60°. Este último problema se corrige con cubiertas difusores de luz



Símbolo del diodo LED

El diodo Schottky y el diodo Tunnel (característica de resistencia negativa)

El diodo Schottky

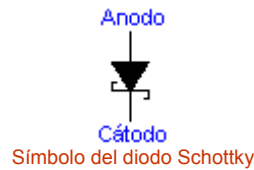
El diodo Schottky, a diferencia del diodo semiconductor normal que tiene una unión P–N, tiene una unión Metal-N. Estos diodos se caracterizan por su velocidad de conmutación, una baja caída de tensión cuando están polarizados en directo (típicamente de 0.25 a 0.4 voltios).

El diodo Schottky está más cerca del diodo ideal que el diodo semiconductor común pero tiene algunas características que hacen imposible su utilización en aplicaciones de potencia.

Estas son:

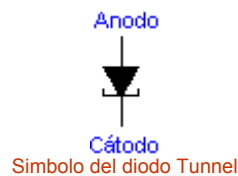
- Poca capacidad de conducción de corriente en directo (en sentido de la flecha)
- No acepta grandes voltajes que lo polaricen inversamente (VCRR)

Sin embargo el diodo Schottky encuentra gran cantidad de aplicaciones en circuitos de alta velocidad en computadoras, donde se necesitan grandes velocidades de conmutación y su poca caída de voltaje en directo causa poco gasto de energía



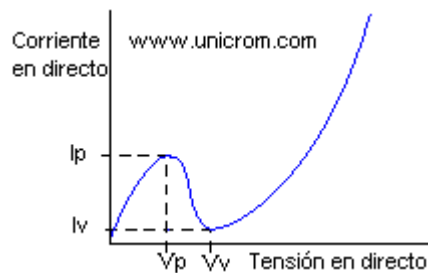
El diodo Tunnel

El diodo Tunnel se comporta de una manera muy interesante conforme se va aumentando la tensión aplicada en sentido directo.



- Cuando se aplica una pequeña tensión, el diodo empieza a conducir (la corriente empieza a fluir).
- Si se sigue aumentando esta tensión la corriente aumentará hasta llegar un punto después del cual la corriente disminuye.
- La corriente continuará disminuyendo hasta llegar al punto mínimo de un "valle" y
- Después volverá a incrementarse. En esta ocasión la corriente continuará aumentando conforme aumenta la tensión.

Este comportamiento de la corriente en función de la tensión en el diodo tunnel se puede ver en el siguiente gráfico.



- V_p : Tensión pico
- V_v : Tensión de valle
- I_p : Corriente pico
- I_v : Corriente de valle

La región en el gráfico en que la corriente disminuye cuando la tensión aumenta (entre V_p y V_v) se llama "zona de resistencia negativa"

Los diodos tunnel se llaman también diodos Esaki en honor a su inventor japonés Leo Esaki

Los diodos tunnel tienen la cualidad de pasar entre los niveles de corriente I_p e I_v muy rápidamente, cambiando de estado de conducción al de no conducción incluso más rápido que los diodos Schottky. Desgraciadamente, este tipo de diodo no se puede utilizar como rectificador debido a que tiene una corriente de fuga muy grande cuando están polarizados en reversa.

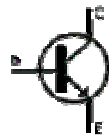
Así estos diodos sólo encuentran aplicaciones reducidas como en circuitos osciladores de alta frecuencia.

El Transistor Bipolar o BJT

El transistor bipolar es el más común de los transistores, y como los diodos, puede ser de germanio o silicio.

Existen dos tipos transistores: el NPN y el PNP, y la dirección del flujo de la corriente en cada caso, lo indica la flecha que se ve en el gráfico de cada tipo de transistor.

El transistor es un dispositivo de 3 patillas con los siguientes nombres: base (B), colector (C) y emisor (E), coincidiendo siempre, el emisor, con la patilla que tiene la flecha en el gráfico de transistor.



Transistor PNP



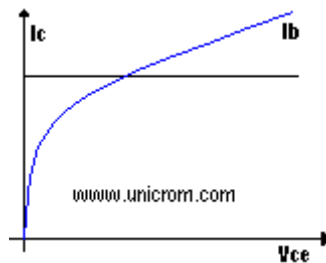
Transistor NPN

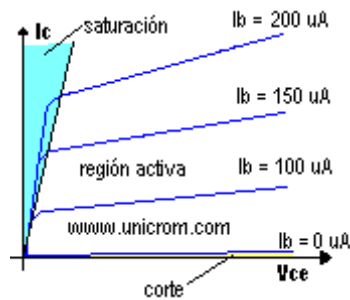
El transistor es un amplificador de corriente, esto quiere decir que si le introducimos una cantidad de corriente por una de sus patillas (base), el entregará por otra (emisor), una cantidad mayor a ésta, en un factor que se llama amplificación. Este factor se llama β (beta) y es un dato propio de cada transistor.

Entonces:

- I_c (corriente que pasa por la patilla colector) es igual a β (factor de amplificación) por I_b (corriente que pasa por la patilla base).
- $I_c = \beta * I_b$
- I_e (corriente que pasa por la patilla emisor) es del mismo valor que I_c , sólo que, la corriente en un caso entra al transistor y en el otro caso sale de él, o viceversa.

Según la fórmula anterior las corrientes no dependen del voltaje que alimenta el circuito (V_{cc}), pero en la realidad si lo hace y la corriente I_b cambia ligeramente cuando se cambia V_{cc} . Ver figura.





En el segundo gráfico las corrientes de base (I_b) son ejemplos para poder entender que a mas corriente la curva es mas alta

Regiones operativas del transistor

Región de corte: Un transistor esta en corte cuando:

corriente de colector = corriente de emisor = 0, ($I_c = I_e = 0$)

En este caso el voltaje entre el colector y el emisor del transistor es el voltaje de alimentación del circuito. (como no hay corriente circulando, no hay caída de voltaje, *ver Ley de Ohm*). Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base = 0 ($I_b = 0$)

Región de saturación: Un transistor está saturado cuando:

corriente de colector = corriente de emisor = corriente máxima, ($I_c = I_e = I_{\text{máxima}}$)

En este caso la magnitud de la corriente depende del voltaje de alimentación del circuito y de las resistencias conectadas en el colector o el emisor o en ambos, *ver ley de Ohm*. Este caso normalmente se presenta cuando la corriente de base es lo suficientemente grande como para inducir una corriente de colector β veces más grande. (recordar que $I_c = \beta * I_b$)

Región activa: Cuando un transistor no está ni en su región de saturación ni en la región de corte entonces está en una región intermedia, la región activa. En esta región la corriente de colector (I_c) depende principalmente de la corriente de base (I_b), de β (ganancia de corriente de un amplificador, es un dato del fabricante) y de las resistencias que hayan conectadas en el colector y emisor). Esta región es la mas importante si lo que se desea es utilizar el transistor como un amplificador.

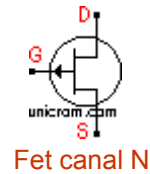
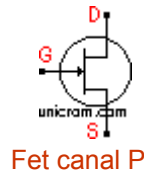
Configuraciones: Hay tres tipos de configuraciones típicas en los amplificadores con transistores, cada una de ellas con características especiales que las hacen mejor para cierto tipo de aplicación. y se dice que el transistor no está conduciendo. Normalmente este caso se presenta cuando no hay corriente de base ($I_b = 0$)

- Emisor común
- Colector común
- Base común

Nota: Corriente de colector y corriente de emisor no son exactamente iguales, pero se toman como tal, debido a la pequeña diferencia que existe entre ellas, y que no afectan en casi nada a los circuitos hechos con transistores.

El FET de juntura o JFET

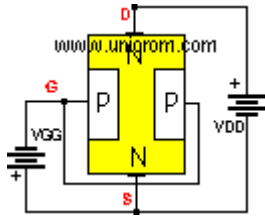
Los símbolos del FET son:



Este dispositivo semiconductor, controla el flujo de corriente por un canal semiconductor, aplicando un campo eléctrico perpendicular a la trayectoria de la corriente.

El FET está compuesto de una parte de silicio tipo N, a la cual se le adicionan dos regiones con impurezas tipo P llamadas compuerta (gate) y que están unidas entre si. Ver la figura

Los terminales de este tipo de transistor se llaman Drenador (drain), Fuente (source) y el tercer terminal es la compuerta (gate) que ya se conoce. La región que existe entre el drenador y la fuente y que es el camino obligado de los electrones se llama "canal". Ver el gráfico.



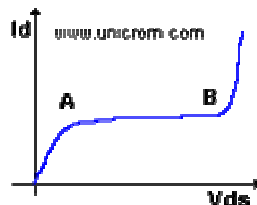
La corriente fluye de D a S

Este tipo de transistor se polariza de manera diferente al transistor bipolar. El terminal de drenaje se polariza positivamente con respecto al terminal de fuente (V_{DD}) y la compuerta o gate se polariza negativamente con respecto a la fuente ($-V_{GG}$).

A mayor voltaje $-V_{GG}$, más angosto es el canal y más difícil para la corriente pasar del terminal drenador (drain) al terminal fuente o source. La tensión $-V_{GG}$ para la que el canal queda cerrado se llama "punch-off" y es diferente para cada FET

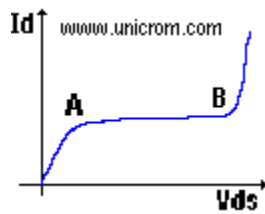
El transistor de juntura bipolar es un dispositivo operado por corriente y requieren que halla cambios en la corriente de base para producir cambios en la corriente de colector. El FET es controlado por tensión y los cambios en tensión de la compuerta (gate) a fuente (V_{GS}) modifican la región de rarefacción y causan que varíe el ancho del canal

La curva característica del FET.



Este gráfico muestra que al aumentar el voltaje V_{DS} (voltaje drenador - fuente), para un V_{GS} (voltaje de compuerta) fijo, la corriente aumenta rápidamente (se comporta como un resistor) hasta llegar a un punto A (voltaje de estrangulación), desde donde la corriente se mantiene casi constante hasta llegar a un punto B (entra en la región de ruptura o ruptura), desde donde la corriente aumenta rápidamente hasta que el transistor se destruye.

Si ahora se hace este gráfico para más de un voltaje de compuerta a surtidor (V_{gs}), se obtiene. Ver que V_{gs} es "0" o es un valor negativo.



Si V_{ds} se hace cero por el transistor no circulará ninguna corriente. (ver gráficos)

Para saber cual es el valor de la corriente se utiliza la siguiente fórmula

$$I_D = I_{DSS} (1 - [V_{gs} / V_{gs} (off)])$$

donde:

- I_{DSS} es el valor de corriente cuando la $V_{gs} = 0$
- $V_{gs} (off)$ es el voltaje cuando ya no hay paso de corriente entre drenaje y fuente ($I_D = 0$)
- V_{gs} es el voltaje entre la compuerta y la fuente para la que se desea saber I_D

Como V_{gs} es el voltaje que controla el paso de la corriente I_D (regula el ancho del canal), se puede comparar este comportamiento como una resistencia cuyo valor depende del voltaje V_{DS} . Esto es sólo válido para V_{ds} menor que el voltaje de estricción (ver punto A en el gráfico).

Entonces si se tiene la curva característica de un FET, se puede encontrar La resistencia R_{DS} con la siguiente fórmula:

$$R_{DS} = V_{DS} / I_D$$

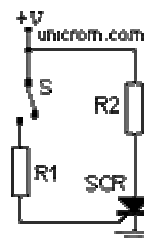
El tiristor (Silicon Control Rectifier - SCR)

El SCR y la corriente continua:

Rectificador controlado de silicio, estos elementos semiconductores son muy utilizados para controlar la cantidad de potencia que se entrega a una carga, donde:

- A = ánodo
- C = cátodo, también representado por la letra K
- G = compuerta o gate

Tomar en cuenta el gráfico siguiente: ver que es un circuito de corriente continua



Normalmente el SCR se comporta como un circuito abierto hasta que activa su compuerta (GATE) con una pequeña corriente (se cierra el interruptor S) y así este conduce y se comporta como un diodo en polarización directa

Si no existe corriente en la compuerta el tristor no conduce.

Lo que sucede después de ser activado el SCR, se queda conduciendo y se mantiene así. Si se desea que el tristor deje de conducir, el voltaje +V debe ser reducido a 0 Voltios.

Si se disminuye lentamente el voltaje (tensión), el tristor seguirá conduciendo hasta que por el pase una cantidad de corriente menor a la llamada "corriente de mantenimiento o de retención", lo que causará que el SCR deje de conducir aunque la tensión **VG** (voltaje de la compuerta con respecto a tierra) no sea cero.

Como se puede ver el SCR, tiene dos estados:

- 1- Estado de conducción, en donde la resistencia entre ánodo y cátodo es muy baja
- 2- Estado de corte, donde la resistencia es muy elevada

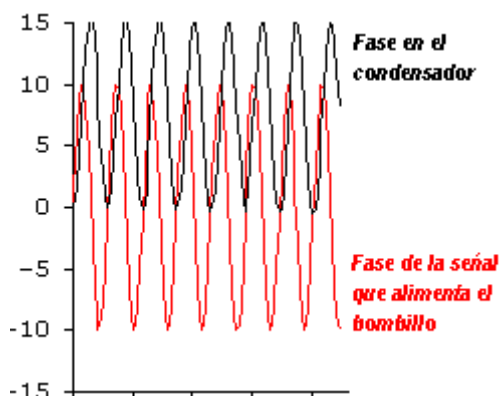
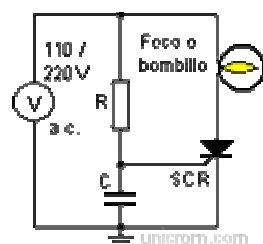
El SCR y la corriente Alterna

Se usa principalmente para controlar la potencia que se entrega a una carga. (en el caso de la figura es un bombillo o foco)

La fuente de voltaje puede ser de 110V c.a., 120V c.a., 240V c.a., etc.

El circuito RC produce un corrimiento de la fase entre la tensión de entrada y la tensión en el condensador que es la que suministra la corriente a la compuerta del SCR. Puede verse que el voltaje en el condensador (en azul) está atrasado con respecto al voltaje de alimentación (en rojo) causando que el tiristor conduzca un poco después de que el tiristor tenga la alimentación necesaria para conducir.

Durante el ciclo negativo el tiristor se abre dejando de conducir. Si se modifica el valor de la resistencia, por ejemplo si utilizamos un potenciómetro, se modifica el desfase que hay entre las dos tensiones antes mencionadas ocasionando que el SCR se active en diferentes momentos antes de que se desactive por el ciclo negativo de la señal. y deje de conducir.



El Triac y aplicaciones

El Triac es un dispositivo semiconductor que pertenece a la familia de los dispositivos de control por tiristores. El triac es en esencia la conexión de dos tiristores en paralelo pero conectados en sentido opuesto y compartiendo la misma compuerta. (ver imagen).



El triac sólo se utiliza en corriente alterna y al igual que el tiristor, se dispara por la compuerta. Como el triac funciona en corriente alterna, habrá una parte de la onda que será positiva y otra negativa.

La parte positiva de la onda (semiciclo positivo) pasará por el triac siempre y cuando haya habido una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de arriba hacia abajo (pasará por el tiristor que apunta hacia abajo), de igual manera:

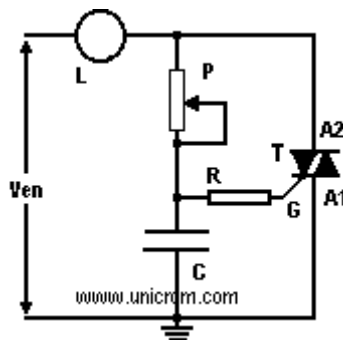
La parte negativa de la onda (semiciclo negativo) pasará por el triac siempre y cuando haya habido una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de abajo hacia arriba (pasará por el tiristor que apunta hacia arriba)

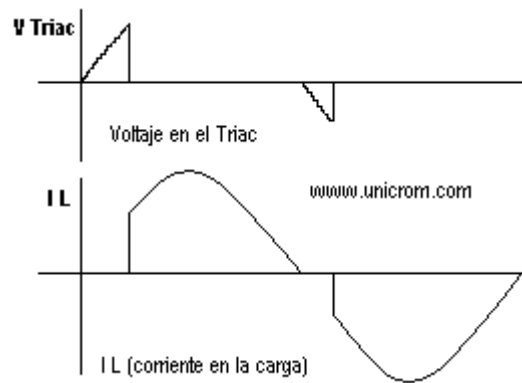
Para ambos semiciclos la señal de disparo se obtiene de la misma patilla (la puerta o compuerta).

Lo interesante es, que se puede controlar el momento de disparo de esta patilla y así, controlar el tiempo que cada tiristor estará en conducción. (recordar que un tristor solo conduce cuando ha sido disparada (activada) la compuerta y entre sus terminales hay un voltaje positivo de un valor mínimo para cada tiristor)

Entonces, si se controla el tiempo que cada tiristor está en conducción, se puede controlar la corriente que se entrega a una carga y por consiguiente la potencia que consume.

Ejemplo: Una aplicación muy común es el atenuador luminoso de lámparas incandescentes (circuito de control de fase).





Donde:

- Ven: Voltaje aplicado al circuito (A.C.)
- L: lámpara
- P: potenciómetro
- C: condensador (capacitor)
- R: Resistencia
- T: Triac
- A2: Anodo 2 del Triac
- A3: Anodo 3 del Triac
- G: Gate, puerta o compuerta del Triac

El triac controla el paso de la corriente alterna a la lámpara (carga), pasando continuamente entre los estados de conducción (cuando la corriente circula por el triac) y el de corte (cuando la corriente no circula)

Si se varía el potenciómetro, se varía el tiempo de carga del condensador causando que se incremente o reduzca la diferencia de fase de la tensión de alimentación y la que se aplica a la compuerta

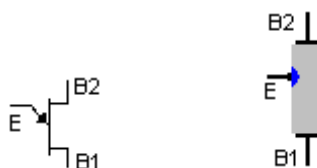
Nota: la diferencia de fase o la fase entre dos señales u ondas se define como el ángulo (diferencia de tiempo) que existe entre los dos orígenes de las mismas.

El transistor UJT (Unijunction Transistor)

Muy importante: No es un FET

El transistor UJT (transistor de unijuntura - Unijunction transistor) es un dispositivo con un funcionamiento diferente al de otros transistores. Es un dispositivo de disparo. Es un dispositivo que consiste de una sola unión PN

Físicamente el UJT consiste de una barra de material tipo N con conexiones eléctricas a sus dos extremos (B1 y B2) y de una conexión hecha con un conductor de aluminio (E) en alguna parte a lo largo de la barra de material N. En el lugar de unión el aluminio crea una región tipo P en la barra, formando así una unión PN. Ver el siguiente gráfico



Como se dijo antes este es un dispositivo de disparo. El disparo ocurre entre el Emisor y la Base1 y el voltaje al que ocurre este disparo está dado por la fórmula: Voltaje de disparo = $V_p = 0.7 + n \times V_{B2B1}$

Donde:

- n = intrinsic standoff ratio (dato del fabricante)
- V_{B2B1} = Voltaje entre las dos bases

La fórmula es aproximada porque el valor establecido en 0.7 puede variar de 0.4 a 0.7 dependiendo del dispositivo y la temperatura.

Dos ejemplos sencillos

1.- Un UJT 2N4870 tiene un $n = 0.63$ y 24 voltios entre B2 y B1.

Cuál es el voltaje de disparo aproximado?

Voltaje de disparo = $V_p = 0.7 + (0.63 \times 24) = 15.8$ Voltios

2.- Un UJT 2N4870 tiene un $n = 0.68$ y 12 voltios entre B2 y B1.

Cuál es el voltaje de disparo aproximado?

Voltaje de disparo = $V_p = 0.7 + (0.68 \times 12) = 8.86$ Voltios.

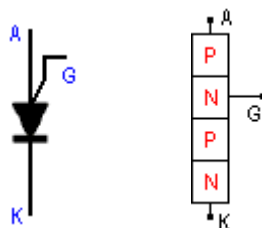
Nota:

- Un dato adicional que nos da el fabricante es la corriente necesaria que debe haber entre E y B1 para que el UJT se dispare = I_p .
- Es importante hacer notar que también se ha construido el UJT donde la barra es de material tipo P (muy poco). Se le conoce como el CUJT o UJT complementario. Este se comporta de igual forma que el UJT pero con las polaridades de las tensiones al revés

El Transistor Uniunión Programable (PUT)

Importante: No confundir con un UJT (transistor uniunión)

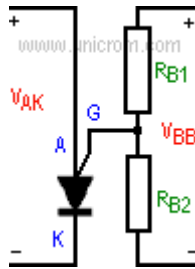
El PUT (Transistor Uniunión programable) es un dispositivo que a diferencia del transistor bipolar común que tiene 3 capas (NPN o PNP), tiene 4 capas. El PUT tiene 3 terminales como otros transistores y sus nombres son: cátodo K, ánodo A, puerta G.



A diferencia del UJT, este transistor permite que se puedan controlar los valores de R_{BB} y V_p que en el UJT son fijos. Los parámetros de conducción del PUT son controlados por la terminal G

Este transistor tiene dos estados: Uno de conducción (hay corriente entre A y K y la caída de voltaje es pequeña) y otro de corte cuando la corriente de A a K es muy pequeña.

Este transistor se polariza de la siguiente manera:



Del gráfico anterior se ve que cuando $I_G = 0$, $V_G = V_{BB} * [R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2})] = n \times V_{BB}$
 donde: $n = R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2})$

La principal diferencia entre los transistores UJT y PUT es que las resistencias: $R_{B1} + R_{B2}$ son resistencias internas en el UJT, mientras que el PUT estas resistencias están en el exterior y pueden modificarse.

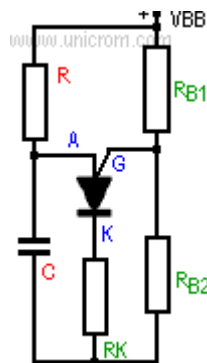
Aunque el UJT y el PUT son similares, El I_p es más debil que en el UJT y la tensión mínima de funcionamiento es menor en el PUT.

Como funciona? Ver gráfico anterior.

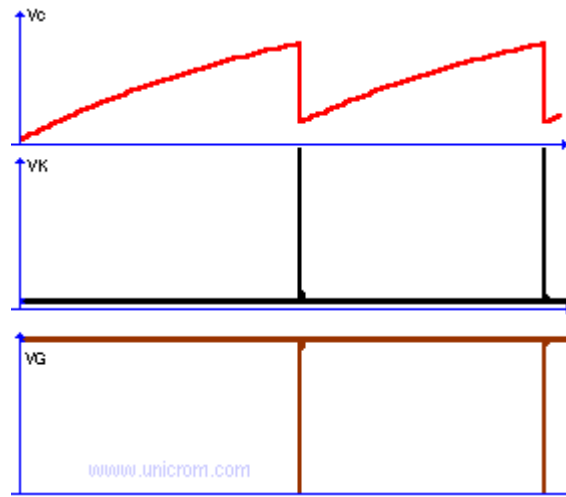
Para pasar al modo activo desde el estado de corte (donde la corriente entre A y K es muy pequeña) hay que elevar el voltaje entre A y K hasta el Valor V_p , que depende del valor del voltaje en la compuerta G

Sólo hasta que la tensión en A alcance el valor V_p , el PUT entrará en conducción (encendido) y se mantendrá en este estado hasta que I_A (corriente que atraviesa el PUT) sea reducido de valor. Esto se logra reduciendo el voltaje entre A y K o reduciendo el voltaje entre G y K

Ejemplo: Una aplicación típica: Oscilador con PUT



Cómo funciona? El condensador C se carga a través de la resistencia R hasta que el voltaje en A alcanza el voltaje V_p . En este momento el PUT se dispara y entra en conducción. El voltaje en V_G cae casi hasta 0 voltios y el PUT se apaga, repitiéndose otra vez el proceso. Ver las formas de onda en C, K y G



La frecuencia de oscilación es: $f = 1 / 1.2 \times RC$

Funcionamiento del fotodiodo

El fotodiodo: Dispositivo detector de luz

El fotodiodo se parece mucho a un diodo semiconductor común, pero tiene una característica que lo hace muy especial: es un dispositivo que conduce una cantidad de corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz que lo incide (lo ilumina). Esta corriente eléctrica fluye en sentido opuesto a la flecha del diodo y se llama corriente de fuga.



El fotodiodo se puede utilizar como dispositivo detector de luz, pues convierte la luz en electricidad y esta variación de electricidad es la que se utiliza para informar que hubo un cambio en el nivel de iluminación sobre el fotodiodo.

Si el fotodiodo quedara conectado, de manera que por él circule la corriente en el sentido de la flecha (polarizado en sentido directo), la luz que lo incide no tendría efecto sobre él y se comportaría como un diodo semiconductor normal.

La mayoría de los fotodiodos vienen equipados con un lente que concentra la cantidad de luz que lo incide, de manera que su reacción a la luz sea más evidente.

A diferencia del LDR o fotorresistencia, el fotodiodo responde a los cambios de oscuridad a iluminación y viceversa con mucha más velocidad, y puede utilizarse en circuitos con tiempo de respuesta más pequeño.

Si se combina un fotodiodo con un transistor bipolar, colocando el fotodiodo entre el colector y la base del transistor (con el cátodo del diodo apuntado al colector del transistor), se obtiene el circuito equivalente de un fototransistor.

El fototransistor

Un fototransistor es, en esencia, lo mismo que un transistor normal, solo que puede trabajar de 2 maneras diferentes:

- Como un transistor normal con la corriente de base (I_B) (modo común)
- Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. (I_P) (modo de iluminación).

Se pueden utilizar las dos en forma simultánea, aunque el fototransistor se utiliza principalmente con la patita de la base sin conectar. ($I_B = 0$)

La corriente de base total es igual a corriente de base (modo común) + corriente de base (por iluminación): $I_{BT} = I_B + I_P$

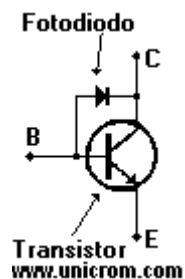
Si se desea aumentar la sensibilidad del transistor, debido a la baja iluminación, se puede incrementar la corriente de base (I_B), con ayuda de polarización externa

El circuito equivalente de un fototransistor, es un transistor común con un fotodiodo conectado entre la base y el colector, con el cátodo del fotodiodo conectado al colector del transistor y el ánodo a la base.

El fototransistor es muy utilizado para aplicaciones donde la detección de iluminación es muy importante. Como el fotodiodo, tiene un tiempo de respuesta muy corto, solo que su entrega de corriente eléctrica es mucho mayor.

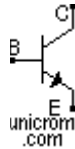
En el gráfico siguiente se puede ver el circuito equivalente de un fototransistor. Se observa que está compuesto por un fotodiodo y un transistor. La corriente que entrega el fotodiodo (circula hacia la base del transistor) se amplifica β veces, y es la corriente que puede entregar el fototransistor.

Nota: β es la ganancia de corriente del fototransistor.

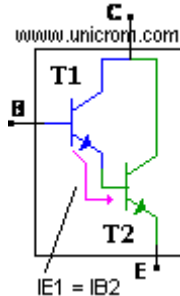


El Transistor Darlington

El transistor Darlington es un tipo especial de transistor que tiene una alta ganancia de corriente. Está compuesto internamente por dos transistores de la forma que muestra la figura siguiente:



El transistor común con la identificación de las patillas



El transistor Darlington con la identificación de las patillas y su estructura interna

El transistor T1 entrega la corriente que sale por su emisor a la base del transistor T2.

La ecuación de ganancia de un transistor típico es: $IE = \beta \times IB$ (Corriente de colector es igual a beta por la corriente de base).

Entonces:

- Ecuación del primer transistor es: $IE1 = \beta1 \times IB1$ (1),
- Ecuación del segundo transistor es: $IE2 = \beta2 \times IB2$ (2)

Observando el gráfico, la corriente de emisor del transistor (T1) es la misma que la corriente de base del transistor T2. Entonces $IE1 = IB2$ (3)

Utilizando la ecuación (2) y la ecuación (3)

$$IE2 = \beta2 \times IB2 = \beta2 \times IE1$$

Reemplazando en la ecuación anterior el valor de $IE1$ (ver ecuación (1)) se obtiene la ecuación final de ganancia del transistor Darlington.

$$IE2 = \beta2 \times \beta1 \times IB1$$

Como se puede deducir, este amplificador tiene una ganancia mucho mayor que la de un transistor corriente, pues aprovecha la ganancia de los dos transistores. (la ganancias se multiplican).

Si se tuvieran dos transistores con ganancia 100 ($\beta = 100$) conectados como un transistor Darlington y se utilizara la formula anterior, la ganancia sería, en teoría: $\beta2 \times \beta1 = 100 \times 100 = 10000$. Como se ve es una ganancia muy grande. En la realidad la ganancia es menor.

Se utilizan ampliamente en circuitos en donde es necesario controlar cargas grandes con corrientes muy pequeñas.

Muy importante: la caída de tensión entre la base y el emisor del transistor Darlington es 1.4 voltios que resulta de la suma de las caídas de tensión de base a emisor del primer transistor B1 a E1 (0.7 voltios) y base a emisor del segundo transistor B2 y E2 (0.7 voltios).

Encapsulados de los transistores

Los transistores vienen en muchas presentaciones o encapsulados y estos vienen ligados al tipo de aplicación en que se les va a utilizar. Cada transistor tiene impreso en el cuerpo del mismo, el tipo de transistor que es, siendo así muy fácil poder encontrar sus características técnicas en un manual como el ECG o NTE. En estos manuales también se pueden encontrar transistores de características similares o muy parecidas a los que se los llama "equivalentes"

Entre los encapsulados están: (hay más)

- **EI TO-92:** Este transistor pequeño es muy utilizado para la amplificación de pequeñas señales. La asignación de patitas (emisor - base - colector) no está estandarizado, por lo que es necesario a veces recurrir a los manuales de equivalencias para obtener estos datos.

- **EI TO-18:** Es un poco más grande que el encapsulado TO-92, pero es metálico. En la carcasa hay un pequeño saliente que indica que la patita más cercana es el emisor. Para saber la configuración de patitas es necesario a veces recurrir a los manuales de equivalencias.

- **EI TO-39:** tiene el mismo aspecto que es TO-92, pero es más grande. Al igual que el anterior tiene una saliente que indica la cercanía del emisor, pero también tiene la patita del colector pegado a la carcasa, para efectos de disipación de calor. (ver el gráfico en la parte inferior de la página)

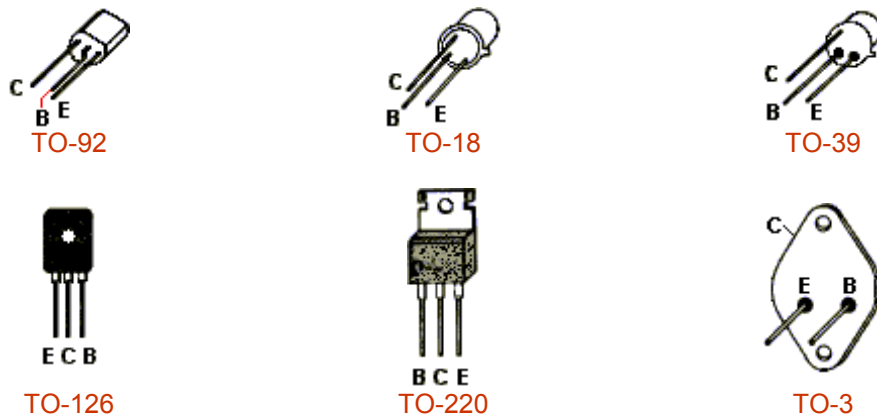
- **EI TO-126:** Se utiliza mucho en aplicaciones de pequeña a mediana potencia. Puede o no utilizar disipador dependiendo de la aplicación en se este utilizando. Se fija al disipador por medio de un tornillo aislado en el centro del transistor. Se debe utilizar una mica aislante

- **EI TO-220:** Se utiliza en aplicaciones en que se deba de disipar potencia algo menor que con el transistor TO-3, y al igual que el TO-126 debe utilizar una mica aislante si va a utilizar disipador, fijado por un tornillo debidamente aislado.

- **EI TO-3:** este encapsulado se utiliza en transistores de gran potencia. Como se puede ver en el gráfico es de gran tamaño debido a que tiene que disipar bastante calor. Está fabricado de metal y es muy normal ponerle un "disipador" para liberar la energía que este genera en calor. Este disipador no tiene un contacto directo con el cuerpo del transistor, pues este estaría conectado directamente con el colector del transistor (ver siguiente párrafo). Para evitar el contacto se pone una mica para que sirva de aislante y a la vez de buen conductor térmico. El disipador se fija al transistor con ayuda de tornillos adecuadamente aislados que se introducen en los orificios que estos tienen. (ver figura)

En el transistor con encapsulado TO-3 el colector está directamente conectado al cuerpo del mismo (carcasa), pudiendo verse que sólo tiene dos pines o patitas. Estas patitas no están en el centro del transistor sino que ligeramente a un lado y si se pone el transistor como se muestra en la figura, al lado izquierdo estará el emisor y la derecha la base.

Gráficos de los diferente encapsulados de transistores (no son todos)



Disipadores de calor (heatsinks)

Los disipadores de calor son componentes metálicos que utilizan para evitar que algunos elementos electrónicos como los transistores se calienten demasiado y se dañen. El calor que produce un transistor no se transfiere con facilidad hacia el aire que lo rodea.

Algunos transistores son de plástico y otros metálicos. Los que son metálicos transfieren con más facilidad el calor que generan hacia el aire que lo rodea y si su tamaño es mayor, mejor.

Es importante aclarar que el elemento transistor que uno ve, es en realidad la envoltura de un pequeño "chip" que es el que hace el trabajo, al cual se le llama "juntura" o "unión".

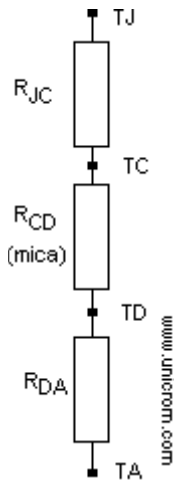
La habilidad de transmitir el calor se llama conductancia térmica y a su recíproco se le llama resistencia térmica (R_{th}) que tiene unidad de $^{\circ}\text{C} / \text{W}$ (grado Centígrado / Watt).

Ejemplo: Si el R_{th} de un transistor es $5^{\circ}\text{C}/\text{W}$, esto significa, que la temperatura sube 5°C por cada Watt que se disipa.

Poniéndolo en forma de fórmula se obtiene: $R = T / P$, Donde:

- R = resistencia
- T = temperatura
- P = potencia

La fórmula anterior se parece mucho a una fórmula por todos conocida (La ley de Ohm). $R = V / I$. Donde se reemplaza V por T a I por P y R queda igual. Analizando el siguiente diagrama:



Donde:

- T_J = Temperatura máxima en la "Juntura" (dato lo suministra el fabricante)
- T_C = temperatura en la Carcasa. depende de la potencia que vaya a disipar el elemento y del tamaño del disipador y la temperatura ambiente.
- T_D = Temperatura del disipador y depende de la temperatura ambiente y el valor de R_{DA} (R_D)
- T_A = temperatura ambiente

- R_{JC} = Resistencia térmica entre la Juntura y la Carcasa
- R_{CD} = Resistencia térmica entre la Carcasa y el Disipador (incluye el efecto de la mica, si se pone, y de la pasta de silicón) Mejor si se puede evitar poner mica mejor, mejor si se pone pasta de silicón.
- R_{DA} = Resistencia térmica entre el Disipador y el Aire (Resistencia térmica del disipador) (R_D)

Ejemplo: Se utiliza un transistor 2N3055 que produce 60 Watts en su "juntura".

Con los datos del transistor 2N3055, este puede aguantar hasta 200 Watts en su "juntura" (máximo) y tiene una resistencia térmica entre la juntura y la carcasa de: 1.5°C/W (carcasa es la pieza metálica o plástica que se puede tocar en un transistor)

Si la temperatura ambiente es de 23°C , ¿Cuál será la resistencia térmica del disipador de calor que se pondrá al transistor? (R_{DA})

Con $R_{JC} = 1.5^\circ\text{C/W}$ (dato del fabricante), la caída de temperatura en esta resistencia será $T = R \times P = 1.5^\circ\text{C} \times 60 \text{ Watts} = 90^\circ\text{C}$ (ver fórmula)

Con $R_{CD} = 0.15^\circ\text{C/W}$ (se asume que se utiliza pasta de silicón entre el elemento y el disipador), la caída de temperatura en R_{CD} es $T = R \times P = 0.15 \times 60 \text{ Watts} = 9^\circ\text{C}$.

Tomando en cuenta que la temperatura del aire (temperatura ambiente es de 23°C), el disipador de calor tiene que disipar: $200^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C} - 9^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C} = 78^\circ\text{C}$.

Esto significa que la resistencia térmica del disipador de calor será: $R_{DA} = 78^\circ\text{C} / 60 \text{ W} = 1.3^\circ\text{C/Watt}$. Con este dato se puede encontrar el disipador adecuado.

Importante:

Cuando se ponga un disipador de calor a un transistor, hay que evitar que haya contacto entre ellos. Se podría evitar esto con plástico o el aire, pero son malos conductores de calor. Para resolver este problema se utiliza una pasta especial que evita el contacto. La virtud de esta pasta es que es buena conductora de calor. De todas maneras hay que tomar en cuenta que esta pasta aislante también tiene una resistencia térmica que hay que tomar en cuenta. Es mejor evitar si es posible la utilización de la mica pues esta aumenta el R_{CD} . El contacto directo entre el elemento y el disipador, contrario a lo que se pueda pensar, aumenta el valor de R_{CD} , así que es mejor utilizar la pasta.

OptoElectrónica

La Luz - características y estructura

La luz, al igual que el sonido, es una combinación de "tonos" de diferente frecuencia. Se puede decir que los tonos es al sonido lo que los colores es la luz. La luz es entonces una combinación de colores (cada color de diferente frecuencia y longitud de onda).

La luz blanca es una mezcla de rayos de luz combinados. Cada uno de estos rayos tiene su propia longitud de onda, y es la variación de esta longitud de onda la que permite obtener todos los colores posibles. Se pueden ver los colores del arco iris, que es la luz blanca que viene del sol y es separada por las gotas de lluvia a modo de prisma.







A veces cuando se comparan dos fuentes de luz blanca, se nota que no son exactamente iguales. Esta diferencia se explica en que cada fuente de luz tiene una combinación diferente de tonos de color. Algunas luces blancas son más amarillentas o azuladas que otras y esto se debe a que en la combinación de colores predomina más uno de ellos.

La longitud de onda se expresa de la siguiente manera: $\lambda = c / f$

donde:

- λ = longitud de onda de la luz
- c = velocidad de la luz en el espacio (300,000 Km./seg)
- f = frecuencia

La luz se puede dividir en tres categorías:

			Longitud de onda (μm)	Longitud de onda (\AA°)
Luz ultravioleta (UV)			menor a 0.4	menor a 4000
Luz visible	Violeta		0.46	4600
	Azul		0.5	5000
	Verde		0.56	5600
	Amarillo		0.59	5900
	Ambar		0.61	6100
	Rojo		0.66	6600
Luz infrarroja (IR)			mayor a 0.7	mayor a 7000

Nota:

1 μm = 10⁻⁶ metros (m)

1 \AA° = 10⁻¹⁰ metros (m)

1 μm = 10,000 \AA°

El ojo humano tiene una capacidad limitada y no es capaz de ver luz de longitudes de onda mayores a la de la luz ultravioleta (UV), ni menores a la de la luz infrarroja.

El optoacoplador

El Optoacoplador es un dispositivo que se compone de un diodo LED y un fototransistor, de manera de que cuando el diodo LED emita luz, ésta ilumine el fototransistor y conduzca. Estos dos elementos están acoplados de la forma más eficiente posible.

La corriente de salida I_C (corriente de colector del fototransistor) es proporcional a la corriente de entrada I_F (corriente en el diodo LED). La relación entre estas dos corrientes se llama "razón de transferencia de corriente" (CTR) y depende de la temperatura ambiente. A mayor temperatura ambiente, la corriente de colector en el fototransistor es mayor para la misma corriente I_F (la corriente por el diodo LED)

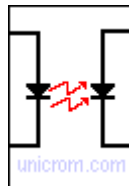


La entrada (circuito del diodo) y la salida (circuito del fototransistor) están 100% aislados y la impedancia de entrada es muy grande (1013 ohms típico)

El optoacoplador es un dispositivo sensible a la frecuencia y el CTR disminuye al aumentar ésta.

Este elemento puede sustituir a elementos electromecánicos como relés, conmutadores. De esta manera se eliminan los golpes, se mejora la velocidad de conmutación y casi no hay necesidad de mantenimiento.

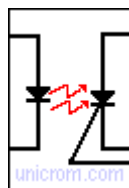
Otros tipos de optoacopladores



Optoacoplador con fotodiodo



Optoacoplador con Darlington



Optoacoplador con fototiristor (SCR)



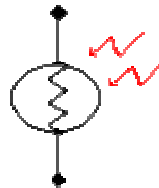
Optoacoplador con TRIAC

El Resistor fotosensible (LDR) o fotorresistor

Light Dependent Resistor - Resistencia dependiente de la luz

El LDR es una resistencia que varía su valor dependiendo de la cantidad de luz que la ilumina. Los valores de una fotorresistencia cuando está totalmente iluminada y cuando está totalmente a oscuras varía, puede medir de 50 ohmios a 1000 ohmios (1K) en iluminación total y puede ser de 50K (50,000 Ohms) a varios megaohmios cuando está a oscuras.

El LDR es fabricado con materiales de estructura cristalina, y utiliza sus propiedades fotoconductoras. Los cristales utilizados más comunes son: sulfuro de cadmio y seleniuro de cadmio.



Símbolo de la fotorresistencia o LDR

El valor de la fotorresistencia (en Ohmios) no varía de forma instantánea cuando se pasa de luz a oscuridad o al contrario, y el tiempo que se dura en este proceso no siempre es igual si se pasa de oscuro a iluminado o si se pasa de iluminado a oscuro.

Esto hace que el LDR **no** se pueda utilizar en muchas aplicaciones, especialmente aquellas que necesitan de mucha exactitud en cuanto a tiempo para cambiar de estado (oscuridad a iluminación o iluminación a oscuridad) y a exactitud de los valores de la fotorresistencia al estar en los mismos estados anteriores. Su tiempo de respuesta típico es de aproximadamente 0.1 segundos.

Pero hay muchas aplicaciones en las que una fotorresistencia es muy útil. En casos en que la exactitud de los cambios no es importante como en los circuitos:

- Luz nocturna de encendido automático, que utiliza una fotorresistencia para activar una o mas luces al llegar la noche.
- Relé controlado por luz, donde el estado de iluminación de la fotorresistencia, activa o desactiva un Relay (relé), que puede tener un gran número de aplicaciones

El LDR o fotorresistencia es un elemento muy útil para aplicaciones en circuitos donde se necesita detectar la ausencia de luz de día

Funcionamiento del fotodiodo

El fotodiodo: Dispositivo detector de luz

El fotodiodo se parece mucho a un diodo semiconductor común, pero tiene una característica que lo hace muy especial: es un dispositivo que conduce una cantidad de corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz que lo incide (lo ilumina). Esta corriente eléctrica fluye en sentido opuesto a la flecha del diodo y se llama corriente de fuga.



El fotodiodo se puede utilizar como dispositivo detector de luz, pues convierte la luz en electricidad y esta variación de electricidad es la que se utiliza para informar que hubo un cambio en el nivel de iluminación sobre el fotodiodo.

Si el fotodiodo quedara conectado, de manera que por él circule la corriente en el sentido de la flecha (polarizado en sentido directo), la luz que lo incide no tendría efecto sobre él y se comportaría como un diodo semiconductor normal.

La mayoría de los fotodiodos vienen equipados con un lente que concentra la cantidad de luz que lo incide, de manera que su reacción a la luz sea más evidente.

A diferencia del LDR o fotorresistencia, el fotodiodo responde a los cambios de oscuridad a iluminación y viceversa con mucha más velocidad, y puede utilizarse en circuitos con tiempo de respuesta más pequeño.

Si se combina un fotodiodo con un transistor bipolar, colocando el fotodiodo entre el colector y la base del transistor (con el cátodo del diodo apuntado al colector del transistor), se obtiene el circuito equivalente de un fototransistor.

El fototransistor

Un fototransistor es, en esencia, lo mismo que un transistor normal, solo que puede trabajar de 2 maneras diferentes:

- Como un transistor normal con la corriente de base (I_B) (modo común)
- Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. (I_P) (modo de iluminación).

Se pueden utilizar las dos en forma simultánea, aunque el fototransistor se utiliza principalmente con la patita de la base sin conectar. ($I_B = 0$)

La corriente de base total es igual a corriente de base (modo común) + corriente de base (por iluminación): $I_{BT} = I_B + I_P$

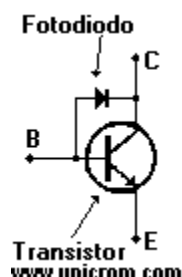
Si se desea aumentar la sensibilidad del transistor, debido a la baja iluminación, se puede incrementar la corriente de base (I_B), con ayuda de polarización externa

El circuito equivalente de un fototransistor, es un transistor común con un fotodiodo conectado entre la base y el colector, con el cátodo del fotodiodo conectado al colector del transistor y el ánodo a la base.

El fototransistor es muy utilizado para aplicaciones donde la detección de iluminación es muy importante. Como el fotodiodo, tiene un tiempo de respuesta muy corto, solo que su entrega de corriente eléctrica es mucho mayor.

En el gráfico siguiente se puede ver el circuito equivalente de un fototransistor. Se observa que está compuesto por un fotodiodo y un transistor. La corriente que entrega el fotodiodo (circula hacia la base del transistor) se amplifica β veces, y es la corriente que puede entregar el fototransistor.

Nota: β es la ganancia de corriente del fototransistor.



El diodo LED (diodo emisor de luz), Light Emitter Diode

Si alguna vez ha visto, unas pequeñas luces de diferentes colores que se encienden y apagan, en algún circuito electrónico, ha visto los diodo LED en funcionamiento. El LED es un tipo especial de diodo, que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Existen diodos LED de varios colores y dependen del material con el cual fueron construidos. Hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar, infrarrojo.

Eléctricamente el diodo LED se comporta igual que un diodo de silicio o germanio. Si se pasa una corriente a través del diodo semiconductor, se inyectan electrones y huecos en las regiones P y N, respectivamente. Dependiendo de la magnitud de la corriente, hay recombinación de los portadores de carga (electrones y huecos). Hay un tipo de recombinaciones que se llaman recombinaciones radiantes (aquí la emisión de luz). La relación entre las recombinaciones radiantes y el total de recombinaciones depende del material semiconductor utilizado (GaAs, GaAsP, y GaP)

Dependiendo del material de que está hecho el LED, será la emisión de la longitud de onda y por ende el color

Material	Longitud de onda de emisión en Angstroms (Å)	Color
GaAs: Zn	9100	Infrarojo
GaAsP.4	6500	Rojo
GaAsP.5	6100	Ambar
GaAsP.85:N	5900	Amarillo
Ga:P	5600	Verde

Debe de escogerse bien la corriente que atraviesa el LED para obtener una buena intensidad luminosa y evitar que este se pueda dañar. El LED tiene un voltaje de operación que va de 1.5 V a 2.2 voltios. aproximadamente y la gama de corrientes que debe circular por él está entre los 10 y 20 miliamperios (mA) en los diodos de color rojo y de entre los 20 y 40 miliamperios (mA) para los otros LEDs.

Tiene enormes ventajas sobre las lámparas indicadores comunes, como su bajo consumo de energía, su mantenimiento casi nulo y con una vida aproximada de 100,000 horas.

El diodo LED debe ser protegido. Una pequeña cantidad de corriente en sentido inverso no lo dañará, pero si hay picos inesperados puede dañarse. Una forma de protegerlo es colocar en paralelo con el diodo LED pero apuntando en sentido opuesto un diodo de silicio común.

Aplicaciones tiene el diodo LED. Se utiliza ampliamente en aplicaciones visuales, como indicadores de cierta situación específica de funcionamiento.

Ejemplos

- Se utilizan para desplegar contadores
- Para indicar la polaridad de una fuente de alimentación de corriente directa.
- Para indicar la actividad de una fuente de alimentación de corriente alterna.
- En dispositivos de alarma

Sus desventajas son que su potencia de iluminación es tan baja, que su luz es invisible bajo una fuente de luz brillante y que su ángulo de visibilidad está entre los 30° y 60°. Este último problema se corrige con cubiertas difusores de luz



Símbolo del diodo LED

El diodo LASER, ' luz laser '

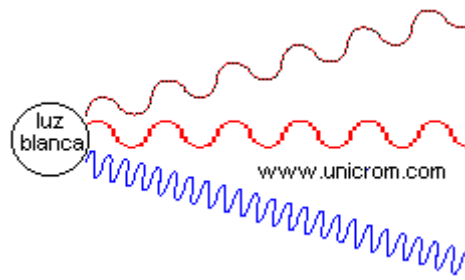
El diodo laser se obtuvo como resultado de la continuación del desarrollo del diodo LED. La palabra LASER proviene de las siglas en inglés:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Esto se refiere a un extraño proceso cuántico, donde la luz característica emitida por electrones cuando estos pasan de un estado de alta energía a un estado de menor energía, estimulan a otros electrones para crear "saltos" similares. El resultado es una luz sincronizada que sale del material.

Otra característica importante es que la luz emitida no sólo tiene la misma frecuencia (color), sino también la misma fase. (también está sincronizada). Este es el motivo por el cual luz laser se mantiene enfocada aún a grandes distancias.

En el caso de una fuente de luz blanca común, esta genera todos los diferentes colores (a sus respectivas frecuencias) en forma de rayos dispersos (van en diferentes direcciones) y no están en fase.



En el caso de una fuente de luz laser todos los rayos son del mismo color (monocromáticos) o lo que es lo mismo, tienen la misma frecuencia y están en fase



Nota: los colores del gráfico no guardan relación con los colores ni la frecuencia que irradia la luz en la realidad

Los diodos LED comunes, irradian una sola luz (son monocromáticos), una sola frecuencia, pero no están en fase y se propagan en forma dispersa.

En cambio los diodos LASER, producen una luz coherente. Esta luz no sólo es monocromática (un solo color), sino que es monofásica (están en fase), resultando en un rayo de luz muy preciso.

Los diodos LASER tienen una gran cantidad de aplicaciones, lectura y escritura de discos ópticos, donde sólo un rayo de luz muy angosto puede ver una área microscópica en la superficie de un disco. Para mediciones precisas en donde es indispensable un rayo de luz que no se disperse.

Algunos diodos laser requieren de circuitos que generen pulsos de alta potencia, para entregar grandes cantidades de voltaje y corriente en pequeños instantes de tiempo. Otros diodos laser necesitan de un funcionamiento continuo pero a menor potencia.

Con el envejecimiento los diodos laser podrían necesitar mas corriente para generar la misma potencia entregada. Pero no hay que olvidarse que estos elementos tiene una vida muy larga. Ejemplo: el diodo LED común que tiene una vida util de 10,000 horas en promedio

La lámpara incandescente

Como está construida una lampara incandescente?

El componente principal de la lámpara es el filamento, que cuando pasa corriente a través de el, puede ser calentado como resistencia hasta el estado incandescente, manteniéndose en este estado por mucho tiempo.

Este filamento tiene que fabricarse de un material con un alto punto de fusión (punto en que por la temperatura se derrita) y este es el Tungsteno cuyo punto de fusión es 3655 °K (grados Kelvin). Este filamento debe estar protegido en un medio que evite que se deteriore. Este ambiente se logra poniéndolo dentro de un bulbo, bombillo o ampolla de vidrio que este al vacío o con un gas inerte.

La lámparas incandescentes con filamento de tungsteno es mucho más eficiente que las que tiene otros materiales.



El filamento de tungsteno se torna incandescente a partir de los 1000 °K (grados Kelvin), pudiendo llegar a 1800 °K y 2500 °K lo que significa que su eficiencia luminosa esta entre 1 y 8 lumens por vatio (lumen es una unidad de medida de intensidad de luz). Mientras más se aumenta la temperatura del filamento (aumentando el voltaje entre sus terminales) , la luz emitida por él es más blanca. No es conveniente incrementar el voltaje que alimenta un filamento pues esto reduce la vida útil de la lámpara. De hecho es necesario un corto período de calentamiento luego de encenderla, para después alcanzar su temperatura estable.

La longitud del filamento lo define el voltaje de operación del bulbo, a mas voltaje mas largo es el filamento y a veces significa mas soportes internos dentro del bulbo de vidrio

Si una lámpara necesita menor corriente para emitir luz, el grosor del filamento será menor

Este filamento se mantiene en su posición dentro del bulbo con ayuda de unos alambres electrodos, que son los que permiten que la conexión eléctrica con el exterior del bulbo sea posible

Si las lámparas son del tipo miniatura, los alambres electrodos salen directamente al exterior, en otros casos utilizan un casquillo enroscable o con unos pequeños pines laterales (se utilizan en los automóviles). Una lámpara de tungsteno puede operar con cualquier tipo de fuente de tensión, sea de corriente directa o corriente alterna, aunque la vida de la lámpara es menor cuando opera en corriente continua

El LCD - Display de Cristal Líquido

Los LCD son visualizadores pasivos, esto significa que no emiten luz como el visualizador o display alfanumérico hecho a base de un arreglo de LEDs. Es por esa razón que, algunas veces, cuando intentamos ver la hora en un reloj que utiliza esta tecnología, es necesario una fuente de luz adicional.

El LCD tiene muy bajo consumo de energía si se lo compara con el display o visualizador alfanumérico y son compatibles con la tecnología CMOS, característica que permite que se utilice en equipos portátiles (ejemplo: los relojes de pulsera, calculadoras, etc.). Tiene una vida aproximada de 50,000 horas. Hay diferentes tipos de presentaciones y son muy fáciles de configurar. Hay desde visualizadores comunes de 7 segmentos, hasta una matriz de puntos, todos ellos muy delgados.

¿Cómo funciona un LCD?

El LCD modifica la luz que lo incide. Dependiendo de la polarización que se esté aplicando, el LCD reflejará o absorberá más o menos luz. Cuando un segmento recibe la tensión de polarización adecuada no reflejará la luz y aparecerá en la pantalla del dispositivo como un

segmento oscuro. Seguro que más de un lector habrá visto este fenómeno en calculadoras, relojes, etc.

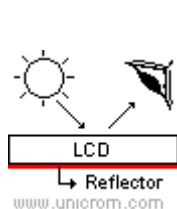
El líquido de un LCD está entre dos placas de vidrio paralelas con una separación de unos micrones. Estas placas de vidrio tienen unos electrodos especiales que definen, con su forma, los símbolos, caracteres, etc. que se visualizarán.

La superficie del vidrio que hace contacto con el líquido es tratada de manera que induzca la alineación de los cristales en dirección paralela a las placas. Esta alineación permite el paso de la luz incidente sin ninguna alteración.

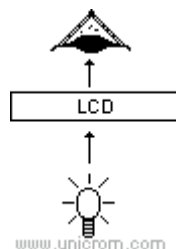
Cuando se aplica la polarización adecuada entre los electrodos, aparece un campo eléctrico entre estos electrodos (campo que es perpendicular a las placas) y esto causa que las moléculas del líquido se agrupen en sentido paralelo a este (el campo eléctrico) y cause que aparezca una zona oscura sobre un fondo claro (contraste positivo). De esta manera aparece la información que se desea mostrar.

Modos de visualización:

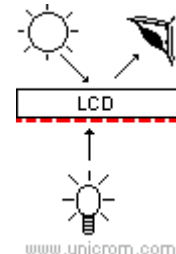
Modo reflector: En este modo el sistema LCD utiliza un reflector de difusión (una lámina reflectora), que refleja la luz ambiente a través del visualizador. Excelente para áreas donde siempre hay luz disponible y como no requiere de una fuente de energía se puede utilizar con baterías. Este modo ofrece un alto contraste.



Modo transmisor: En este modo el visualizador LCD es iluminado desde atrás en forma artificial. Se utiliza mucho para visualizaciones negativas (segmentos claros sobre fondo oscuro).



Modo translector: Este modo es un híbrido de los dos modos antes mencionados y se utiliza para desplegar la información bajo cualquier condición de iluminación. En este modo el display LCD refleja tanto la luz ambiente como la luz artificial de fondo difusa para uso nocturno.



Se puede introducir color en los visualizadores LCD de las siguientes maneras

- **Polarizadores selectivos de color.** Estos producen segmentos de color sobre un fondo brillante o segmentos brillantes sobre un fondo de color
- **Filtros de color.** Pueden ser una lámina o estar impresos en el visualizador. Estos filtros trabajan mejor con iluminación trasera
- **Luz trasera de color.** Cuando los segmentos no han sido energizados, aparecen oscuros, pero cuando se energizan permiten el paso de la luz de color.

El espectro electromagnético

Cuando se habla del Espectro Electromagnético se habla de un conjunto de ondas que van desde las ondas con mayor longitud como "Las ondas de radio" hasta los que tienen menor longitud como los "Los rayos Gamma." Es importante anotar que las ondas con mayor longitud de onda tienen menor frecuencia y viceversa.

Las características propias de cada tipo de onda no solo es su longitud de onda, sino también su frecuencia y energía.

El espectro electromagnético se divide en: (empezando de con la que tiene mayor longitud de onda)

		Longitud de onda	Frecuencia	Energía
Radio	Muy Baja Frecuencia	> 10 km	< 30 Khz	< 1.99 e-29 J
	Onda Larga	< 10 km	> 30 Khz	> 1.99 e -29 J
	Onda media	< 650 m	> 650 Khz	> 4.31 e-28 J
	Onda corta	< 180 m	> 1.7 Mhz	> 1.13 e-27 J
	Muy alta frecuencia	< 10 m	> 30 Mhz	> 2.05 e-26 J
	Ultra alta frecuencia	< 1 m	> 300 Mhz	> 1.99 e-25 J
Microondas		< 30 cm	> 1.0 Ghz	> 1.99 e-24 J
Infrarrojo	Lejano / submilimétrico	< 1 mm	> 300 Ghz	> 199 e-24 J
	Medio	< 50 um	> 6.0 Thz	> 3.98 e-21 J
	Cercano	< 2.5 um	> 120 Thz	> 79.5 e-21 J
Luz Visible		< 780 nm	> 384 Thz	> 255 e-21 J
Ultravioleta	Cercano	< 380 nm	> 789 Thz	> 523 e-21 J
	Extremo	< 200 nm	> 1.5 Phz	> 993 e-21 J
Rayo X		< 10 nm	> 30.0 Phz	> 19.9 e-18 J
Rayos Gamma		< 10 pm	> 30.0 Ehz	> 19.9 e-15 J

Frecuencia (khz) = 300,000 / longitud de onda (metros)

Las ondas de radio (espectro radial): Se utilizan no sólo para llevar música, sino también para transportar la señal de televisión y los teléfonos celulares. Este este espectro abarca desde las ondas de:

- Muy Baja Frecuencia (VLF): para enlaces de radio a gran distancia
- Frecuencias Bajas (LF): para enlaces de radio a gran distancia, especialmente en la navegación marítima y aérea
- Frecuencias Medias (MF): son ondas utilizadas en la radio difusión
- Alta Frecuencia (HF): para comunicaciones a media y larga distancia
- Frecuencias Muy Altas (VHF): se utilizan en Televisión y radio en FM, entre otros
- Ultra Alta Frecuencia (UHF): se utilizan en Televisión, radio comunicación
- Frecuencia Superaltas (SHF): se utilizan en sistemas de radar, radio comunicación
- Frecuencia Extra Altas (EHF): se utilizan en sistemas de radar, radio comunicación

Nota: UHF, SHF y EHF abarcan un rango de frecuencias que comprende las microondas y los rayos infrarrojos.

Las microondas: con longitud de onda del orden de los centímetros. En los microondas domésticos se utilizan las longitudes de onda mayores. Longitudes de onda menores se utilizan en radares. También se utilizan para enviar información de un lugar a otro

Los rayos infrarrojos Rayos no visibles, muy útiles pues son irradiados por los cuerpos dependiendo de su temperatura. Sus aplicaciones son muchas, incluyendo su utilidad en los controles remotos muy conocidos por todos.

Luz visible: Ver [La Luz: características y estructura](#)

Los Rayos Ultravioleta: Estos rayos se dividen en 3 grupos: Cercano, Lejano y Extremo que se diferencian a parte de su frecuencia por la cantidad de energía que transmiten. La que más energía transmite es: Los rayos Ultravioleta Extremo (EUV)

Los rayos X: Estos rayos de menor longitud de onda que los rayos ultravioleta tiene mas energía (la energía aumenta con el aumento de la frecuencia) Se comporta más como una partícula que como una onda. Son muy utilizados en el área de la medicina ya que las diferentes partes del cuerpo por su diferente densidad absorben mas o menos esta radiación, pudiendo verse un ejemplo en las placas de rayos X que todos conocemos.

Los rayos Gamma: Estas ondas son generadas por átomos reactivos y en explosiones nucleares. Estos rayos pueden matar las células y en medicina son utilizadas para matar células cancerosas

Filtros

Los filtros: conceptos, tipos, características

¿Qué son los Filtros?

Los filtros son redes que permiten el paso o detienen el paso de un determinado grupo de frecuencias (banda de frecuencias).

Tipos de filtros:

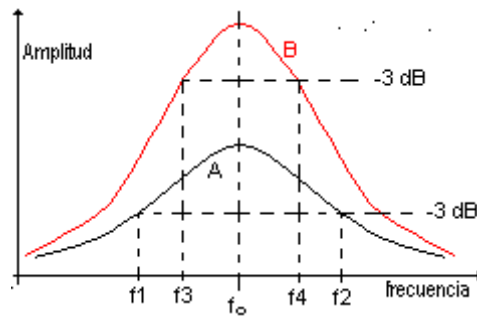
- filtros paso bajo
- filtros paso alto

En estos filtros una de sus principales característica es su frecuencia de corte, que delimita el grupo de las frecuencias que pasan o no pasan por el filtro. En el filtro paso bajo pasarán las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte y en el filtro paso alto pasarán las frecuencias por encima de la frecuencia de corte.

- filtros pasa banda
- filtro supresor de banda o rechazo de banda

Principales características de los filtros pasa banda:

- frecuencia central
- ancho de banda
- factor de calidad



Se muestran dos gráficos de dos filtros con la misma frecuencia central.

El gráfico A:

- muestra una frecuencia central f_0 (también llamada frecuencia de resonancia)
- ancho de banda va de f_1 a f_2 .

El gráfico B:

- muestra una frecuencia central f_0 (también llamada frecuencia de resonancia)
- ancho de banda va de f_3 a f_4 .

Las frecuencias utilizadas para determinar el ancho de banda (f_1 , f_2 , f_3 , f_4) se llaman frecuencias de corte o frecuencias de mediana potencia y se obtienen cuando la amplitud de la onda (ver el gráfico) cae en 3 dB de su máxima amplitud.

El gráfico B muestra un filtro de mayor selectividad, pues las frecuencias de corte están mas cerca de la frecuencia central f_0 (ver la amplitud de la salida del filtro). En este caso el ancho de banda del filtro es menor.

El gráfico A muestra un filtro de menor selectividad, pues sus frecuencias están más alejadas de la frecuencia central, pero su ancho de banda es mayor.

Para encontrar el factor de calidad de un filtro se utiliza la fórmula: $Q = f_0 / AB$

Donde:

f_0 = frecuencia de resonancia

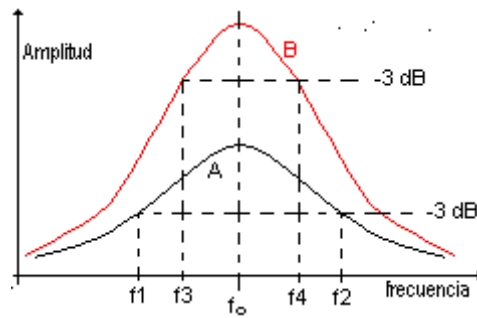
AB = ancho de banda ($f_2 - f_1$) o ($f_4 - f_3$).

En este caso el factor de calidad del filtro B es mayor.

Filtros, Orden de los filtros, relación entre fase y tensión de salida

Un filtro es un circuito con al menos un elemento reactivo (inductor o capacitor). Un circuito con solo un elemento reactivo es un "filtro de primer orden", si el circuito tiene dos elementos reactivos es un "filtro de segundo orden", etc.

La diferencia que existe entre un filtro de primer orden y un filtro de orden mayor es la curva de respuesta de frecuencia



Como se ve del diagrama, las frecuencias de corte (f_1 y f_2 para la curva azul y f_3 y f_4 para la curva roja) no necesariamente indican que las frecuencias tanto a la izquierda de f_1 y f_3 y a la derecha de f_2 y f_4 están completamente eliminadas.

La curva en ambos casos desciende lentamente hasta su nivel más bajo.

Lo ideal sería que el filtro tuviera una forma más cuadrada de manera que las frecuencias indeseables fueran totalmente eliminadas. Para lograr esto se incrementa el orden de los filtros (hay más elementos reactivos: bobinas y condensadores).

Este tipo de filtro es muy útil en muchos casos, pero hay otros en donde la señal a filtrar no es muy potente y la está perdiendo energía conforme avanza por las diferentes etapas del filtro. Para estos casos es mejor utilizar "filtros activos".

Consideraciones de fase y la tensión de salida.

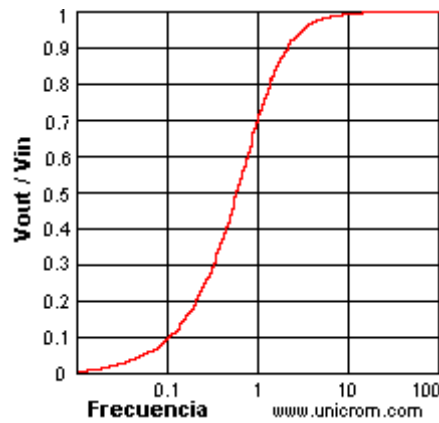
En un filtro RC o RL hay que tomar en cuenta que el desfase entre la tensión y la corriente está entre 0° y 90° . Este ángulo es determinado con exactitud con los valores de los componentes y la frecuencia en cuestión.

La fórmula es: $\Theta = \arctan(X_c/R)$ para el caso de un filtro RC.

- Si X_c (reactancia capacitiva) fuera mucho mayor que R (digamos unas 100 veces) entonces.
 $\Theta = \arctan(X_c/R) = \arctan(100R/R) = \arctan(100) = 89.5^\circ$
- Si X_c (reactancia capacitiva) fuera mucho menor que R (digamos unas 100 veces) entonces.
 $\Theta = \arctan(X_c/R) = \arctan(X_c/100X_c) = \arctan(1/100) = 0.5^\circ$

Si X_c y R tienen el mismo valor entonces, $\Theta = \arctan(X_c/R) = \arctan(1) = 45^\circ$

La tensión de salida del filtro depende de la frecuencia y de la amplitud de la tensión de entrada. Se puede implementar un gráfico que muestre la relación entre la tensión de salida y la tensión de entrada (V_{out}/V_{in}) para un rango de frecuencia. (ejemplo con un filtro paso alto).



Se puede ver que para bajas frecuencias, la relación V_{out}/V_{in} es prácticamente "0" indicando que la tensión de salida es muy baja. En cambio para frecuencias altas la relación V_{out}/V_{in} , está muy cerca de "1", lo que indica que la tensión de salida V_{out} es prácticamente igual a la tensión V_{in} . Este es el comportamiento esperado para un filtro paso alto (el ejemplo)

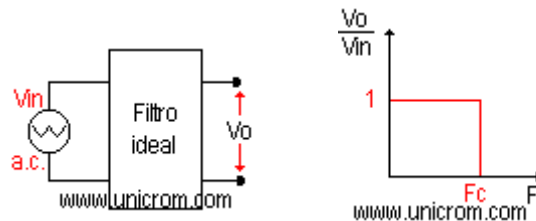
Filtro RC (resistor-capacitor) Paso Bajo

Un filtro paso alto RC es un circuito formado por una resistencia y un condensador conectados en serie de manera que este permite solamente el paso de frecuencias por debajo de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte (F_c) y elimina las frecuencias por encima de esta frecuencia.

Estos filtros RC no son perfectos por lo que se hace el análisis en el caso ideal y el caso real.

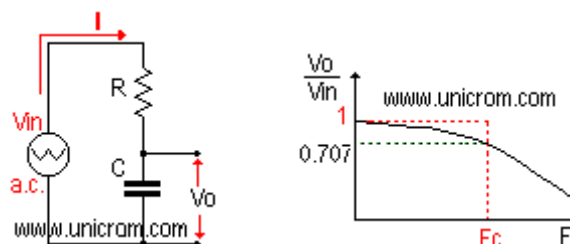
La unidad de frecuencia es el: Hertz, Hertzio, ciclo por segundo

Filtro Paso Bajo ideal



El filtro paso bajo ideal es un circuito formado por una resistencia y un condensador, que permite el paso de las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte (F_c) y elimina las que sean superiores a ésta. (ver figura)

Filtro paso bajo Real



La reactancia capacitiva cambia con la frecuencia. Para altas frecuencias X_C es baja logrando con esto que las señales de estas frecuencias sean atenuadas. En cambio a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia capacitiva es grande, lo que causa que estas frecuencias no se vean afectadas o son afectadas muy poco por el filtro.

Con la ley de Ohm:

- $V_{in} = I \times Z = I \times (R^2 + X_C^2)^{1/2}$
- $V_o = I \times X_C$
- $V_o = V_{in} / (1 + (2 \times \pi \times R C)^2)^{1/2}$

La frecuencia de corte es aquella donde la amplitud de la señal entrante cae hasta un 70.7 % de su valor máximo. Y esto ocurre cuando $X_C = R$. (reactancia capacitiva = resistencia)

Si $X_C = R$, la frecuencia de corte será

$$F_c = 1 / (2 \times \pi \times R C)$$

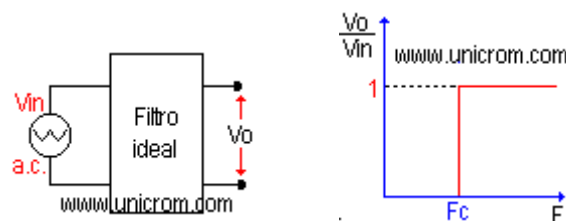
La banda de frecuencias por debajo de la frecuencia de corte se llama *Banda de paso*, y la banda de frecuencias por encima de F_c se llama *Banda de atenuación*

Filtro RC (resistor-capacitor) Paso Alto

Un filtro paso alto RC es un circuito formado por una resistencia y un condensador conectados en serie de manera que este permite solamente el paso de frecuencias por encima de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte (F_c) y elimina las frecuencias por debajo de esta frecuencia. Estos filtros RC no son perfectos por lo que se hace el análisis en el caso ideal y el caso real.

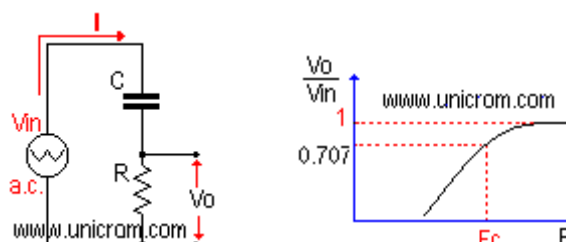
La unidad de frecuencia es el: Hertz, Hertzio, ciclo por segundo

Filtro Paso Alto ideal



El filtro paso alto ideal es un circuito que permite el paso de las frecuencias por encima de la frecuencia de corte (F_c) y elimina las que sean inferiores a ésta. (ver figura)

Filtro paso bajo Real



Para el circuito serie: condensador-resistencia, el voltaje de salida V_o queda:

$$V_o = I \times R. \text{ como } V_{in} = I \times Z = I \times (R^2 + X_c^2)^{1/2}, \text{ así:}$$

$$V_o = 2 \times \pi \times F \times R \times C / (1 + (2 \times \pi \times F \times R \times C)^2)^{1/2}$$

El valor de la tensión de salida puede ser calculado con esta ecuación para cualquier frecuencia.

Para bajas frecuencias, la salida tiene un valor muy bajo. Para la frecuencia de corte $X_c = R$ (reactancia capacitiva = resistencia), entonces:

$$V_r = V_o = I \times R = I \times X_c \text{ y } V_o = 0.707 \times V_{in}$$

A la frecuencia de corte la reactancia capacitiva y la resistencia tienen el mismo valor, entonces:

$$R = X_c = 1 / (2 \times \pi \times F_c \times C) \text{ (la misma ecuación del filtro Paso bajo).}$$

$$\text{Despejando: } F_c = 1 / (2 \times \pi \times R \times C)$$

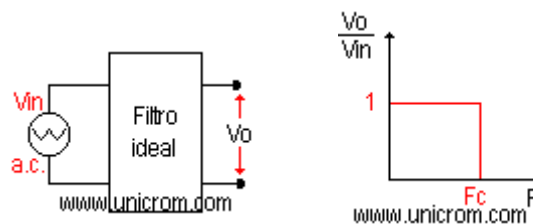
Filtro RL (Resistor-Inductor) Paso Bajo

Un filtro paso bajo RL es un circuito formado por una resistencia y una bobina conectados en serie de manera que este permite solamente el paso de frecuencias por debajo de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte (F_c) y elimina las frecuencias por encima de esta frecuencia.

Estos filtros RL no son perfectos por lo que se hace el análisis en el caso ideal y el caso real.

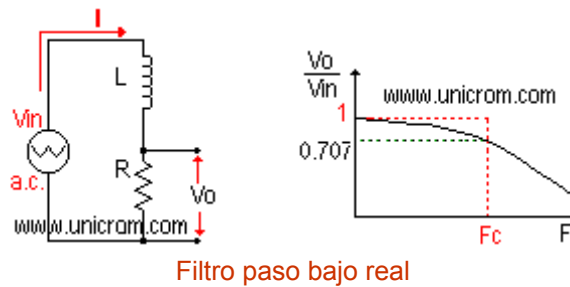
Nota: La unidad de frecuencia es el: Hertz, Hertzio, ciclo por segundo

Filtro Paso Bajo ideal: El filtro paso bajo ideal es un circuito formado por una resistencia y una bobina, que permite el paso de las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte (F_c) y elimina las que sean superiores a ésta. (ver figura)



Filtro paso bajo ideal

Filtro paso bajo Real: La reactancia inductiva cambia con la frecuencia. Para altas frecuencias X_L es alta logrando con esto que las señales de estas frecuencias sean atenuadas. En cambio a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia inductiva es pequeña, lo que causa que estas frecuencias no se vean afectadas o son afectadas muy poco por el filtro.



Con la ley de Ohm:

- $V_{in} = I \times Z = I \times (R^2 + X_L^2)^{1/2}$
- $V_o = I \times R$
- $V_o = V_{in} \times R / (R^2 + X_L^2)^{1/2}$

La frecuencia de corte es aquella donde la amplitud de la señal entrante cae hasta un 70.7 % de su valor máximo. Y esto ocurre cuando $X_C = R$. (reactancia capacitiva = resistencia)

Si $X_L = R$, la frecuencia de corte será: $F_c = R / (2 \times \pi \times L)$

La banda de frecuencias por debajo de la frecuencia de corte se llama *Banda de paso*, y la banda de frecuencias por encima de F_c se llama *Banda de atenuación*

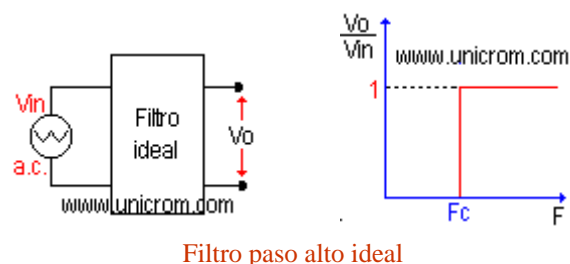
Filtro RL (resistencia-bobina) Paso Alto

Un filtro paso alto RL es un circuito formado por una resistencia y una bobina conectados en serie de manera que este permite solamente el paso de frecuencias por encima de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte (F_c) y elimina las frecuencias por encima de esta frecuencia.

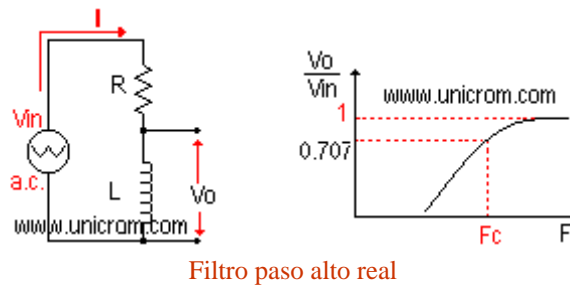
Estos filtros RL no son perfectos por lo que se hace el análisis en el caso ideal y el caso real.

Nota: La unidad de frecuencia es el: Hertz, Hertzio, ciclo por segundo

Filtro Paso alto ideal: El filtro paso alto ideal es un circuito formado por una resistencia y una bobina, que permite el paso de las frecuencias por encima de la frecuencia de corte (F_c) y elimina las que sean inferiores a ésta. (ver figura)



Filtro paso alto Real: La reactancia inductiva cambia con la frecuencia. Para altas frecuencias X_L es alta logrando con esto que la salida V_o sea evidente para estas frecuencias. En cambio a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia inductiva es pequeña, y sea poco el efecto de esta sobre la salida V_o .



Filtro paso alto real

Con la ley de Ohm:

- $V_{in} = I \times Z = I \times (R^2 + X_L^2)^{1/2}$
- $V_o = I \times X_L$
- $V_o = V_{in} \times X_L / (R^2 + X_L^2)^{1/2} = (V_{in} \times I) / (1 + (2\pi \times f \times RL))^{1/2}$

La frecuencia de corte es aquella donde la amplitud de la señal entrante cae hasta un 70.7 % de su valor máximo.

Y esto ocurre cuando $X_L = R = 2\pi \times F_c \times L$. (reactancia capacitiva = resistencia)

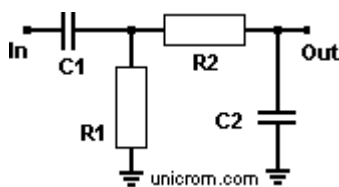
Si $X_L = R$, la frecuencia de corte será: $F_c = R / (2 \times \pi \times L)$

La banda de frecuencias por debajo de la frecuencia de corte se llama *Banda de atenuación*, y la banda de frecuencias por encima de F_c se llama *Banda de paso atenuación*

Filtro PasaBanda RC pasivo, con por un filtro Paso Bajo y un filtro Paso Alto

Se recomienda, antes de seguir con este tutorial, que se analicen los [Conceptos de Filtros](#), [Fase, relación entre tensión de salida y entrada](#) y se lean los tutoriales de [Filtro RC paso bajo](#) y [Filtro RC paso alto](#).

Una situación interesante resulta de la combinación de los tipos de filtros antes mencionados. Ver el gráfico siguiente:



Lo que muestra el anterior circuito es un filtro PasaBanda. Este tipo de filtros sólo deja pasar un rango de frecuencia delimitada por dos frecuencias de corte:

- F_{c1} : Frecuencia de corte del filtro paso alto. (frecuencia de corte inferior)
- F_{c2} : Frecuencia de corte del filtro paso bajo. (frecuencia de corte superior)

Si se modifican estas frecuencias de corte, se modifica el rango de frecuencias, ampliando o disminuyendo las frecuencias que pueden pasar por él.

En este caso la primera parte del circuito con $C1$ y $R1$ forman el filtro paso alto y la segunda parte, formado por $R2$ y $C2$, forman el filtro paso bajo.

El orden de los filtros se puede invertir (primero el filtro paso bajo y después el filtro paso alto), pero hay razones para ponerlos en el orden del gráfico, una de ellas es que el segundo filtro se

comporta como una carga para el primero y es deseable que esta carga sea la menor posible (que el segundo filtro demande la menor cantidad de corriente posible del primero)

Al tener el segundo filtro una frecuencia de corte mayor, es de suponer que los valores de las impedancias causadas por R_2 y C_2 sean mayores y esto cause que sea menor la carga que tenga el primer filtro.

Respuesta de frecuencia de un filtro Pasabanda

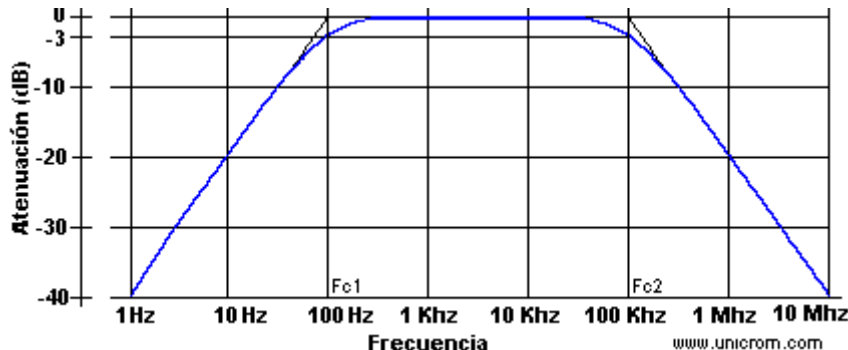
Como se puede ver en el gráfico el primer filtro (paso alto con R_1 y C_1) permite el paso de las frecuencias superiores a la frecuencia de corte de este.

Las ondas que lograron pasar por el primer filtro ahora avanzan hasta el segundo donde se eliminan las frecuencias que son superiores a la frecuencia de corte del segundo filtro (paso bajo con R_2 y C_2).

Un caso extremo sería cuando las dos frecuencias de corte sean iguales y entonces sólo habría una frecuencia que pasaría por este filtro (la frecuencia de corte). Si ahora la frecuencia de corte del filtro paso alto fuera mayor que la frecuencia de corte del filtro Paso bajo, no pasaría ninguna frecuencia por este filtro.

En el gráfico siguiente la frecuencia de corte del filtro paso alto es de 100 Hz y la frecuencia de corte del filtro paso bajo es de 100 KHz

Como se puede ver la banda pasante es de 3 décadas (de 100 a 1000 Hz, de 1000 a 10000 Hz y de 10000 a 100000 Hz) o lo que es lo mismo (de 100 a 1 KHz, de 1KHz a 10 KHz y de 10 KHz a 100 KHz)

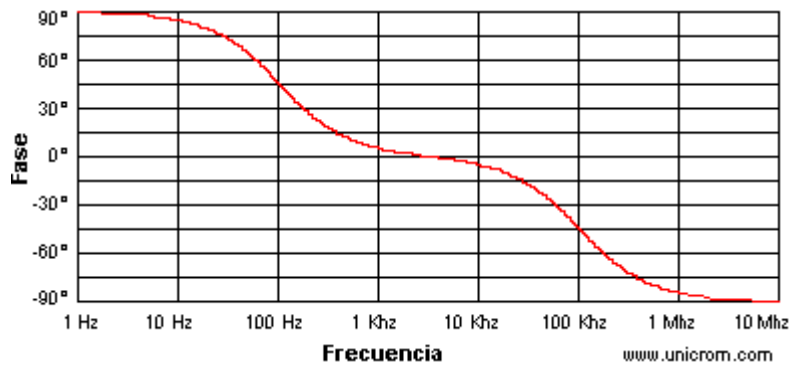


Respuesta de fase de un filtro PasaBanda

La respuesta de fase es la que se muestra el siguiente gráfico y es la combinación de las repuestas de fase de los dos filtros individuales (filtros paso alto y paso bajo) hay que tomar en cuenta que la banda de paso es de sólo 3 décadas. El desfase será cero (0) o casi en un rango de frecuencia muy pequeño.

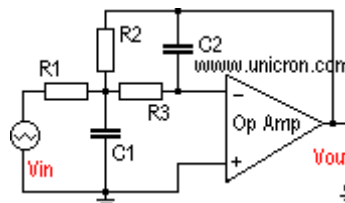
- A mayor ancho de banda mayor será el rango de frecuencias en donde no hay desfase
- A menor ancho de banda menor será el rango de frecuencias en donde no hay desfase

Si se da el caso en que la frecuencia de corte es la misma para el filtro paso alto y el filtro paso bajo, el retardo de fase del filtro paso bajo se cancela con el efecto de adelanto del filtro paso alto y entonces la única frecuencia sin desfase será la de la frecuencia de corte

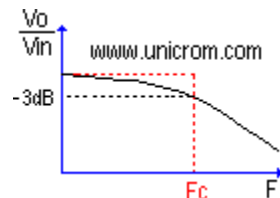


Filtro activo Paso Bajo con Amplificador Operacional

Los filtros activos se diferencian de los filtros comunes, en que estos últimos son solamente una combinación de resistencias, capacitores e inductores. En cambio los filtros activos se componen de resistores, capacitores y dispositivos activos como Amplificadores Operacionales o transistores.



Filtro activo paso bajo con Amplificador Operacional



Curva de respuesta de un filtro Paso bajo.
Las líneas discontinuas rojas representan el filtro paso bajo ideal

Si se seleccionan los capacitores de modo que: $C1 = C2 = C$ y $R1 = R2 = R3 = R$

El valor de la frecuencia F_c (frecuencia de corte) se puede obtener con ayuda de la siguiente fórmula: $F_c = 0.0481 / RC$.

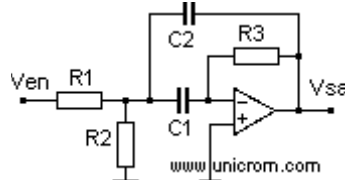
Y la ganancia del filtro (acordarse de que es un amplificador) será: $A_v = V_o / V_{in} = R2 / R1$.

Si se expresa esta ganancia en decibeles: $A_v = 20 \log V_o / V_{in}$ o $A_v = 20 \log R2 / R1$.

Nota: F_c (frecuencia de corte) es el punto en la curva de transferencia en que salida ha caído 3 dB (decibeles) desde su valor máximo.

Filtro activo Pasa Banda con Amplificador Operacional

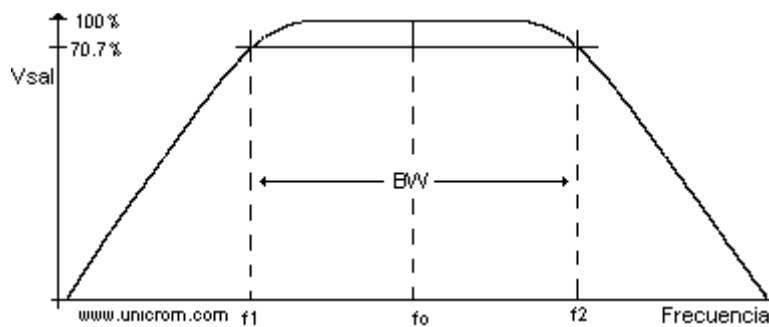
Los filtros activos se diferencian de los filtros comunes, en que estos últimos son sólo combinación de resistencias, capacitores e inductores. En cambio los filtros activos se componen de resistores, capacitores y dispositivos activos como Amplificadores Operacionales o transistores.



Filtro activo pasa banda con Amplificador Operacional

El filtro Pasa Banda tiene la siguiente curva de respuesta de frecuencia. Dejará pasar todas las tensiones de la señal de entrada que tengan frecuencias entre la frecuencia de corte inferior f_1 y la de corte superior f_2 . Las tensiones fuera de este rango de frecuencias serán atenuadas y serán menores al 70.7 % de la tensión de entrada. La frecuencia central de este tipo de filtro se obtiene con la siguiente fórmula:

$$f_0 = 1 / [2\pi C \times (R_3 R)^{1/2}]$$



Curva de respuesta de un filtro pasa banda.

Si se seleccionan los capacitores y resistores de modo que: $C_1 = C_2 = C$ y $R_1 = R_2 = R$

El ancho de banda será: $BW = f_2 - f_1 = 1.41 R / [C R_3 (R_3 R)^{1/2}]$

El factor de calidad $Q = f_0 / BW$.

Las líneas discontinuas verticales sobre f_1 y f_2 y la línea horizontal del 70.7% representan la respuesta de un filtro pasa banda ideal.

Nota: f_1 y f_2 (frecuencias de corte) son puntos en la curva de transferencia en que salida ha caído 3 dB (decibeles) desde su valor máximo.

Circuitos Integrados

El 555

El temporizador 555 - Oscilador astable, monostable

Este excepcional Circuito Integrado muy difundido en nuestros días nació hace 30 años y continúa utilizándose actualmente, puede ver una [Breve reseña histórica del temporizador 555](#)

Se puede ver de la figura que independientemente del tipo de encapsulado, la numeración de las patillas del temporizador es la misma

El 556 es un Circuito Integrado con 2 temporizadores tipo 555 en una sola unidad de 14 pines y el 558 tiene 4 temporizadores tipo 555 en una sola unidad de 14 pines



Descripción de las patillas o pines del temporizador 555

1 - Tierra o masa

2 - Disparo: Es en esta patilla, donde se establece el inicio del tiempo de retardo, si el 555 es configurado como monostable. Este proceso de disparo ocurre cuando este pin va por debajo del nivel de $1/3$ del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.

3 - Salida: Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que este conectado como monostable, astable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de aplicación (V_{cc}) menos 1.7 Voltios. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla # 4 (reset)

4 - Reset: Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla de salida # 3 a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarla a V_{cc} para evitar que el 555 se "resetee"

5 - Control de voltaje: Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar casi desde V_{cc} (en la practica como $V_{cc} - 1$ voltio) hasta casi 0 V (aprox. 2 Voltios). Así es posible modificar los tiempos en que la patilla # 3 esta en alto o en bajo independiente del diseño (establecido por las resistencias y condensadores conectados externamente al 555). El voltaje aplicado a la patilla # 5 puede variar entre un 45 y un 90 % de V_{cc} en la configuración monostable. Cuando se utiliza la configuración astable, el voltaje puede variar desde 1.7 voltios hasta V_{cc} . Modificando el voltaje en esta patilla en la configuración astable causará la frecuencia original del astable sea modulada en frecuencia (FM). Si esta patilla no se utiliza, se recomienda ponerle un condensador de 0.01uF para evitar las interferencias

6 - Umbral: Es una entrada a un comparador interno que tiene el 555 y se utiliza para poner la salida (Pin # 3) a nivel bajo bajo

7 - Descarga: Utilizado para descargar con efectividad el condensador externo utilizado por el temporizador para su funcionamiento.

8 - V+: También llamado V_{cc} , es el pin donde se conecta el voltaje de alimentación que va de

4.5 voltios hasta 16 voltios (máximo). Hay versiones militares de este integrado que llegan hasta 18 Voltios

El temporizador 555 se puede conectar para que funcione de diferentes maneras, entre los mas importantes están: como multivibrador astable y como multivibrador monoestable

Multivibrador astable: Este tipo de funcionamiento se caracteriza por una salida con forma de onda cuadrada (o rectangular) continua de ancho predefinido por el diseñador del circuito. El esquema de conexión es el que se muestra. La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo T1 y en un nivel bajo un tiempo T2. Los tiempos de duración dependen de los valores de R1 y R2.

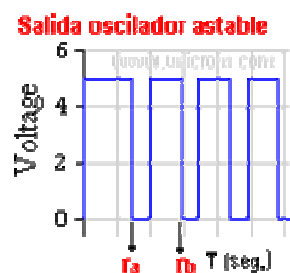
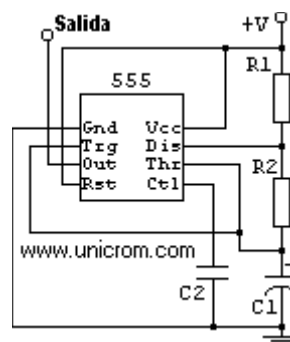
$$T1 = 0.693(R1+R2)C1 \text{ y } T2 = 0.693 \times R2 \times C1 \text{ (en segundos)}$$

La frecuencia con que la señal de salida oscila está dada por la fórmula:

$$f = 1 / [0.693 \times C1 \times (R1 + 2 \times R2)]$$

y el período es simplemente $T = 1 / f$

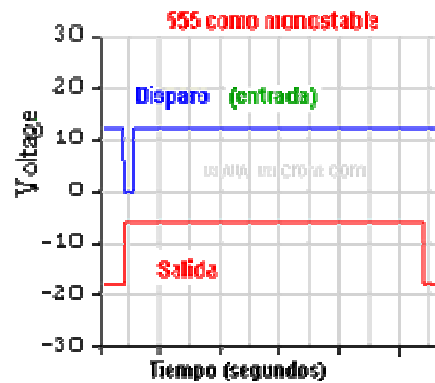
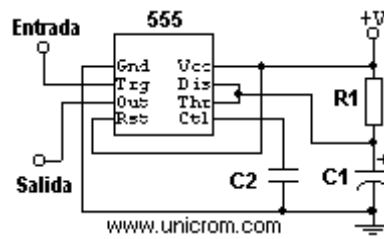
Hay que recordar que el período es el tiempo que dura la señal hasta que ésta se vuelve a repetir (Tb - Ta), ver gráfico.



Multivibrador Monostable: En este caso el circuito entrega a su salida un solo pulso de un ancho establecido por el diseñador (tiempo de duración). El esquema de conexión es el que se muestra. La Fórmula para calcular el tiempo de duración (tiempo que la salida esta en nivel alto) es:

$$T = 1.1 \times R1 \times C1 \text{ (en segundos).}$$

Observar que es necesario que la señal de disparo, sea de nivel bajo y de muy corta duración en el PIN # 2 del C.I. para iniciar la señal de salida.



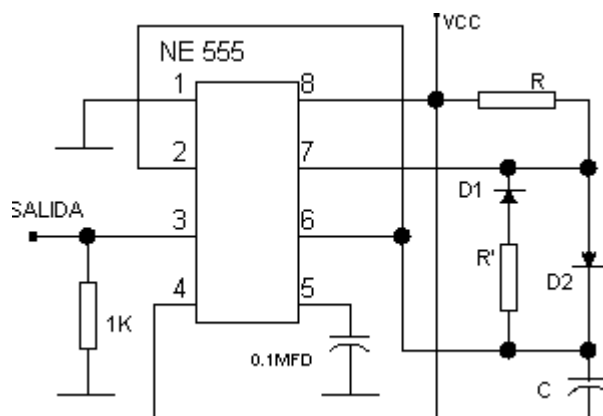
Oscilador astable con $t_1 = t_2$ con el temporizador 555

El circuito astable original que se diseña con el temporizador 555 no permite obtener $t_1 = t_2$.

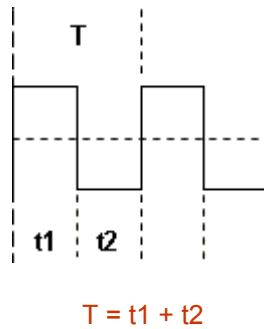
Este siguiente circuito, con la ayuda de unos elementos adicionales (D1 y D2) y haciendo que $R = R'$ logra este cometido

El circuito permite generar una onda cuadrada con $t_1 = t_2$, aplicando $t = 0.693 RC$ solamente, no así con $t_1 = 0.693 R_1C$ y $t_2 = 0.693 (R_1+R_2)$ donde $t_1 \neq t_2$.

Los tiempos de carga y descarga del condensador son iguales, dada la imaginación del lector este puede llevarse a diversos planos, tales como: el disparo para realizar un inversor CC - CA, sincronización de señal para determinar una frecuencia.



Oscilador astable con un temporizador 555 donde $t_1 = t_2$



El periodo: $T = t_1 + t_2$ y la frecuencia: $f = 1 / T$

Recordar que el período es el tiempo que dura la señal desde que se inicia en un momento dado hasta que éste se vuelve a repetir.

El Amplificador operacional

El Amplificador Operacional, inicios, ganancia en lazo abierto

Inicios

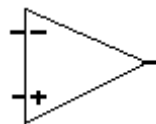
El Amplificador Operacional fue desarrollado para ser utilizado en computadoras analógicas en los inicios de los años 1940. Los primeros Op. Amp. utilizaban los tubos al vacío, eran de gran tamaño y consumían mucha potencia.

En 1967 la empresa "Fairchild Semiconductor" introdujo al mercado el primer amplificador operacional en la forma de un circuito integrado, logrando disminuir su tamaño, consumo de energía y su precio. Este dispositivo es un amplificador lineal de alto rendimiento, con una gran variedad de usos.

Básicamente el Amp. Op. (Op. Amp.) es un dispositivo amplificador de la diferencia de sus dos entradas, con una alta ganancia, una impedancia de entrada muy alta, (mayor a 1 Megaohm) y una baja impedancia de salida (de 8 a 20 ohmios).

Con estas características se deduce que las corrientes de entrada son prácticamente nulas y que tiene la característica de poder entregar corriente relativamente alta (ver datos del fabricante)

Internamente el Amp. Op. (Op Amp) contiene un gran número de transistores, resistores, capacitores, etc..



El terminal + es el terminal no inversor

El terminal - es el terminal inversor

Hay varios tipos de presentación de los amplificadores operacionales, como el paquete dual en línea (DIP) de 8 pines o patitas.

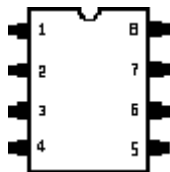
Para saber cual es el pin 1, se ubica una muesca entre los pines 1 y 8, siendo el # 1 el pin que está a la izquierda de la muesca cuando se pone el integrado como se muestra en el diagrama.

La distribución de los terminales del Amplificador operacional en el Circuito integrado DIP de 8 patillas es:

- pin 2: entrada inversora (-)
- pin 3: entrada no inversora (+)
- pin 6: salida (out)

Para alimentar un amplificador operacional se utilizan 2 fuentes de tensión:

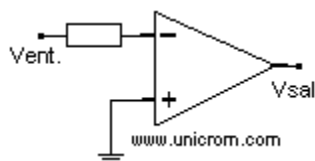
- una positiva conectada al pin 7 y
- otra negativa conectada al pin 4



También hay otra presentación con 14 pines. En algunas versiones no hay muesca, pero hay un círculo pequeño cerca de la patita # 1.

Ganancia en lazo abierto

Esta ganancia es aquella que tiene el amplificador operacional cuando no existe ningún camino de realimentación entre la salida y alguna de las dos entradas. Ver el diagrama inferior.



La ganancia del amplificador en lazo abierto está dada por la siguiente fórmula: $AV = V_{sal} / V_{ent}$

Donde:

AV = ganancia de tensión

Vsal = tensión de salida

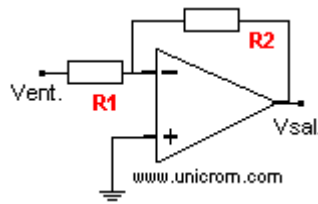
Vent = tensión de entrada

En un amplificador operacional ideal, esta ganancia es infinita. Como el operacional es real, su ganancia está entre 20,000 y 200,000 (en amplificador operacional 741C). Este tipo de configuración se utiliza en comparadores, en donde lo que se desea es saber cual de las dos entradas tiene mayor tensión.

El Amplificador Operacional, ganancia lazo cerrado, inversor en CC

Ganancia en lazo cerrado (realimentación)

Para poder controlar la ganancia de tensión que tiene un amplificador operacional, se le provee de una realimentación negativa, que hará que este circuito sea mucho más estable.



La ganancia es dada por la siguiente fórmula: $AV = - V_o / V_{in}$. El signo menos indica que la señal en la salida será la opuesta a la entrada (una tensión positiva aplicada a la entrada produce una tensión negativa a la salida).

El valor de la ganancia está dada por: $AV = - R_2 / R_1$

Si se modifican los valores de R_2 y R_1 , se modifica la ganancia.

Ejemplo:

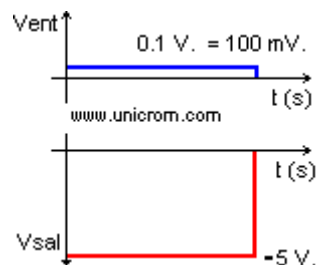
Si $R_2 = 500$ Kohmios y $R_1 = 10$ Kohmios, entonces
 $AV = - V_o / V_{in} = - R_2 / R_1 = - 500 / 10 = - 50$.

La ganancia será de 50 y la señal a la salida estará invertida (signo menos)

Amplificación en CC (amplificador inversor)

Si al amplificador con ganancia de 50 mencionado en el párrafo anterior, se le aplica una señal de 0.1 voltios = 100 mV (milivoltios) en la entrada, la salida será:

$$V_o = - A_v \times V_{in} = - 50 \times 0.1V. = - 5 V.$$



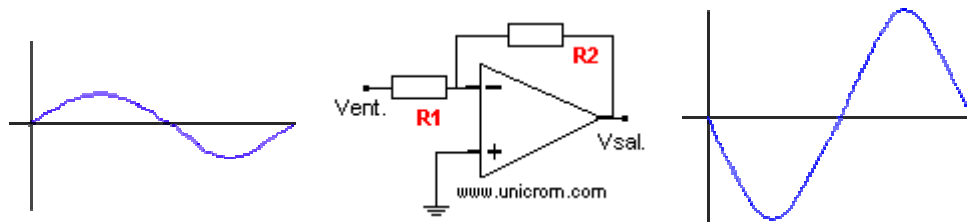
Entrada positiva y salida ampliada e invertida (negativa)
 Gráfico no está a escala

Nota: tomar en cuenta que la entrada es positiva y la salida es negativa

El Amp.Op. inversor en CA, frecuencia, saturación, tierra virtual

El amplificador inversor en Corriente alterna

El amplificador inversor amplifica e invierte una señal de corriente alterna. En este caso la señal alterna de entrada sale ampliada en la salida, pero también desfasada 180° (invertida).



La ganancia de tensión se obtiene con la fórmula
 $AV = - V_{sal} / V_{ent}$ y $AV = - R2 / R1$

Si $V_{ent} = 0.1 \text{ V} = 100 \text{ mV}$ y $V_{sal} = 10 \text{ V}$, entonces $AV = - 10 / 0.1 = - 100$.

Las magnitudes de la señales alternas se pueden medir en tensión pico, pico-pico o RMS.

Respuesta de frecuencia

El amplificador operacional no amplifica de la misma manera para todo el rango de frecuencias. Conforme la frecuencia de la señal a amplificar aumenta, la capacidad del Amp. Operacional para amplificar disminuye.

Hay una frecuencia en particular para la cual la ganancia de tensión ha disminuido al 70.7 % de la ganancia a frecuencias medias. (la ganancia a disminuido en 3 dB. (decibeles))

Esta es la frecuencia de corte y nos indica el límite superior del ancho de banda (BW) de este Op. Amp.



Saturación

Si se aumenta la señal de entrada en amplificador operacional, aumentará también la salida. Pero hay un límite máximo al que puede llegar la salida (aproximadamente entre 1.5 y 2 voltios menos que la tensión entregada por las fuentes de alimentación). Después de esta tensión, aunque aumentemos la entrada la salida no aumentará

Entonces hay una señal de entrada máxima que hará que la señal de salida llegue también a su máximo. (máximo permitido por la fuente). Si señal de entrada se mayor a esta se produce la saturación y la tensión de salida será recortada en los picos negativos y positivos. Ver figura.



Tierra virtual

Cuando un amplificador operacional no está saturado, trabaja en condiciones normales. Así la diferencia de tensión entre la entrada inversora y tierra es casi 0 voltios. Entonces se dice que la entrada inversora es una tierra virtual.

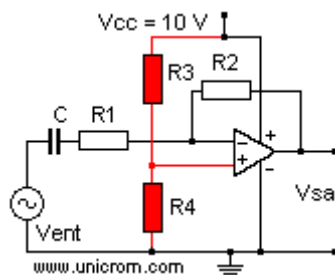
Si el amplificador entra en saturación, lo anterior ya no es cierto, pues aparece una tensión entre la entrada inversora y tierra.

El Amplificador Operacional con una fuente, capacitor de bloqueo

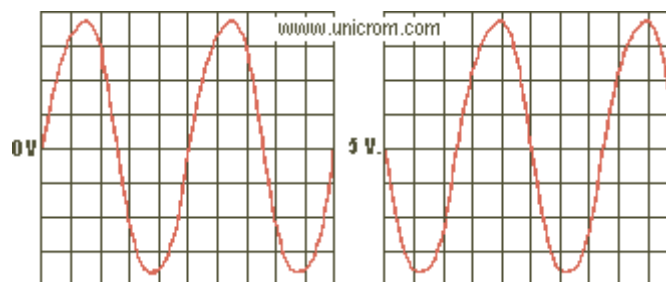
Amplificador de fuente única

Cuando se utilizan amplificadores operacionales, se indica que éstos deben de funcionar con dos tipos de tensión: una positiva y otra negativa. Esto podría no ser un problema si se tiene más de una fuente, pero en equipos portátiles es normal que sólo se utilice una fuente de tensión (como una batería o pila)

Para lograrlo se elimina la fuente de tensión negativa y se implementa una división de tensión.



La división de tensión se implementa con dos resistencias R3 y R4 y es aplicada a la entrada no inversora. La tensión sobre R4 establece la tensión de polarización aplicada a la entrada no inversora y produce un desplazamiento en el nivel de tensión en CC a la salida del amplificador. Ver la siguiente figura.



La tensión de salida será, de esta manera, similar a la salida original con dos fuentes de tensión, pero desplazada en nivel en una cantidad igual a la tensión de polarización (5 voltios si se supone que $R3 = R4$).

La tensión de polarización se obtiene con la siguiente fórmula:

$$V_{\text{polarización}} = R4 / (R3 + R4) \times V_{\text{fuente alimentación}}$$

La ganancia se obtiene con las fórmulas
 $A_v = -V_o / V_{in} = -R_2 / R_1$

Condensador / capacitor de bloqueo

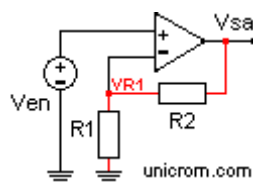
Si se agrega un divisor de tensión se estaría entregando a la fuente de la señal de entrada un nivel de corriente continua. Para evitar ésto se incluye en el paso de la señal de entrada un condensador de bloqueo (C) que dejará pasar la señales alternas y detendrá la corriente continua. (a esto se le llama desacoplar la fuente de señal de la entrada)

Nota: Toma en cuenta que tanto la entrada inversora, como la no inversora están al mismo nivel de tensión y que si se pone un nivel de tensión en CD en la entrada no inversora, también aparecerá en la entrada inversora.

Amp. Op. no inversor, ganancia, impedancia de entrada y salida

Ganancia de tensión

En este caso la señal a amplificar se aplica al pin no inversor (+) del amplificador operacional. Como el nombre lo indica, la señal de salida no está invertida respecto a la entrada



Del gráfico se ve que la tensión en R1 es igual a $V_{R1} = [R_1 / (R_1 + R_2)] \times V_{sal}$ (por división de tensión)

En operación normal la tensión entre las entradas (inversora y no inversora) es prácticamente cero, lo que significa que la entrada V_{en} es igual a V_{R1} . Entonces con $V_{en} = V_{R1}$, y con la formula anterior

$$V_{en} = [R_1 / (R_1 + R_2)] \times V_{sal}.$$

Despejando para V_{sal} / V_{en} (ganancia de tensión)

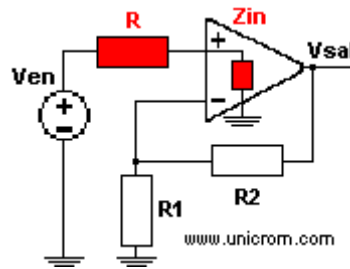
$$A_v = V_{sal} / V_{en} = (R_1 + R_2) / R_1 = R_1 / R_1 + R_2 / R_1$$

entonces $A_v = 1 + R_2 / R_1$

De la anterior fórmula se deduce que la ganancia de tensión en este tipo de amplificador será de 1 o mayor.

Impedancia de entrada

La impedancia de entrada del amplificador no inversor es mucho mayor que la del amplificador inversor. Se puede obtener este valor experimentalmente colocando en la entrada no inversora una resistencia R de valor conocido. Ver el siguiente gráfico



En los terminales de la resistencia R habrá una caída de tensión debido al flujo de una corriente por ella que sale de la fuente de señal y entra en el amplificador operacional. Esta corriente se puede obtener con la ayuda de la ley de ohm: $I = V_R / R$, donde $V_R = V_{en} - V(+)$

Para obtener la impedancia de entrada se utiliza la siguiente fórmula (ley de Ohm):

$$Z_{in} = V+ / I$$

Donde

- $V(+)$: es la tensión en el terminal de entrada no inversor del amplificador operacional
- I : es la corriente anteriormente obtenida

Impedancia de salida

La impedancia de salida se puede obtener, como la impedancia de entrada, experimentalmente.



- 1 - Se mide la tensión en la salida del amplificador operacional sin carga V_{ca} .

Nota: Al no haber carga, no hay corriente y por lo tanto, no hay caída de tensión en Z_o .

- 2 - Se coloca después en la salida un resistor de valor conocido R_L .

- 3 - Se mide la tensión en la carga (tensión nominal) = V_{RL}

- 4 - Se obtiene la corriente por la carga con al ayuda de la ley de ohm: $I = V_{RL} / R_L$

- 5 - Para obtener la impedancia de salida Z_o se utiliza la siguiente formula:

$$Z_o = [V_{CA} - V_{RL}] / I$$

Donde:

- Z_o = impedancia de salida
- V_{CA} = tensión de salida del operacional sin carga
- R_L = resistencia de carga
- V_{RL} = tensión de salida del amplificador operacional con carga
- I = corriente en la carga

El Comparador con Amplificador Operacional

Un amplificador Operacional puede ser utilizado para determinar cual de dos señales en sus entradas es mayor. (se utiliza como comparador). Basta con que una de estas señales sea ligeramente mayor para que cause que la salida del amplificador operacional sea máxima, ya

sea positiva (+Vsat) o negativa (-Vsat). Esto se debe a que el operacional se utiliza en lazo abierto (tiene ganancia máxima)

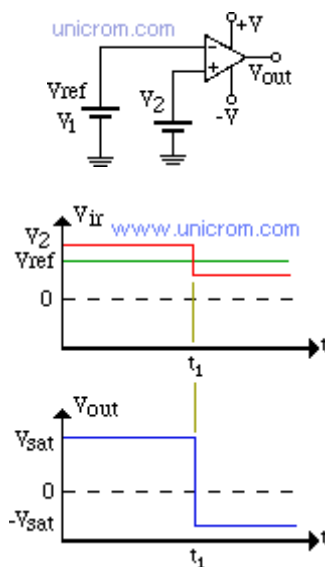
La ganancia real de un amplificador operacional es de 200,000 o más y la fórmula de la señal de salida es:

$$V_{out} = AOL (V_1 - V_2).$$

Donde:

- Vout = tensión de salida
- AOL = ganancia de amplificador operacional en lazo abierto (200,000 o más)
- V1 y V2 = tensiones de entrada (las que se comparan)

Vout no puede exceder la tensión de saturación del amplificador operacional, sea esta saturación negativa o positiva. (normalmente este valor es unos 2 voltios menos que el valor de la fuente (V+ ó V-)



Del gráfico se ve que el valor de la entrada en V2 es mayor que la de V1 (que se utiliza como referencia y tiene un valor fijo), hasta que en un momento t1, V2 cambia y ahora es menor que V1.

Como V2 está conectado a la entrada no inversora del operacional, la salida (Vout) está en saturación positiva, hasta que llega a t1, en donde la salida ahora está en saturación negativa.

Comparador No inversor

En este comparador la tensión de referencia se aplica a la entrada inversora, y la señal a detectar será aplicada a la entrada no inversora. La tensión de referencia puede ser positiva o negativa

- Si la señal a detectar tenga una tensión superior a la tensión de referencia, la salida será una tensión igual a +Vsat (tensión de saturación positiva).
- Si la señal de entrada tiene una tensión inferior a la señal de referencia, la salida será igual a -Vsat (tensión de saturación negativa)

Comparador Inversor

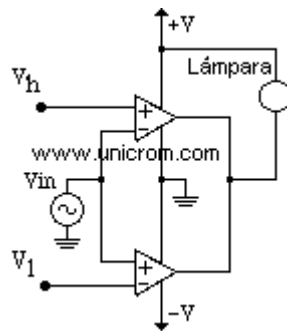
En este comparador la tensión de referencia se aplica a la entrada no inversora, y la señal a detectar será aplicada a la entrada inversora. La tensión de referencia puede ser positiva o negativa

- Si la señal a detectar tenga una tensión superior a la tensión de referencia, la salida será una tensión igual a $-V_{sat}$ (tensión de saturación negativa).
- Si la señal de entrada tiene una tensión inferior a la señal de referencia, la salida será igual a $+V_{sat}$ (tensión de saturación positiva)

Comparador de ventana con amplificadores operacionales (Op. Amp.)

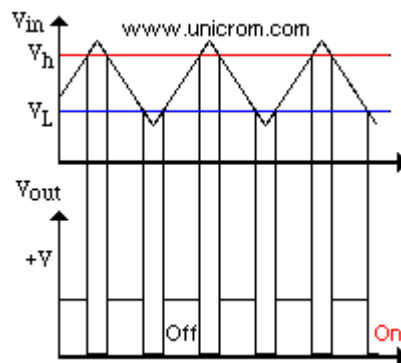
Algunas veces es necesario saber si una señal o nivel de tensión está dentro o fuera de un límite aceptable. Con ayuda de un comparador (amplificador operacional) que controle el nivel superior y otro comparador que controle el nivel inferior, se puede implementar un comparador de ventana.

El nivel de tensión a sensar (V_{in}) se aplica a la entrada inversora del operacional que controla el límite superior (ver V_h) y también a la entrada no inversora del operacional que controla el límite inferior (ver V_L). Ver el gráfico



Comparador de ventana con dos amplificadores operacionales

La lámpara sólo se encenderá cuando la salida de los amplificadores operacionales sea un nivel bajo.



Formas de onda de la salida y entrada del comparador de ventana

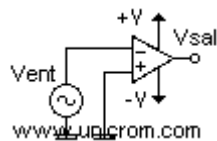
De los dos diagramas anteriores se puede ver con claridad que el nivel bajo a la salida sucede cuando la señal de entrada (ver onda triangular) está por encima del límite superior (línea roja) y por debajo del límite inferior (línea azul). Este nivel bajo en la salida activaría la lámpara o circuito de alarma que indica el estado no permitido.

Comparador regenerativo (disparador schmitt) - generador de onda cuadrada

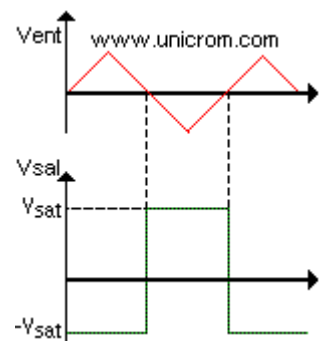
Cuando se utiliza un comparador en su configuración básica, existe el inconveniente de que sólo es necesario que la entrada a comparar tenga un nivel ligeramente diferente al de referencia para que la salida pase a saturación positiva o negativa.

Hay que acordarse que el comparador en configuración básica está en lazo abierto (no tiene resistencias de realimentación para controlar la ganancia del operacional) y su ganancia es máxima. (saturación, ya sea positiva o negativa)

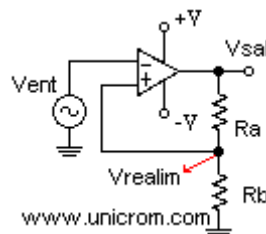
Esto significa que la señal a comparar debe ser una señal libre de ruidos, (ver línea roja en el segundo gráfico) pues estos causarían que hayan tensiones de salida falsas.



Si una señal de entrada de 0.01 voltios fuera afectada por ruido que tuviera una amplitud de 0.5 voltios pico-pico. Esta señal aun estando en la parte positiva del gráfico, tendría un valor negativo no deseado de $0.01 - 0.25 = -0.16$ voltios (valor negativo) **salida errónea**



Para evitar estas salidas falsas en el comparador se utiliza la realimentación positiva en el circuito.



La tensión de realimentación es la que aparece en el resistor R_b, se aplica a la entrada no inversora del amplificador operacional y se obtiene con ayuda de la fórmula:

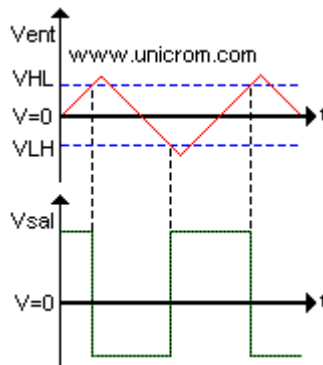
$$V_{\text{realimentación}} = \pm R_b \times V_{\text{sat}} / (R_a + R_b)$$

$$+V_{\text{realimentación}} = V_{\text{HL}}$$

$$-V_{\text{realimentación}} = V_{\text{LH}}$$

(ver signos "+" y "-" que indican que hay dos tensiones de realimentación, uno positivo y uno negativo)

Analizar el gráfico de izquierda a derecha



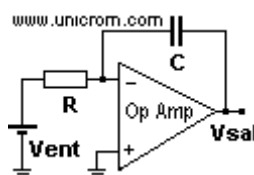
- Cuando **Ventrada < VHL** entonces la Salida = **V+** (voltaje de saturación positivo)
- Cuando **Ventrada > VHL** entonces la Salida = **V-** (voltaje de saturación negativo)
- La salida se mantendrá en voltaje de saturación negativa mientras la onda triangular este por encima de **VHL**, después pase por cero (0) y seguirá así hasta...
- Cuando **Ventrada < VLH** entonces la salida = **V+** (voltaje de saturación positivo)
- Cuando **Ventrada > VLH** entonces la salida = **V+** (voltaje de saturación positivo) y se mantendrá así hasta
- Cuando **Ventrada > VHL** entonces la Salida = **V-** (voltaje de saturación negativo)

Este circuito también se utiliza como generador de onda cuadrada partiendo de una onda triangular como se puede ver del gráfico anterior.

Este tipo de circuito, debido a su configuración, tiene una "curva de histéresis" debido a que la salida sólo pasa de saturación positiva a negativa y viceversa cuando **Ventrada** excede a los valores de tensión de realimentación tanto positiva como negativa. Ver: Histéresis

Integrador con Amplificador Operacional

Un circuito integrador realiza un proceso de suma llamado "integración". La tensión de salida del circuito integrador es proporcional al área bajo la curva de entrada (onda de entrada), para cualquier instante.

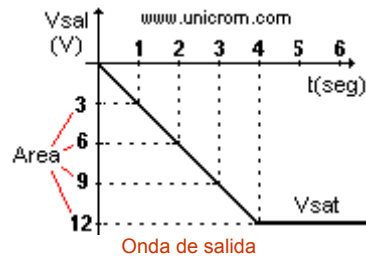


Integrador con un amplificador operacional

En el siguiente gráfico se puede ver una señal de entrada (línea recta) de 3 voltios que se mantiene continuo con el pasar del tiempo.



El el siguiente gráfico se muestra que el área bajo la curva en un momento cualquiera es igual al valor de la entrada multiplicado por el tiempo. $V_{sal} = V_{ent} \times t$



Por ejemplo:

al terminar el primer segundo, el área bajo la curva es $V_{ent} \times t = 3 \times 1 = 3$

al terminar el siguiente segundo, el área bajo la curva es $V_{ent} \times t = 3 \times 2 = 6$

al terminar el tercer segundo, el área bajo la curva es $V_{ent} \times t = 3 \times 3 = 9$

al terminar el cuarto segundo, el área bajo la curva es $V_{ent} \times t = 3 \times 4 = 12$

Dando los valores de $R = 1 \text{ M}\Omega$ y $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ al primer gráfico, el valor de la tensión de salida es:
 $V_{sal} = - (1 / RC) \times V_{ent} \times t$.

La ganancia de este amplificador en este caso es: $-1 / (1 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-6}) = -1$, y el signo negativo se debe a que el amplificador operacional está configurado como amplificador inversor

Así:

al terminar el primer segundo, $V_{sal} = - V_{ent} \times t = - 3 \times 1 = - 3$

al terminar el siguiente segundo, $V_{sal} = - V_{ent} \times t = - 3 \times 2 = - 6$

al terminar el tercer segundo, $V_{sal} = - V_{ent} \times t = - 3 \times 3 = - 9$

al terminar el cuarto segundo, $V_{sal} = - V_{ent} \times t = - 3 \times 4 = - 12$

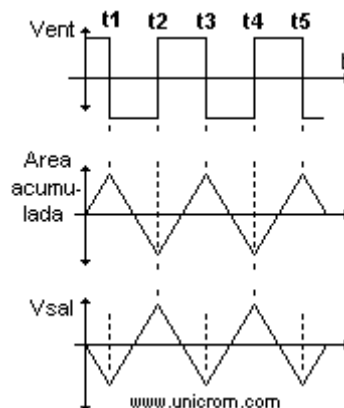
Esta tensión de salida no crece indefinidamente (en sentido negativo). Hay un momento, como se puede ver el último gráfico en que ésta línea se mantiene a un valor constante. Esto sucede cuando el amplificador llega a su tensión de saturación

Salida triangular / entrada senoidal: Integrador con Op. Amp.

Generador de onda triangular

Si a un integrador se le mantiene la entrada a un nivel de corriente continua constante, por un largo periodo de tiempo, este llegará a saturación.

Observando las siguientes figuras se puede ver que si la onda de entrada es cuadrada, el área acumulada y la forma de onda de la salida serán.



Entre t_0 y T_1 : En el gráfico superior se ve que mientras la tensión de entrada (V_{ent}) se mantiene constante positiva el área acumulada aumenta y la tensión de salida (V_{sal}) tiene pendiente negativa debido a la inversión (la señal de entrada ingresa por el terminal inversor del amplificador operacional).

En t_1 : La forma de onda de la entrada cambia su polaridad bruscamente a un valor negativo, el área acumulada va disminuyendo y la forma de onda de la salida tiene pendiente positiva.

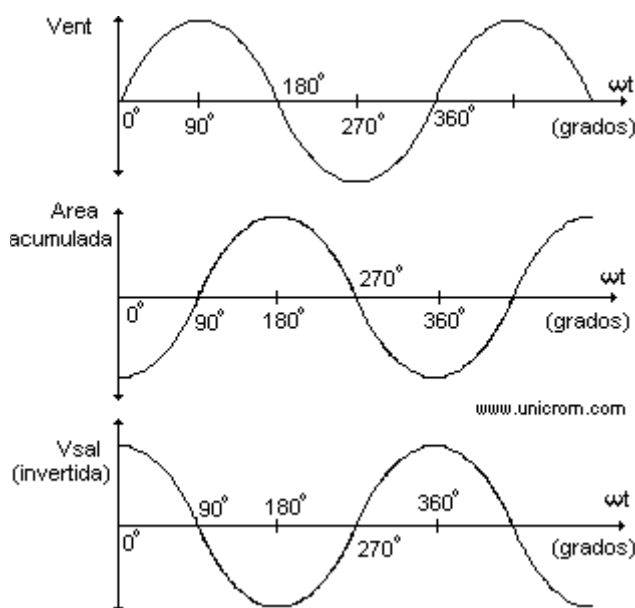
En t_2 : La entrada cambia a un valor positivo bruscamente y el ciclo se vuelve a repetir.

En el gráfico anterior el tiempo en que la señal de entrada permanece constante, ya sea positiva o negativa, no es suficiente para que el integrador se sature en su salida

Si la entrada es una onda cuadrada, el integrador se puede utilizar como generador de onda triangular

Señal de entrada sinusoidal

Si la tensión de entrada es sinusoidal, las diferentes formas de onda se ven en el siguiente gráfico



En este caso el área acumulada inicia con un valor negativo debido a la parte de la señal de entrada (V_{ent}) que existe entre -90° y 0° . De 0° a 90° el área acumulada es positiva. Esta área se resta del área negativa previa hasta cancelarse cuando se llega a los 90° . Después el área acumulada vuelve a crecer hasta llegar a los 180° . Después de los 180° la entrada empieza a disminuir y esto causa que también empiece a disminuir el área acumulada.

La forma de onda de la salida es invertida a la del área acumulada debido a que la entrada de la señal se hace en la entrada inversora

Matemáticamente:

- Área acumulada = $-V_p \cos \omega t$
- Salida invertida = $V_{sal} = V_p \cos \omega t$

Con la tensión pico de salida = $V_p = (1 / RC) V_{ent}$

La tensión de salida será: $V_{sal} = (1 / RC) V_{ent} \cos \omega t$

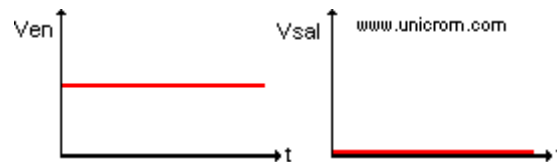
Derivador con Amplificador Operacional

Derivador es un circuito en el que la señal de salida es proporcional a la derivada en el tiempo de la señal de entrada. En otras palabras la salida es proporcional a la velocidad de variación de la señal de la entrada.

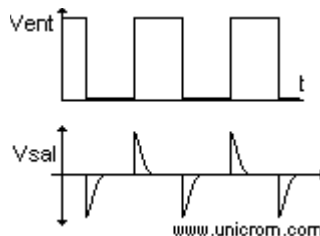
Velocidad de cambio = cambio en V_{ent} / cambio en el tiempo = $\Delta V_{ent} / \Delta t$

Tipos de ondas de entrada:

- **Señal de entrada es una tensión fija** (ejemplo: 3 Voltios): La velocidad de variación de la señal de entrada es cero y por consiguiente la salida también será cero.



- **Señal de entrada es una onda cuadrada**: Cada vez que la señal cambia de nivel hay un brusca variación en la señal de entrada (se pasa de un nivel de tensión a otro en un tiempo muy corto) y en la salida se observan unos picos, tanto en el sentido positivo como negativo. (dependiendo del sentido de la variación).



- **Señal de entrada es un onda triangular**: La señal de salida es cuadrada

Ejemplo:

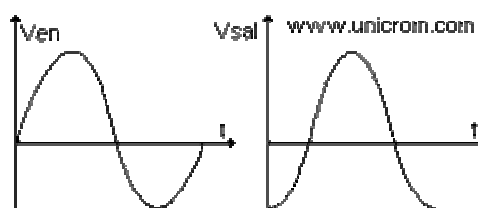
En el caso de la onda cuadrada de 3 voltios de amplitud:

Velocidad de cambio = $(3 \text{ V} - 0 \text{ V}) / (0.005 \text{ s} - 0 \text{ s}) = 600 \text{ voltios} / \text{s}$

Si el tiempo fuera menor la velocidad de cambio aumentaría.

La salida de cada salto esta invertida debido a que la entrada está conectada al la patita inversora del amplificador operacional

Cuando la señal de entrada es sinusoidal, la salida del derivador es como se muestra en el siguiente gráfico

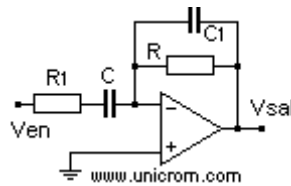


Aquí $V_{sal} = -V_P \cos \omega t$ (negativo pues el derivador es también inversor)
 Como $V_P = A V_{ent} \omega$, entonces $V_{sal} = -A V_{ent} \omega \cos \omega t$ ó $V_{sal} = -A V_{ent} 2\pi f \cos \omega t$
 De la última fórmula se puede ver que un derivador es proporcional a la frecuencia de la señal de entrada. La mayor velocidad se da cuando la señal cruza el eje horizontal con un ángulo pronunciado.

Si hubiese ruido a la entrada, éste normalmente sería de una frecuencia más alta comparado con la señal a derivar, esto causaría que pequeños valores de ruido aparezcan a la salida mucho más grandes.

Para evitar esto se coloca en la entrada un resistor R_1 y un capacitor C_1 se agrega en paralelo con la resistencia de realimentación para reducir la inclinación a oscilar del circuito.

Estos dos últimos componentes reducen la capacidad de derivación del circuito, pero sólo lo hacen hasta la frecuencia que determinan los resistores y capacitores. Ver el siguiente gráfico.



Digital

ADC - El Convertidor Analógico - Digital (CAD)

En el mundo real las señales analógicas varían constantemente, pueden variar lentamente como la temperatura o muy rápidamente como una señal de audio. Lo que sucede con las señales analógicas es que son muy difíciles de manipular, guardar y después recuperar con exactitud.

Si esta información analógica se convierte a información digital, se podría manipular sin problema. La información manipulada puede volver a tomar su valor analógico si se desea con un DAC (convertidor Digital a Analógico)

Hay que definir que tan exacta será la conversión entre la señal analógica y la digital, para lo cual se define la resolución que tendrá.

Primero se define el número máximo de bits de salida (la salida digital). Este dato permite determinar el número máximo de combinaciones en la salida digital. Este número máximo está dado por: 2^n donde n es el número de bits.

También la resolución se entiende como el voltaje necesario (señal analógica) para lograr que en la salida (señal digital) haya un cambio del bit menos significativo.(LSB)

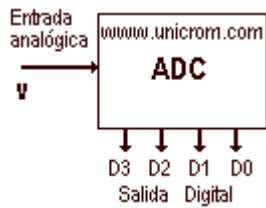
Para hallar la resolución se utiliza la siguiente fórmula: $\text{Resolución} = V_{IFS} / [2^n - 1]$

Donde:

- n = número de bits del ADC
- V_{IFS} = es el voltaje que hay que poner a la entrada del convertidor para obtener una conversión máxima (todas las salidas son "1")

Ejemplo # 1:

Si se tiene un convertidos analógico / digital de 4 bits y el rango de voltaje de entrada es de 0 a 15 voltios



Con $n = 4$ y $V_{IFS} = 15$ Voltios

La resolución será =

$$V_{IFS} / [2^n - 1] = 15 / [2^4 - 1] = 15 / 15 = 1 \text{ voltio / variación en el bit menos significativo}$$

Esto significa que un cambio de 1 voltio en la entrada, causará un cambio del bit menos significativo (LSB) a la salida. En este caso este bit es D0. Ver la siguiente tabla.

De esta manera se construye una tabla de que muestra la conversión para este ADC:

Entrada analógica	Salida digital de 4 bits			
Voltios	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Ejemplo # 2:

Un ADC de 8 bits genera solo "1" (las 8 salidas en 1), cuando en la entrada hay un voltaje de 2.55 voltios (entrada analógica máxima).

La resolución es =

$$V_{IFS} / [2^n - 1] = 2.55 / [2^8 - 1] = 10 \text{ miliVoltios / variación en el bit menos significativo}$$

Se puede ver que mientras más bits tenga el convertidor más exacta será la conversión

Si se tiene una señal de valor máximo de 15 voltios y aplicamos esta señal analógica por diferentes convertidores analógico digital se puede tener una idea de la variación de la resolución con el aumento del número de bits del convertidor

# de bits del ADC	Resolución
-------------------	------------

4 bits	15 voltios / 15 = 1Voltio
8 bits	15 voltios / 255 = 58.8 milivoltios
16 bits	15 voltios / 65536 = 0.23 milivoltios
32 bits	15 voltios / 4294967296 = 0.0000035 milivoltios

Esto significa que a mayor número de bits del ADC, un cambio más pequeño en la magnitud analógica causará un cambio en el bit menos significativo (LSB) de la salida, aumentando así la resolución

ADC - El Convertidor Analógico - Digital (CAD) con comparadores

Para comprender mejor el funcionamiento interno de un convertidor analógico digital se expondrá el siguiente ejemplo de un convertidor simple con comparadores.

Se supone que una entrada analógica que puede variar entre 0 y 2 voltios y se desea convertir ésta en una salida digital de 2 bits. Con estos datos y con la fórmula que ya se conoce, la resolución que se puede obtener de este convertidor será:

$$\text{Resolución} = \text{ViFS} / [2^n - 1] = 2 / (2^2 - 1) = 2 / 3 = 0.5 \text{ voltios}$$

Donde:

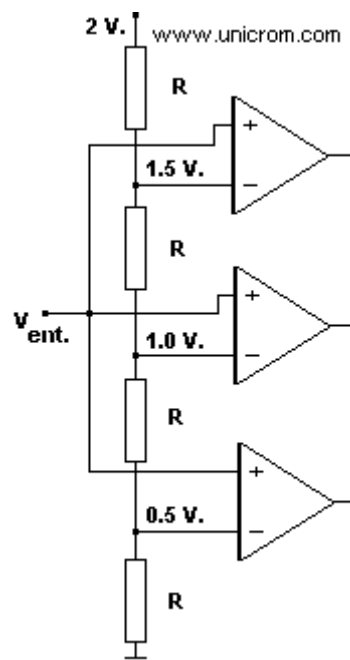
- n = número de bits del ADC
- ViFS = es el voltaje que hay que poner a la entrada del convertidor para obtener una conversión máxima (todas las salidas son "1")

Como se ve es una resolución bastante baja, tomando en cuenta que la entrada máxima es sólo de 2 voltios (ViFS)

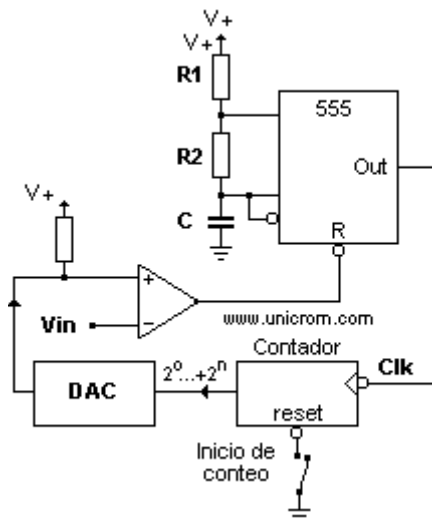
Analizando el gráfico se ve que a este circuito hay que aumentarle un circuito que transforme su salida en un código de dos bits que será el resultado final (la salida digital). Lo que hace el grupo de comparadores mostrado es censar la entrada analógica y dar una salida que indicará cual es el dato digital más cercano a la señal analógica de entrada.

Si se aumentara el número de comparadores la resolución aumentaría debido a que el número de bits del convertidor aumentaría. Esta situación se vuelve impráctica pues el número de comparadores aumenta rápidamente. La alternativa es utilizar comparadores integrados como los analizados antes, que tienen la desventaja de ser más lentos.

Nota: Las salidas de los comparadores tendrán un nivel alto (1 lógico) cuando la entrada no inversora (+) que está conectada a la tensión de entrada analógica sea igual o superior a la tensión establecida por la división de tensión hecha por las resistencias y que está conectada a la entrada inversora (-)



Convertidor Analógico Digital utilizando un Convertidor Digital Analógico (DAC) y un comparador sencillo, un contador, y un temporizador 555. Es mucho más lento pero más barato.



Una tensión desconocida es aplicada a la entrada inversora del comparador (V_{in}). A la entrada no inversora se le aplica la tensión de salida del DAC que a su vez es alimentado con la salida de un contador.

El contador cuenta ascendente desde "0" hasta su cuenta máxima y después vuelve a comenzar, en forma continua. Esto se hace al ritmo de un circuito de un reloj que puede ser un temporizador 555. Esta cuenta muestra a la salida del DAC una escalera que se repite en forma continua.

Normalmente el nivel de la salida del comparador es alto, no afectando el funcionamiento del 555, pero cuando las dos entradas del comparador son iguales la salida pasa a nivel bajo deteniendo el funcionamiento del 555 (el reloj)

En este momento el contador se detiene y su cuenta equivale, en digital, al valor analógico desconocido que alimentaba una de las entradas del comparador. Sólo es necesario medir los valores en las salidas del contador. Se podría tener estas salidas alimentando unos LEDs y los datos se obtendrían visualmente.

Nota: El interruptor de inicio de conteo se utiliza para reiniciar el contador (ponerlo en la cuenta "0") para medir una nueva tensión analógica

El Convertidor Digital - Analógico / (DAC) Digital to Analog Converter

En el mundo real las señales analógicas varían constantemente, pueden variar lentamente como la temperatura o muy rápidamente como una señal de audio. Lo que sucede con las señales analógicas es que son muy difíciles de manipular, guardar y después recuperar con exactitud.

Si esta información analógica se convierte a información digital, se podría manipular sin problema. La información manipulada puede volver a tomar su valor analógico si se desea con un DAC (convertidor Digital a Analógico)

Un DAC contiene normalmente una red resistiva divisora de tensión, que tiene una tensión de referencia estable y fija como entrada.

Hay que definir que tan exacta será la conversión entre la señal analógica y la digital, para lo cual se define la resolución que tendrá.

En la siguiente figura se representa un convertidor Digital - Analógico de 4 bits. cada entrada digital puede ser sólo un "0" o un "1". D0 es el bit menos significativo (LSB) y D3 es el más

significativo (MSB). El voltaje de salida analógica tendrá uno de 16 posibles valores dados por una de las 16 combinaciones de la entrada digital.



La resolución se define de dos maneras:

Primero se define el número máximo de bits de salida (la salida digital). Este dato permite determinar el número máximo de combinaciones en la salida digital. Este número máximo está dado por: 2^n donde n es el número de bits.

También la resolución se entiende como el voltaje necesario (señal analógica) para lograr que en la salida (señal digital) haya un cambio del bit menos significativo.(LSB)

Para hallar la resolución se utiliza la siguiente fórmula: **Resolución = $V_{oFS} / [2^n - 1]$**

Donde:

- n = número de bits del ADC
- V_{oFS} = es el voltaje que hay que poner a la entrada del convertidor para obtener una conversión máxima (todas las salidas son "1")

Ejemplo:

Se tiene un convertidos digital - analógico de 8 bits y el rango de voltaje de salida de 0 a 5 voltios.

Con $n = 8$, hay una resolución de $2^8 = 256$ o lo que es o mismo: El voltaje de salida puede tener 256 valores distintos (contando el "0")

También: resolución = $V_{oFS} / [2^n - 1] = 5 / 2^8 - 1 = 5 / 255 = 19.6 \text{ mV}$ / variación en el bit menos significativo

Con $n = 4$ bits, se consiguen $2^n = 16$ posibles combinaciones de entradas digitales

La salida analógica correspondiente a cada una de las 16 combinaciones dependerá del voltaje de referencia que estemos usando, que a su vez dependerá del voltaje máximo que es posible tener a la salida analógica.

Si V máximo es 10 Voltios, entonces el V_{ref} . (voltaje de referencia) será $10 / 16 = 0.625$ Voltios. Si el voltaje máximo es 7 voltios, $V_{ref} = 7 / 16 = 0.4375$ Voltios.

Se puede ver estos voltajes de referencia serán diferentes (menores) si se utiliza un DAC de 8 o mas bits. Con el de 8 bits se tienen 256 combinaciones en vez de 16. Esto significa que el voltaje máximo posible se divide en mas partes, lográndose una mayor exactitud.

Si el $V_{ref} = 0.5$ Voltios

Entrada digital				Salida analógica
D3	D2	D1	D0	Voltios
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0.5

0	0	1	0	1.0
0	0	1	1	1.5
0	1	0	0	2.0
0	1	0	1	2.5
0	1	1	0	3.0
0	1	1	1	3.5
1	0	0	0	4.0
1	0	0	1	4.5
1	0	1	0	5.0
1	0	1	1	5.5
1	1	0	0	6.0
1	1	0	1	6.5
1	1	1	0	7.0
1	1	1	1	7.5

Se puede ver que mientras más bits tenga el convertidor más exacta será la conversión

Si se tiene diferentes tipos de DAC y todos ellos pueden tener una salida máxima de 15 voltios, se puede ver que la resolución y exactitud de la salida analógica es mayor cuando más bits tenga. Ver siguiente cuadro

# de bits del DAC	Resolución
4 bits	$15 \text{ voltios} / 15 = 1 \text{ Voltio}$
8 bits	$15 \text{ voltios} / 255 = 58.8 \text{ miliVoltios}$
16 bits	$15 \text{ voltios} / 65536 = 0.23 \text{ milivoltios}$
32 bits	$15 \text{ voltios} / 4294967296 = 0.0000035 \text{ milivoltios}$

Instrumentos

El VOM, Tester, multímetro, polímetro

El multímetro es también conocido como VOM (**V**oltios, **O**hmios, **M**iliamperímetro), aunque en la actualidad hay multímetros con capacidad de medir muchas otras magnitudes. (capacitancia, frecuencia, temperatura, etc.). Este instrumento por su precio y su exactitud sigue siendo el preferido del aficionado o profesional en electrónica. Existen otros instrumentos como el osciloscopio que tiene un precio más alto.

Hay dos tipos de multímetros: los analógicos y los digitales.

Los multímetros analógicos son fáciles de identificar por una aguja que al moverse sobre una escala indica del valor de la magnitud medida



Multímetro analógico



Multímetro digital

Los multímetros digitales se identifican principalmente por un panel numérico para leer los valores medidos, la ausencia de la escala que es común en los analógicos. Lo que si tienen es un selector de función y un selector de escala (algunos no tienen selector de escala pues el VOM la determina automáticamente). Algunos tienen en un solo selector central.

El selector de funciones sirve para escoger el tipo de medida que se realizará. Ejemplo:

Voltaje A.C. (ACV)	Voltaje en corriente alterna (en voltios)
Voltaje DC (DCV)	Voltaje en corriente directa (en voltios)
Corriente AC (AC-mA)	Corriente alterna (en miliamperios)
Corriente DC (DC-mA)	Corriente directa (en miliamperios)
Resistencia (Ω)	Resistencia (en ohmios / ohms)

El selector de rangos sirve para establecer máxima que se podrá visualizar (Si no se tiene una idea de la magnitud a medir empezar por el rango mas grande). Ejemplo:

Para medir	Seleccionar el rango
28 Voltios	30V
2 Voltios.	3V
250 Voltios	300V
10 Voltios.	30V
12 Voltios	30V
2 Voltios	3V
180 Voltios.	300V
21 Voltios	30V

Véase que se escoge siempre un rango superior al de la magnitud que se mide

Rangos de medida para los resistores / resistencias en un multímetro

El selector de rango de las resistencias es diferente a la del voltaje y las corriente. Siempre que la función este en ohmios el resultado medido será multiplicado por el factor que se muestra en el rango

Los rangos normales son: R X 1, R X 10, R X 100, R X 1K , R X 10K, R X 1M

Donde **K** significa Kiloohmios y **M** megaohmios

Un ejemplo práctico

Si en la pantalla de un multímetro digital o en la escala de uno analógico en función de medir una resistencia, se lee 4.7 y el rango muestra: x 1000, se tendría medida una resistencia de valor $4.7 \times 1000 = 4700$ ó 4.7 K (Kilohmios)

Es muy importante escoger la función y el rango adecuados antes de realizar una medición. Si se equivoca puede dañar el instrumento en forma definitiva.

Adicionalmente un multímetro analógico tiene dos perillas que permiten ajustar la aguja a cero (posición de descanso) y la otra para ajustar la lectura de ohmios a cero (0). Para lograr esto se procede de la siguiente forma:

- 1- Se pone la función en Ohmios
- 2- Se pone en el rango: $\times 1$
- 3- Se unen las puntas de prueba.

Al final del proceso anterior la aguja debe estar en 0 ohmios (ohms). Si no es así se realiza el ajuste con la perilla (con las puntas unidas)

Definiciones en instrumentación

A menudo cuando se lee un artículo técnico o proyecto que incluyen mediciones y/o análisis de los resultados obtenidos, se encuentran términos relacionados con los instrumentos utilizados, como podrían ser multímetros, osciloscopios y otros.

A continuación se presentan algunas definiciones importantes que pueden ayudar a entenderlos mejor:

Definiciones importantes en instrumentación

Precisión: El grado en que una medición es legible o es especificada. Usualmente se expresa de la manera siguiente:

- en unidades de medición: dentro de ± 5 mV. o ...
- en forma de porcentaje: legible dentro del 3 % de la escala

Resolución: Es el incremento más pequeño que permite diferenciar una lectura de otra

Sensibilidad: Es la razón entre la respuesta en la salida a un estímulo en la entrada.

A menudo se expresa la entrada requerida para tener:

- una salida a escala completa o ...
- una salida apenas perceptible

Error: Es la diferencia entre la medición correcta y la obtenida. Muchas veces el error se expresa en porcentaje de la medición correcta o también como un porcentaje de todo el rango de medición del instrumento utilizado.

$$e = \frac{[\text{dato obtenido} - \text{dato correcto}]}{\text{dato correcto}} \times 100 \%$$

Exactitud: Es el grado en que el valor medido se aproxima al valor correcto. Usualmente se expresa en porcentaje de error

Linealidad: Es el grado en que el diagrama de una estimulación de entrada, comparado con el diagrama de la respuesta a esta estimulación vista en la salida, se aproxima a una línea recta.

Máquinas eléctricas

El Motor de corriente continua (Motor C.C.)

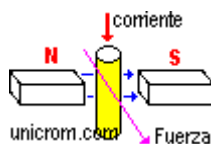
Un motor de corriente continua está compuesto de un estator y un rotor. En muchos motores c.c., generalmente los más pequeños, el estator está compuesto de imanes para crear un campo magnético. En motores c.c. más grandes este campo magnético se logra con devanados de excitación de campo.

El rotor es el dispositivo que gira en el centro del motor y está compuesto de arrollados de cable conductores de corriente continua. Esta corriente continua es suministrada al rotor por medio de las "escobillas" generalmente fabricadas de carbón.

Nota: un devanado es un arrollado compuesto de cables conductores que tiene un propósito específico dentro de un motor

Principio básico de funcionamiento.

Cuando un conductor por el que fluye una corriente continua es colocado bajo la influencia de un campo magnético, se induce sobre él (el conductor) una fuerza que es perpendicular tanto a las líneas de campo magnético como al sentido del flujo de la corriente. Ver la figura.



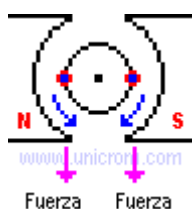
- Campo magnético en azul
- Corriente continua en rojo
- Dirección de la fuerza en violeta
- Imanes: N (norte) y S (sur)

Para que se entienda mejor, ver como se tiene que colocar este conductor con respecto al eje de rotación del rotor para que exista movimiento. En este caso la corriente por el conductor fluye introduciéndose en el gráfico.



- Par motor en azul
- Fuerza en violeta
- Conductor con corriente entrante en el gráfico azul y rojo
- Imanes: N (norte) y S (sur)

Pero en el rotor de un motor cc no hay solamente un conductor sino muchos. Si se incluye otro conductor exactamente al otro lado del rotor y con la corriente fluyendo en el mismo sentido, el motor no girará pues las dos fuerzas ejercidas para el giro del motor se cancelan.



- Par motor en azul
- Fuerza en violeta
- Conductor con corriente entrante en el gráfico azul y rojo
- Imanes: N (norte) y S (sur)

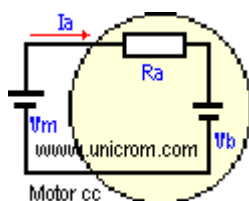
Es por esta razón que las corrientes que circulan por conductores opuestos deben tener sentidos de circulación opuestos. Si se hace lo anterior el motor girará por la suma de la fuerza ejercida en los dos conductores.

Para controlar el sentido del flujo de la corriente en los conductores se usa un conmutador que realiza la inversión del sentido de la corriente cuando el conductor pasa por la línea muerta del campo magnético.

La fuerza con la que el motor gira (el par motor) es proporcional a la corriente que hay por los conductores. A mayor tensión, mayor corriente y mayor par motor.

Fuerza contraelectromotriz de un motor cc

Cuando un motor de corriente continua es alimentado, el voltaje de alimentación se divide entre la caída que hay por la resistencia de los arrollados del motor y una tensión denominada fuerza electromotriz (FCEM). Ver el siguiente diagrama.



- V_m = tensión de entrada al motor (voltios)
- R_a = resistencia del devanado de excitación (ohmios)
- I_a = corriente de excitación (amperios / amperes)
- V_b = FCEM debido al giro del motor (voltios)

Aplicando la ley de tensiones de Kirchoff:

$$V_m = V_b + (I_a \times R_a) \quad \text{o} \quad V_b = V_m - (I_a \times R_a)$$

Nota: Observar de la ultima ecuación que cuando sube el valor de I_a , disminuye el Valor de V_b .

La FCEM es proporcional a la velocidad del motor y a la intensidad del campo magnético. Si el motor tiene rotor con imán permanente esta constante es:

$$K = V_b / N_d$$

Donde:

- K = constante de FCEM del motor y se expresa en Voltios / rpm.
- N_d = Velocidad de giro del motor en rpm

Nota: rpm = revoluciones por minuto

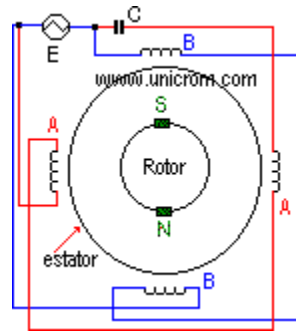
El Motor síncrono de corriente alterna (motor a.c.)

Una de las características de un motor de corriente alterna es el número de polos del rotor. Este dato automáticamente dará el número de devanados que tiene el motor. # devanados = # polos x 2.

Ejemplo:

- Si un motor tiene 4 polos, entonces el motor tiene 8 devanados.
- Si un motor tiene 6 polos, entonces el motor tiene 12 devanados.

Los devanados que tenga un motor se dividen en dos grupos. Un grupo A y el otro B. Todos los devanados de cada grupo están conectados en serie, formando dos grandes devanados. Estos dos grandes devanados se diferencian entre si en que el voltaje que los alimenta están desfasados 90° . Este desfase se logra con un capacitor y es el desfase que existe en devanados adyacentes en el motor. En la figura el voltaje de alimentación es $E = E \sin(\omega t + 90^\circ)$.



Los polos en el rotor se representan por N y S (imanes)

Como en el rotor los polos son fijos y en estator la polaridad de los campos varía (está alimentado por corriente alterna), los polos fijos del rotor, siguen las variaciones de polaridad de los devanados del estator. Habrá efectos de atracción y repulsión de campos magnéticos que causará la rotación del rotor. Como el voltaje de alimentación del estator es periódica, entonces el movimiento del rotor (rotación) sigue esta variación periódica del voltaje de alimentación y como consecuencia la velocidad de rotación es constante.

Esta velocidad esta dada por la fórmula: $N_s = 60 \times f / p$

Donde:

- N_s = velocidad del motor en rpm (revoluciones por minuto)
- f = frecuencia de la alimentación en Hertz (Hz)
- p = número de pares de polos del motor.

Importante:

- Mientras más polos tenga un motor mas baja es su velocidad de rotación (ver la fórmula)
- Si el rotor por tener una carga muy grande, no puede seguir las variaciones del estator, causará que el motor deje de girar.
- La velocidad de giro del motor depende exclusivamente de la frecuencia del voltaje que alimenta el motor (ver la fórmula)

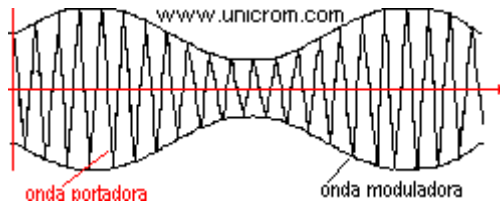
Telecomunicaciones

A.M. Amplitud Modulada (concepto básico)

Las señales de audiofrecuencia, que van de los 20 Hz a los 20 KHz (20,000 hz), como la voz humana o la música que se obtiene de una radio, no pueden viajar a largas distancias. Aún cuando la persona esté gritando o la radio este a máximo volumen, la distancia que recorre la información emitida no sobrepasa los centenares de metros.

Las señales de radiofrecuencia son de frecuencia más elevada, que se desplaza a largas distancias con una potencia mucho menor.

Teniéndose la necesidad de transmitir información a gran distancia, la señal de audiofrecuencia se "modula" o codifica en un señal de radiofrecuencia, también llamada portadora.



Uno de los procesos de modulación es el de Amplitud Modulada o A.M. Este es el primer método y el más simple descubierto para las comunicaciones vía radio.

La onda de radiofrecuencia modulada es entonces transmitida a alta potencia.

Los receptores de esta señal de radiofrecuencia reciben una señal con potencia muy baja. Esta señal se debe amplificar. Las frecuencias que se reciben pueden ser diferentes y si se tuviera que realizar un proceso de amplificación y detección de la información para cada una de ellas, el diseño del receptor no sería práctico.

Para resolver este problema, todas las frecuencias recibidas son desplazadas en frecuencia a una "Frecuencia Intermedia" (FI) fija. Esto se logra combinando la frecuencia recibida con otra frecuencia generada en el receptor por un oscilador local. A este proceso se le llama "Recepción superheterodina".

El oscilador local se sintoniza simultáneamente con la señal recibida, de manera que la diferencia entre las dos frecuencias sea la FI = 455 KHz.

Como la FI es independiente de la frecuencia de la portadora de la señal recibida, se realiza una amplificación a máxima eficiencia para esta frecuencia. Después se recupera la señal de audio de la FI modulada. Ahora la señal de audio es amplificada para finalmente ser aplicada a la bocina o parlante del receptor.

Como algunas señales de radiofrecuencia se reciben con más potencia que otras, se incluye un control de ganancia de manera que la salida de sea similar para cualquier potencia. Este circuito de control se llama "Control Automático de ganancia" o CAG.

En el proceso de modulación la amplitud de la portadora varía de acuerdo a la variación de la señal de audio. La amplitud de la envolvente de la portadora modulada, depende de la amplitud de la portadora y de la moduladora (la señal de audio). El nivel de modulación que es la relación entre la magnitud de la señal de audio a la señal de la portadora, se llama factor de modulación.

Conceptos Básicos

Definición de unidades de medida básicas

Ampere: [Amperio] (A): Unidad de medida de la corriente eléctrica, es la cantidad de carga que circula por un conductor por unidad de tiempo $I = Q / t$

Es la corriente (I) que produce una fuerza de 2×10^{-7} newton por metro entre dos conductores paralelos separados por 1 metro

1 A = 1 Coulombio / segundo

1 A = 1000 mA (miliamperio)

Ver: [Corriente continua](#), [Corriente alterna \(C.A.\)](#)

Coulomb [coulombio] (C): Unidad de medición de la carga eléctrica. Carga Q que pasa por un punto en un segundo cuando la corriente es de 1 amperio. $1\text{Coulomb} = 6.28 \times 10^{18}$ electrones

Joule [julio] (J): Es el trabajo (W) hecho por la fuerza de un Newton actuando sobre la distancia de 1 metro

Watt [Vatio] (W): Unidad de la potencia.

Potencia (P) requerida para realizar un trabajo a razón de 1 julio (joule) por segundo.

Ver: [Potencia en una resistencia \(Ley de Joule\)](#)

Farad [Faradio] (F): Unidad de medida de los capacitores / condensadores.

Es la capacitancia (C) en donde la carga de 1 coulombio produce una diferencia de potencial de 1 voltio

Ver: [El Condensador \(capacitor\)](#)

Ohm [ohmio] (Ω): Unidad de medición de la resistencia eléctrica, representada por la letra griega (Ω , omega).

Es la resistencia que produce una tensión de 1 voltio cuando es atravesada por una corriente de 1 amperio.

Ver: [La Resistencia \(resistor\)](#)

Siemens (S): Unidad de medida de la conductancia (G)

Es la conductancia que produce una corriente de 1 amperio cuando se aplica una tensión de 1 voltio. Es el recíproco del Ohmio, antes llamado *mho*

Volt [voltio] (V): Unidad de medición de la diferencia de potencial eléctrico o tensión eléctrica, comúnmente llamado **voltaje**.

Es la diferencia de potencial entre dos puntos en un conductor que transporta una corriente de 1 amperio, cuando la potencia disipada entre los puntos es de 1 watt.

Ver: [Tensión, voltaje](#)

Hertz [hercio] (Hz): Cantidad de ciclos completos de una onda en una unidad de tiempo

1 Hertz = 1 ciclo/seg

Ver: [Corriente alterna \(C.A.\)](#)

Henry [henrio] (H): Unidad de medida de los inductores / bobinas.

Es la inductancia (L) en que 1 voltio es inducido por un cambio de corriente de 1 amperio por segundo

Ver: [La Bobina \(inductor\)](#)

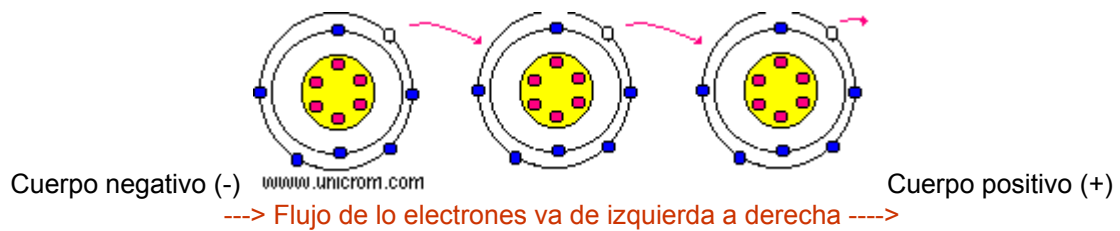
La corriente eléctrica, flujo de electrones

La corriente eléctrica es un flujo ordenado de electrones que atraviesa un material. Algunos materiales como los "conductores" tienen electrones libres que pasan con facilidad de un átomo a otro.

Estos electrones libres, si se mueven en una misma dirección conforme saltan de un átomo a átomo, se vuelven en su conjunto, una corriente eléctrica.

Para lograr que este movimiento de electrones se de en un sentido o dirección, es necesario una fuente de energía externa.

Cuando se coloca un material eléctricamente neutro entre dos cuerpos cargados con diferente potencial (tienen diferente carga), los electrones se moverán desde el cuerpo con potencial más negativo hacia el cuerpo con potencia más positivo. Ver la figura



El flujo de electrones va del potencial negativo al potencial positivo. Sin embargo se toma por convención que el sentido de la corriente eléctrica va desde el potencial positivo al potencial negativo.

Esto se puede visualizar como el espacio (hueco) que deja el electrón al moverse de un potencial negativo a un positivo. Este hueco es positivo (ausencia de un electrón) y circula en sentido opuesto al electrón.

La corriente eléctrica se mide en Amperios (A) y se simboliza como I .

La electricidad y la estructura de la materia

La estructura de la materia

La materia se divide en moléculas, las cuales a su vez se dividen en átomos. Estos átomos se componen de dos partes: el núcleo y la periferia.

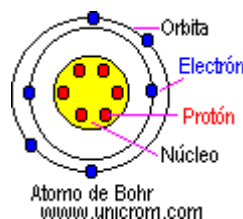
En el núcleo del átomo se encuentran:

- Los protones con carga eléctrica positiva, y
- Los neutrones que como su nombre insinúa, no tienen carga eléctrica o son neutros.

En la periferia se encuentran:

- Los electrones con carga eléctrica negativa.

El físico danés Niels Bohr, creó el modelo (después llamado modelo de Bohr) donde se muestra la estructura del átomo. Ver la siguiente figura:



En el átomo el número de electrones (en azul) es igual al número de protones (en rojo), por lo que se dice que el átomo es eléctricamente neutro.

$$\# \text{ de protones} = \# \text{ de electrones}$$

Hay algunos electrones que se encuentran en las órbitas más alejadas del núcleo, por lo que podrían liberarse fácilmente. Estos electrones son los llamados electrones de valencia

Ejemplo: El átomo de cobre tiene 29 protones y 29 electrones. De estos 29 electrones, 28 viajan en órbitas cercanas al núcleo y 1 viaja en una órbita lejana. A este electrón se le llama: electrón libre. (electrón de valencia)

Si un material tiene muchos electrones libres en su estructura se le llama conductor y si tiene pocos electrones libres se le llama aisladores o aislantes

Ejemplos:

Conductores: Oro, plata, aluminio, cobre, etc.

Aisladores o aislantes: cerámica, vidrio, madera, papel, etc.

Cuando a un átomo de cualquier materia le falta un electrón o más se le llama: Ión positivo

Cuando a un átomo de cualquier materia le sobra un electrón o más se le llama: Ión negativo

La Electricidad

La electricidad es la acumulación o movimiento de electrones que han sido sacados de sus órbitas (ver párrafo anterior). Estos electrones son los llamados electrones libres, que al ser sacados de sus órbitas dentro del átomo se mueven con facilidad por la materia. A esto se le llama corriente eléctrica.

La resistencia eléctrica - conductores - aislantes – dieléctricos

Es la oposición que ofrece un material al paso de los electrones (la corriente eléctrica). Cuando el material tiene muchos electrones libres, como es el caso de los metales, permite el paso de los electrones con facilidad y se le llama conductor.

Ejemplo: cobre, aluminio, plata, oro, etc..

Si por el contrario el material tiene pocos electrones libres, éste no permitirá el paso de la corriente y se le llama aislante o dieléctrico

Ejemplo: cerámica, bakelita, madera (papel), plástico, etc..

Los factores principales que determinan la resistencia eléctrica de un material son:

- tipo de material
- longitud
- sección transversal
- temperatura

Un material puede ser aislante o conductor dependiendo de su configuración atómica, y podrá ser mejor o peor conductor o aislante dependiendo de ello.

Características

- Un material de *mayor* longitud tiene *mayor* resistencia eléctrica. Ver información adicional en:

[La resistividad](#)



- Un material con *mayor* sección transversal tiene *menor* resistencia. (Imaginarse un cable conductor cortado transversalmente). La dirección de la corriente (la flecha de la corriente) en este caso entra o sale de la página. Ver información adicional en: [La resistividad](#)



El material de menor sección (gráfico inferior) ofrece mayor resistencia al paso de la corriente que el de mayor sección

- Los materiales que se encuentran a *mayor* temperatura tienen *mayor* resistencia. Ver [Variación de la resistencia con la temperatura](#)

La unidad de medida de la resistencia eléctrica es el Ohmio y se representa por la letra griega omega (Ω) y se expresa con la letra "R".

Variación de la resistencia con la temperatura

Efectos de la temperatura sobre el valor de resistencia

La resistencia varía su valor cuando la temperatura cambia, es por este motivo que el circuito que contenga estos elementos funcione en ambientes donde la temperatura sea normal y constante.

Si esto no fuera así y la temperatura en el lugar donde está el elemento variara a una temperatura que se conoce, entonces se puede obtener el nuevo valor de la resistencia

Este nuevo valor de resistencia a una nueva temperatura, conociendo el valor de la resistencia a una temperatura dada se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$R_{tf} = R_{to} \times [1 + \alpha (t_f - t_o)]$$

Donde:

- R_{tf} = resistencia final a la temperatura t_f , en ohmios
- R_{to} = resistencia inicial a la temperatura t_o , en ohmios
- α = coeficiente de temperatura (ver la tabla siguiente)
- t_f = temperatura final en $^{\circ}\text{C}$
- t_o = temperatura inicial en $^{\circ}\text{C}$

Tabla de coeficientes de variación de resistencia por grado de temperatura.

Material	α	Material	α
Aluminio	0.0039	Plata	0.0038
Manganita	nulo	Estaño	0.0042
Advance	0.00002	Platino	0.0025

Mercurio	0.00089	Hierro	0.0052
Bronce fosforoso	0.002	Plomo	0.0037
Nicromio	0.00013	Kruppina	0.0007
Carbón	0.0005	Tungsteno	0.0041
Níquel	0.0047	Latón	0.002
Niquelina	0.0002	Wolframio	0.0045
Cobre	0.00382	Oro	0.0034

Ejemplo:

Se tiene un conductor de cobre con resistencia = 20 ohmios a 10° C.. Cuál será el nuevo valor de la resistencia, si la temperatura sube a 70° C. ?

Aplicando la fórmula $R_{tf} = R_{to} \times [1 + \alpha (t_f - t_o)]$ con los siguientes valores:

- $R_{to} = 20$ ohmios
- $\alpha = 0.00382$ (cobre)
- $t_f = 70^\circ \text{C}$
- $t_o = 10^\circ \text{C}$

Se obtiene: $R_{tf} = 20 [1 + 0.00382 (70 - 10)] = 24.584$ ohmios

La resistividad de los materiales

La resistividad se conoce también como **resistencia específica**.

La resistividad es una característica propia de un material medido, con unidades de ohmios – metro, que indica que tanto se opone éste (el material) al paso de la corriente.

La resistividad [ρ] (rho) se define como

$$\rho = R \cdot A / L$$

donde:

- ρ es la resistividad medida en ohmios - metro
- R es el valor de la resistencia eléctrica en Ohmios
- L es la longitud del material medida en metros
- A es el área transversal medida en metros²

De la anterior fórmula se puede deducir que el valor de un resistor, utilizado normalmente en electricidad y electrónica, depende en su construcción, de la resistividad (material con el que fue fabricado), su longitud, y su área transversal.

$$R = \rho \cdot L / A$$

- A mayor longitud y menor área transversal del elemento, más resistencia
- A menor longitud y mayor área transversal del elemento, menos resistencia

Los valores típicos de resistividad de varios materiales a 23 °C son:

Material	Resistividad a 23°C en ohmios - metro
Plata	1.59×10^{-8}
Cobre	1.68×10^{-8}
Oro	2.20×10^{-8}
Aluminio	2.65×10^{-8}
Tungsteno	5.6×10^{-8}
Hierro	9.71×10^{-8}
Acero	7.2×10^{-7}
Platino	1.1×10^{-7}
Plomo	2.2×10^{-7}
Nicromio	1.50×10^{-6}
Carbón	3.5×10^{-5}
Germanio	4.6×10^{-1}
Silicio	6.40×10^2
Piel humana	5.0×10^5 aproximadamente
Vidrio	10^{10} to 10^{14}
Hule	10^{13} aproximadamente
Sulfuro	10^{15}
Cuarzo	7.5×10^{17}

La resistividad depende de la temperatura: La resistividad de los metales aumenta al aumentar la temperatura al contrario de los semiconductores en donde este valor decrece

Nota: El inverso de la resistividad se llama **conductividad** [sigma] (σ)

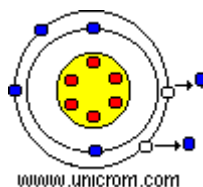
$$\sigma = 1 / \rho$$

La tensión eléctrica, diferencia de potencial, cargas positiva y negativa

La tensión eléctrica es la diferencia de potencia eléctrico provocado por la acumulación de cargas en un punto o en un material

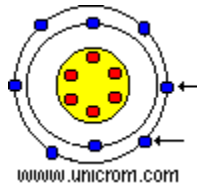
Si un material se le quitan electrones, su carga eléctrica total será positiva (recordar que se le está quitando a un átomo neutro (no tiene carga) electrones de carga negativa. Esto causa que el átomo ya no sea neutro sino que tenga carga positiva)

Ver que en este caso hay en el átomo 6 protones (carga positiva) y 4 electrones (carga negativa). En conclusión la carga total es positiva.



Al material se le quitan electrones y su carga total será positiva

Si ahora al material se aumentan electrones (tiene ahora mas de los que tiene cuando el átomo es neutro), su carga total será negativa
Ver que en este caso hay en el átomo 6 protones(carga positiva) y 8 electrones (carga negativa). En conclusión la carga total es negativa.



Al material se le agregan electrones y su carga total será negativa

Si se tienen dos materiales con diferentes niveles o tipos de carga, se dice entonces que hay una diferencia de potencia entre ellos.

Para poder lograr cargar de alguna manera los materiales, es necesario aplicar energía al átomo. Hay varios métodos para lograrlo:

- por frotamiento
- por presión
- por calor
- por magnetismo
- por una acción química

La unidad en que se mide la diferencia de potencial son los voltios (V)

La electricidad estática

Estática

La electricidad estática o simplemente **estática** es, como su nombre lo indica, estática (no se mueve), pues a diferencia de la corriente que todos conocen es una corriente que no va a ninguna parte. Tanto la corriente continua como la corriente alterna fluyen en algún sentido, la corriente estática no.

Esta corriente aparece principalmente por el efecto de la fricción entre dos cuerpos. Este efecto se da, por ejemplo, cuando se camina sobre una alfombra, cuando una persona se peina, el roce entre el peine y el cabello causa que un cuerpo pierda y el otro gane electrones, etc.

Cuando hay contacto entre dos cuerpos hay electrones de un cuerpo que pasan al otro, de manera que un cuerpo queda con más electrones y en consecuencia más negativo y otro con menos electrones (los electrones que acaba de perder) y en consecuencia más positivo. Como no existe un camino para que los electrones regresen al cuerpo original, este desbalance se mantiene.

En caso de que el rozamiento no se mantuviera, la electricidad estática desaparecería poco a poco.

Si este proceso (de carga eléctrica), de que un cuerpo pierda electrones para que otro lo gane, continúa el desbalance se hará mayor y mayor hasta que llegará el momento en que la descarga se produce y estos electrones buscan el camino de regreso a su estado anterior.

Un caso por todos conocido son los rayos que saltan de una nube a otra. Esta diferencia de tensión creada por el roce entre nubes se hace muy grande al punto que se crea un arco de corriente que todos llamamos rayo.

La electricidad estática no ninguna tiene utilidad que se conozca.

La notación científica / notación de ingeniería

En electricidad y electrónica como en otras áreas de la tecnología es común la utilización de cantidades muy grandes o muy pequeñas. Existen unos métodos de poder representar estas cantidades.

Notación científica.

Números grandes

Un número al azar: 28 000 000 = 2.8×10^7

- **2.8** = es el factor multiplicativo, que siempre debe de ser menor que 10

- **10** = base

- **7** = exponente

Ejemplo

- Peso de la tierra = 6 000 000 000 000 000 000 000 000 kilos (6 cuatrillones de kilogramos)
 6×10^{24} kilogramos. Esta cifra es más fácil de leer y entender la cifra anterior

Números pequeños

El peso del electrón es de 0.000 000 000 000 000 000 000 000 00166 kilogramos
 1.66×10^{-27} kilogramos

Nota: cuando se expresan números pequeños el exponente tiene signo negativo.

Notación de ingeniería

A x 10^B

- **A:** Factor multiplicativo que está entre 1 y 1000

- **B:** Exponente que siempre es múltiplo de 3

Nomenclatura de las magnitudes eléctricas básicas

Tensión

Unidad	Voltio	
Símbolo	V	
Múltiplos	Kilovoltio (Kv)	1×10^3 Voltios
	Megavoltio (Mv)	1×10^6 Voltios
Submúltiplos	Milivoltio (mv)	1×10^{-3} voltios
	Microvoltio (uv)	1×10^{-6} voltios

Corriente

Unidad	Amperio	
Símbolo	A	
Submúltiplos	Miliamperios (mA)	1×10^{-3} Amperios
	Microamperio (uA)	1×10^{-6} Amperios
	Nanoamperio (nA)	1×10^{-9} Amperios
	Picoamperio (pA)	1×10^{-12} Amperios

Resistencia

Unidad	Ohmio	
Símbolo	Ω	
Múltiplos	Kiloohmio (K)	1×10^3 ohmios
	Megaohmio (M)	1×10^6 ohmios
Submúltiplos	Miliohmio (m)	1×10^{-3} ohmios

Concepto del decibel / decibelio

El Decibel o decibelio expresa una razón entre cantidades y no una cantidad. Expresa cuantas veces más o cuantas veces menos, pero no la cantidad exacta. Es una expresión que no es lineal, sino logarítmica.

Es una unidad de medida relativa. En audiofrecuencias un cambio de 1 decibel (dB) es apenas (si hay suerte) notado.

Si se tiene dos valores de potencia diferentes: P1 y P2, y se desea saber cuales el cambio de una con respecto a la otra, se utiliza la siguiente fórmula

- $\text{dB} = 10 \log P2 / P1$ (si lo que se comparan son potencias) ó
- $\text{dB} = 20 \log V2 / V1$ (si lo que se comparan son voltajes)

Si V2 es el voltaje de salida de un amplificador y V1 es el voltaje de entrada. La ganancia de voltaje será $V2 / V1$.

Ahora si esta ganancia fuera de 50 (V2 es 50 veces mayor que V1), esto significa que la ganancia es de: $20 \log 50 = 33.97 \text{ dB}$

Si a este salida (V2) se la vuelve a amplificar para obtener V3 con una una ganancia de 5 (V3 es 5 veces mayor que V2), la ganancia será de: $20 \log 5 = 13.97 \text{ dB}$

La ganancia total sería $50 \times 5 = 250$ (V3 es 250 veces mayor que V1)

Esto expresado en decibels es : $20 \log 250 = 47.96 \text{ dB}$ que es igual a la suma de 33.97 dB y 13.97 dB ., ganancia de V1 a V2 más ganancia de V2 a V3

En otras palabras para expresar la ganancia en decibels sólo es necesario sumar las respectivas ganancias expresadas de esta manera.

Porqué utilizar este sistema?

La razón es muy simple, cuando hay sistemas con ganancias y/o perdidas (ganancias negativas), es mucho más fácil que estas se sumen y así obtener la ganancia final.

La corriente continua (C.C.)

Corriente continua (CC en forma abreviada), es el resultado de el flujo de electrones (carga negativa) por un conductor (alambre de cobre casi siempre), que va del terminal negativo al terminal positivo de la batería (circula en una sola dirección) , pasando por el foco / bombillo.

La corriente continua no cambia su magnitud ni su dirección con el tiempo.



No es equivocación, la corriente sale del terminal negativo y termina en el positivo. Lo que sucede es, que es un flujo de electrones que tienen carga negativa.

La cantidad de carga de electrón es muy pequeña. Una unidad de carga muy utilizada es el Coulomb (mucho más grande que la carga de un electrón).

1 Coulomb = la carga de 6 280 000 000 000 000 electrones
ó en notación científica: 6.28×10^{18} electrones

Para ser consecuentes con nuestro gráfico y con la convención existente, se toma a la corriente como positiva y ésta circula desde el terminal positivo al terminal negativo. Lo que sucede es que un electrón al avanzar por el conductor va dejando un espacio [hueco] positivo que a su vez es ocupado por otro electrón que deja otro espacio [hueco] y así sucesivamente, generando una serie de huecos que viajan en sentido opuesto al viaje de los electrones y que se puede entender como el sentido de la corriente positiva que se conoce.



La corriente es la cantidad de carga que atraviesa la lámpara en un segundo, entonces

Corriente = Carga en coulombs / tiempo ó $I = Q / T$

Si la carga que pasa por la lámpara es de 1 coulomb en un segundo, la corriente es de 1 amperio

Nota: Coulomb también llamado Coulombio

Ejemplo: Si por la lámpara o bombillo pasa una carga de 14 coulombs en un segundo, entonces la corriente será:

$I = Q / T = 14 \text{ coulombs} / 1 \text{ segundo} = 14 \text{ amperios}$

La corriente eléctrica se mide en (A) Amperios y para circuitos electrónicos generalmente se mide en mA (miliAmperios) o (uA) microAmperios. Ver las siguientes conversiones.

1 mA (miliamperio) = 0.001 A (Amperios)
1 uA (microAmperio) = 0,000001 A (Amperios)

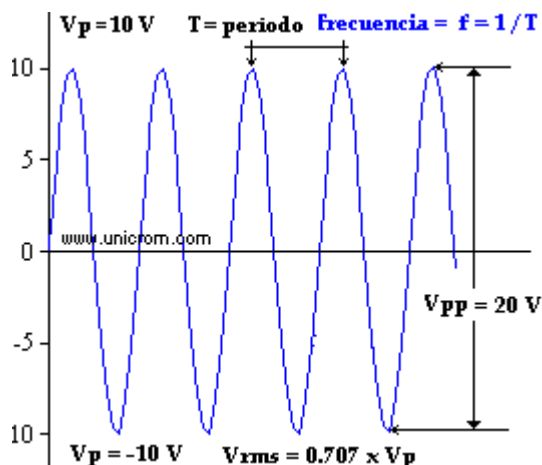
La corriente alterna, voltaje pico, rms, periodo, frecuencia

La diferencia de la corriente alterna con la corriente continua, es que la continua circula sólo en un sentido.

La corriente alterna (como su nombre lo indica) circula por durante un tiempo en un sentido y después en sentido opuesto, volviéndose a repetir el mismo proceso en forma constante.

Este tipo de corriente es la que nos llega a nuestras casas y la usamos para alimentar la TV, el equipo de sonido, la lavadora, la refrigeradora, etc.

El siguiente gráfico aclara el concepto:



En este caso el gráfico muestra el voltaje (que es también alterno) y tenemos que la magnitud de éste varía primero hacia arriba y luego hacia abajo (de la misma forma en que se comporta la corriente) y nos da una forma de onda llamada: onda senoidal.

El voltaje varía continuamente, y para saber que voltaje tenemos en un momento específico, utilizamos la fórmula; $V = V_p \times \text{Seno}(\Theta)$ donde $V_p = V$ pico (*ver gráfico*) es el valor máximo que obtiene la onda y Θ es una distancia angular y se mide en grados

Aclarando un poco esta última parte y analizando el gráfico anterior, se ve que la onda senoidal es *periódica* (se repite la misma forma de onda continuamente)

Si se toma un período de ésta (un ciclo completo), se dice que tiene una distancia angular de 360° .

Y con ayuda de la fórmula que ya dimos, e incluyendo Θ (distancia angular para la cual queremos saber el voltaje) obtenemos el voltaje instantáneo de nuestro interés.

Para cada distancia angular diferente el valor del voltaje es diferente, siendo en algunos casos positivo y en otros negativo (cuando se invierte su polaridad.)

FRECUENCIA:(f) Si se pudiera contar cuantos ciclos de esta señal de voltaje suceden en un segundo tendríamos: la frecuencia de esta señal, con unidad de ciclos / segundo, que es lo mismo que Hertz o Hertios.

PERIODO:(T) El tiempo necesario para que un ciclo de la señal anterior se produzca, se llama período (T) y tiene la fórmula: $T = 1 / f$, o sea el período (T) es el inverso de la frecuencia. (f)

VOLTAJE PICO-PICO:(Vpp) Analizando el gráfico se ve que hay un voltaje máximo y un voltaje mínimo. La diferencia entre estos dos voltajes es el llamado voltaje pico-pico (V_{pp}) y es igual al doble del Voltaje Pico (V_p) (*ver gráfico*)

VOLTAJE RMS.(Vrms): Se puede obtener el voltaje equivalente en corriente continua (Vrms) de este voltaje alterno con ayuda de la fórmula $V_{rms} = 0.707 \times V_p$. Ver más

Este valor de voltaje es el que obtenemos cuando utilizamos un voltímetro.

Ahora, algo para pensar.....:

Si se prepara un voltímetro para que pueda medir voltajes en corriente alterna (a.c.) y medimos la salida de un tomacorriente de una de nuestras casas, lo que vamos a obtener es: 110 Voltios o 220 Voltios aproximadamente, dependiendo del país donde se mida.

El voltaje que leemos en el voltímetro es un VOLTAJE RMS de 110 o 220 Voltios.!!!

Cuál será el voltaje pico (V_p) de esta señal???

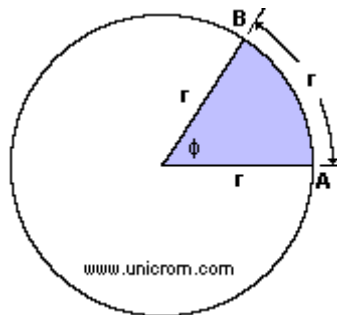
Revisando la fórmula del párrafo anterior despejamos V_p . $V_p = V_{rms} / 0.707$

- Caso $V_{rms} = 110 \text{ V}$, $V_p = 110 / 0.707 = 155.6 \text{ Voltios}$
- Caso $V_{rms} = 220 \text{ V}$, $V_p = 220 / 0.707 = 311.17 \text{ Voltios}$

El Radián en electrónica

Qué es un radián?

Observando la siguiente figura se puede ver que es una circunferencia de radio " r ". Si partiendo del punto **A** sobre el perímetro del círculo, se viaja a un punto **B** recorriendo exactamente la distancia r (radio del círculo), se habrá formado un ángulo que se representará como ϕ (phi).



Entonces:

"Un Radián es el ángulo que abarca la porción de circunferencia que es igual a la longitud del radio del círculo"

Si se gira totalmente (se empieza en el punto **A** y se termina en el punto **A**) se está girando 360 grados y...

como se sabe que la circunferencia de éste es: $C = 2 \pi r$, se puede obtener el valor en grados de un radián:

$$2 \pi r = 360 \text{ grados}$$

$$\phi = 360 / 2 \pi$$

$$\text{con } \pi = 3.141592$$

$$\phi = 360 / 6.283185 = 57.29578 \text{ grados}$$

En electrónica es muchas veces mejor expresar la frecuencia en radianes por segundo (frecuencia angular)

Los radianes se utilizan para expresar frecuencia angular, y se representa por la letra ω (radianes por segundo). la relación entre la frecuencia angular y la frecuencia en Hertz es: $\omega = 2\pi f$.

donde:

- ω = frecuencia angular en radianes por segundo
- $\pi = 3.141592....$
- f = frecuencia en Hertz

También se utiliza para representar ángulos de fase en radianes. En vez de decir 90 grados de desfase se dice que está desfasado $\pi/2$ radianes. Desfasado 60 grados significa un desfase de $\pi/3$ radianes

La ventaja de utilizar la frecuencia angular (radianes por segundo) es que cuando se utiliza la frecuencia expresada en Hertz, aparece la conocida constante π . Esto no sucede al utilizar la frecuencia angular.

Además que, involucrar π en nuestros cálculos, causa que el resultado de las operaciones no sean exactos, debido a que su valor siempre se toma redondeado y si este aparece varias veces el resultado acarrea error sobre error.

Este problema no aparece cuando se utilizan radianes

La potencia en circuitos de corriente alterna (c.a.)

Antes de continuar se le recomienda revisar el tutorial de [Impedancia](#), si ya lo ha hecho o no lo considera necesario, continúe

Cuando se hizo el análisis de la potencia que consumía una resistencia ([La ley de Joule](#)), cuando era atravesada por una corriente continua, sólo era necesario multiplicar la corriente por el voltaje entre los terminales. ($P = V \times I$)

Lo anterior también es cierto en el caso en que se utilice corriente alterna en una resistencia o resistor, porque en estos casos la corriente y el voltaje están en "fase". Esto significa que la corriente y el voltaje tienen sus valores máximos y mínimos simultáneamente (las formas de onda son iguales. Sólo podrían diferenciarse en su amplitud)

Pero que sucedería en un circuito que tenga "reactancia"? En este caso la corriente se adelantaría o atrasaría con respecto al voltaje y sus valores máximos y mínimos ya no coincidirían. La potencia que se obtiene de la multiplicación del voltaje con la corriente ($P = I \times V$) es lo que se llama una potencia aparente. La verdadera potencia consumida dependerá en este caso de la diferencia de ángulo entre el voltaje y la corriente. Este ángulo se representa como Θ .

Un circuito que tenga reactancia significa que tiene un capacitor (condensador), una bobina (inductor) o ambos.

Si el circuito tiene un capacitor:

- Cuando la tensión de la fuente va de 0 voltios a un valor máximo, la fuente entrega energía al capacitor, y la tensión entre los terminales de éste, aumenta hasta un máximo. La energía se almacena en el capacitor en forma de campo eléctrico.

- Cuando la tensión de la fuente va de su valor máximo a 0 voltios, es el capacitor el que entrega energía de regreso a la fuente.

Si el circuito tiene un inductor:

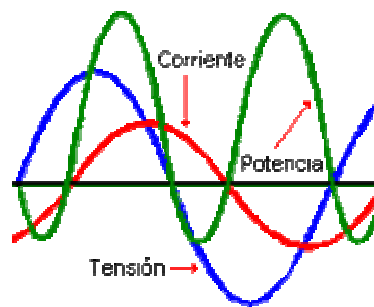
- Cuando la corriente va de 0 amperios a un valor máximo, la fuente entrega energía al inductor. Esta energía se almacena en forma de campo magnético.
- Cuando la corriente va de su valor máximo a 0 amperios, es el inductor el que entrega energía de regreso a la fuente.

Se puede ver que, la fuente en estos casos tiene un consumo de energía igual a "0", pues la energía que entrega la fuente después regresa a ella. La potencia que regresa a la fuente es la llamada "*potencia reactiva*"

Entonces en un circuito totalmente resistivo no hay regreso de energía a la fuente, en cambio en un circuito totalmente reactivo toda la energía regresa a ella.

Ahora es de suponer que en un circuito que tenga los dos tipos de elementos (reactivo y resistivo), parte de la potencia se consumirá (en la resistencia) y parte se regresará a la fuente (por las bobinas y condensadores)

El siguiente gráfico muestra la relación entre el voltaje la corriente y la potencia



La potencia que se obtiene de la multiplicación de la corriente y el voltaje en cualquier momento es la potencia instantánea en ese momento

- Cuando el voltaje y la corriente son positivos: La fuente está entregando energía al circuito
- Cuando el voltaje y la corriente son opuestos (uno es positivo y el otro es negativo), la potencia es negativa y en este caso el circuito le está entregando energía a la fuente

Se puede ver que la potencia real consumida por el circuito, será la potencia total que se obtiene con la fórmula $P = I \times V$, (potencia entregada por la fuente, llamada potencia aparente) menos la potencia que el circuito le devuelve (potencia reactiva).

Nota: Es una resta fasorial, no aritmética.

La potencia real se puede calcular con la siguiente fórmula: $P = I^2 R$

donde:

- P es el valor de la potencia real en watts (vatios)
- I es la corriente que atraviesa la resistencia en amperios
- R es el valor de la resistencia en ohmios

¿Cómo se obtiene la corriente en un circuito que tiene resistencia y reactancia?

Se utiliza el concepto de [impedancia](#). En este caso la Impedancia de este circuito es: $Z = R + jX$

donde:

- R = resistencia
- X = la reactancia = $X_C - X_L$ (reactancia capacitiva - reactancia inductiva)

Entonces:

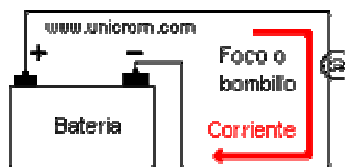
- $Z = (R^2 + X^2)^{1/2}$ (ver Impedancia)
- $I = E / Z$ (Tensión entregada por la fuente entre la reactancia total)

Donde:

- I = corriente en amperios
- E = tensión de la fuente
- Z = Impedancia calculada anteriormente

Tensión, voltaje, diferencia de potencial

Para lograr que una lámpara como la de la figura se encienda, debe circular por los cables a los cuales está conectada, una corriente eléctrica



Para que esta corriente circule por los cables debe existir una fuerza, llamada *Fuente de fuerza electromotriz* o (para entender mejor) una batería (en el caso de corriente continua), que es simplemente una fuente de tensión., que tiene unidad de voltios.

- 1 kilovoltio = 1000 voltios (volts)
- 1 milivoltio = $1 / 1000 = 0.001$ voltios (volts)

Normalmente las fuentes de tensión tienen en su salida un valor fijo. Ejemplo: 3, 6, 9, 12 Voltios, etc., pero hay casos de fuentes de tensión de salida variable, que tienen aplicaciones especiales.

Cuando hablamos del voltaje de una batería o el voltaje que se puede obtener de un tomacorriente en la pared, estamos hablando de una tensión. En el primer caso es una fuente de tensión de corriente directa y en el segundo una fuente de tensión de corriente alterna.

Tal vez la forma más fácil de entender el significado de una tensión es haciendo una analogía con un fenómeno de la naturaleza.

Si comparamos el flujo de la corriente continua con el flujo de la corriente de agua de un río y a la tensión con la altura de una catarata (caída de agua), se puede entender a que se refiere el término tensión (diferencia de potencial), que sería la diferencia de altura de la caída de agua.

La **diferencia de potencial** se entiende mejor cuando se habla de **la energía potencial**.

- La energía es la capacidad de realizar trabajo y....
- Energía potencial es la energía que se asocia a un cuerpo por la posición que tiene. (acordarse de la altura de la catarata)

Dos casos posibles

- Una fuente que entregue una tensión elevada pero poca corriente, el caso de una caída de agua muy alta con poco caudal
- Una fuente que entregue una tensión reducida pero mucha corriente, caso de una caída de agua muy pequeña pero con mucha agua (mucho caudal).

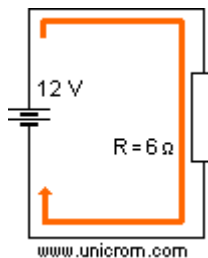
Un caso interesante es aquel en que la fuente tiene un valor de tensión elevada y entrega mucha corriente. Este caso se presentaría en una caída de agua muy alta y existe caudal muy grande. Este caso en especial nos indicaría que tenemos una fuente de tensión con gran capacidad de entrega de potencia



Símbolo de la batería
(en este caso fuente de tensión en corriente directa)

La ley de Ohm, relación entre la tensión, corriente y resistencia

En un circuito sencillo en donde tenemos en serie una fuente de tensión (una batería de 12 voltios) y una resistencia de 6 ohms (ohmios), se puede establecer una relación entre la tensión de la batería, la resistencia y la corriente que entrega la batería y circula a través de esta resistencia o resistor.



Esta relación es: $I = V / R$ y se llama la **Ley de Ohm**

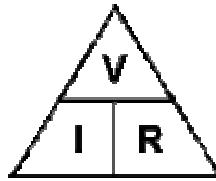
Entonces la corriente que circula por el circuito (por la resistencia o resistor) es: $I = 12 \text{ Voltios} / 6 \text{ ohms} = 2 \text{ Amperios}$.

De la misma manera, de la fórmula se puede despejar la tensión en función de la corriente y la resistencia, entonces la Ley de Ohm queda: $V = I * R$. Así si se conoce la corriente y la resistencia se puede obtener la tensión entre los terminales de la resistencia, así: $V = 2 \text{ Amperios} * 6 \text{ ohms} = 12 \text{ V}$

Al igual que en el caso anterior, si se despeja la resistencia en función del voltaje y la corriente, y se obtiene la Ley de Ohm de la forma: $R = V / I$. Entonces si se conoce la tensión en la resistencia y la corriente que pasa por ella se obtiene que: $R = 12 \text{ Voltios} / 2 \text{ Amperios} = 6 \text{ ohms}$

Es interesante ver que la relación entre la corriente y la tensión en una resistencia siempre es lineal y la pendiente de esta línea está directamente relacionada con el valor de la resistencia. Así, a mayor resistencia mayor pendiente.

Para recordar las tres expresiones de la Ley de Ohm se utiliza el siguiente triángulo que tiene mucha similitud con las fórmulas analizadas anteriormente.



Triángulo de la ley de Ohm

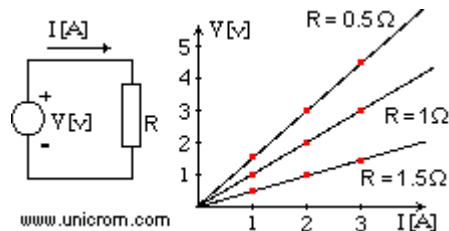
$$V = I \times R \quad I = V / R \quad R = V / I$$

Se dan 3 Casos:

- **Con la resistencia fija.** La corriente sigue a la tensión. Un incremento en la tensión, significa un incremento en la corriente y un incremento en la corriente significa un incremento en la tensión.
- **Con la tensión fija.** Un incremento en la corriente, causa una disminución en la resistencia y un incremento en la resistencia causa una disminución en la corriente
- **Con la corriente fija.** La tensión sigue a la resistencia. Un incremento en la resistencia, causa un incremento en la tensión y un incremento en tensión causa un incremento en la resistencia

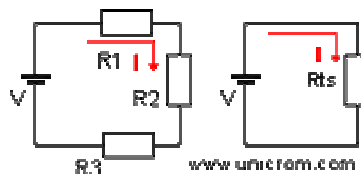
Para tres valores de resistencia diferentes, un valor en el eje vertical (corriente) corresponde un valor en el eje horizontal (tensión). Las pendientes de estas líneas rectas representan el valor de la resistencia.

Con ayuda de estos gráficos se puede obtener un valor de corriente para un resistor y una tensión dadas. Igualmente para una tensión y un resistor dados se puede obtener la corriente. Ver en siguiente gráfico



Resistencias / resistores en serie y paralelo

Resistores / resistencias en serie Para implementar un circuito en serie se colocan las resistencias (resistores) conectados uno después del otro. (ver el gráfico siguiente). El valor de la resistencia equivalente a las resistencias conectadas en serie es igual a la suma de los valores de cada una de ellas. En este caso la corriente que fluye por las resistencias es la misma en todas.



$$R_{ts} \text{ (resistencia total en serie)} = R_1 + R_2 + R_3$$

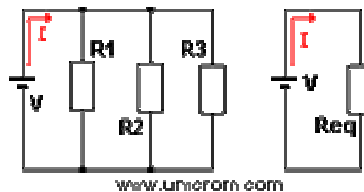
El valor de la corriente en el circuito equivalente es el mismo que en el circuito original y se calcula con la ley de Ohm.

Las caídas de tensión a través de cada uno de los resistores se puede calcular con ayuda de la ley de Ohm.

- En R1 la caída de tensión es $V_1 = I \times R_1$
- En R2 la caída de tensión es $V_2 = I \times R_2$
- En R3 la caída de tensión es $V_3 = I \times R_3$

Resistores / resistencias en paralelo En el circuito de resistencias en serie la corriente tiene un sólo camino para circular, en el circuito de resistencias en paralelo la corriente se divide y circula por varios caminos. En este caso se tienen 2 o más resistencias. Estas resistencias están unidas por sus dos extremos como se muestra en la siguiente figura.

La corriente que suministra la fuente de tensión V es la misma en el circuito original (con R1, R2 y R3) y en el equivalente. En el circuito original la corriente se divide y pasa por cada una de las resistencias, pero la suma de las corrientes de cada resistencia es siempre igual.



La resistencia equivalente de un circuito de resistencias en paralelo es igual al recíproco de la suma de las resistencias individuales, así, la fórmula para un caso de 3 resistencia es:

$$R_{tp} (\text{resistencia total en paralelo}) = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

Presentando esta fórmula de manera ligeramente diferente: $1 / R_{tp} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ y utilizando la conductancia (G). (La conductancia es el inverso de la resistencia ($G = 1 / R$) y su unidad es el Mho o Siemens)

Se tiene que:

- Conductancia equivalente es igual a la suma de las conductancias: $G_{tp} = G_1 + G_2 + G_3$
- ó
- Conductancia equivalente es igual a la suma de los inversos de las resistencias:
 $G_{tp} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$

Como se sabe que la conductancia total es el inverso de la resistencia total $G_{tp} = 1 / R_{tp}$, despejando...

La Resistencia equivalente de resistencias en paralelo es: $R_{tp} = 1 / G_{tp}$

Condensadores / capacitores en serie y paralelo

Condensadores en serie

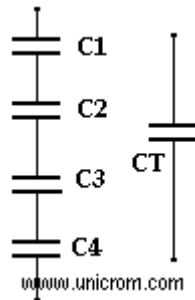
Del gráfico se puede ver si se conectan 4 condensadores en serie, para hallar el condensador equivalente se utiliza la fórmula:

$$1/C_T = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + 1/C_4$$

Pero fácilmente se puede hacer un cálculo para cualquier número de condensadores con ayuda de la siguiente fórmula

$$1 / CT = 1 / C1 + 1 / C2 + + 1 / CN$$

donde N es el número de condensadores



Condensadores en Serie

Condensadores en paralelo

Del gráfico se puede ver si se conectan 4 condensadores en paralelo, para encontrar el condensador equivalente se utiliza la fórmula:

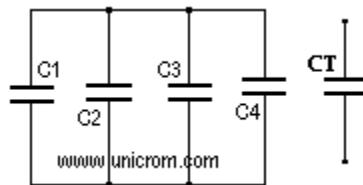
$$CT = C1 + C2 + C3 + C4$$

Fácilmente se puede hacer un cálculo para cualquier número de condensadores con ayuda de la siguiente fórmula

$$CT = C1 + C2 + + CN$$

donde N es el número de condensadores

Como se ve, para obtener el condensador equivalente de condensadores en paralelo, sólo basta con sumarlos.



Condensadores en paralelo

Bobinas / inductores en serie y paralelo

En muchas ocasiones es necesario agrupar el valor de varias bobinas o inductores que están conectadas en serie o paralelo. Se presenta de seguidamente el método a seguir para su simplificación.

Bobinas en serie

El cálculo del inductor o bobina equivalente de inductores en serie es similar al método de cálculo del equivalente de resistencias en serie, sólo es necesario sumarlos.

En el diagrama hay 3 inductores o bobinas en serie y la fórmula a utilizar es:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

Para este caso particular, pero si se quisiera poner más o menos de 3 bobinas, se usaría la siguiente fórmula:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N$$

donde N es el número de bobinas colocadas en serie



$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

Bobinas (inductores) en Serie

Bobinas en paralelo

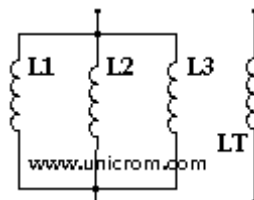
El cálculo de la bobina equivalente de varias bobinas en paralelo es similar al cálculo que se hace cuando se trabaja con resistencias.

El caso que se presenta es para 3 bobinas, pero la fórmula se puede generalizar para cualquier número de bobinas

Con la siguiente fórmula

$$1/L_T = 1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3 + \dots + 1/L_N$$

donde N es el número de bobinas que se conectan en paralelo.



$$1/L_T = 1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3$$

Bobinas (inductores) en paralelo

Cálculo de la inductancia de una bobina simple con núcleo de aire

Hay ocasiones en que se tiene una bobina con núcleo de aire y no se sabe su valor en henrios (inductancia). Existe un método para obtener este valor si se tienen las medidas externas de la bobina o inductor

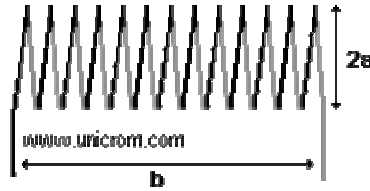
$$L \text{ (uH)} = (0.393 a^2 n^2) / (9a + 10b)$$

Donde:

- n: es la cantidad de espiras (vueltas de alambre)

- a: es el radio de la bobina en centímetros
- b: es la longitud del arrollado en centímetros

Esta fórmula es una buena aproximación para bobinas de una longitud mayor o igual a 0.8 a.
Ver el siguiente gráfico



Ejemplo 1:

Se tiene una bobina de 32 espiras, 13 vueltas por centímetro y 25 mm de diámetro. Cuál será su inductancia?

- $a = 25 \text{ mm} / 2 = 1.25 \text{ centímetros}$
- $b = 32 / 13 = 2.46$
- $n = 32$

Entonces: $L = (0.393 \times 1.25^2 \times 32^2) / (9 \times 1.25 + 10 \times 2.46) = 17.54 \text{ uHenrios}$

Ejemplo 2:

Se desea construir una bobina que sea de 10 uHenrios (uHenrys), que tenga 2.54 centímetros de diámetro y una longitud de 3.175 centímetros.

Entonces:

- $a = 2.54 \text{ centímetros} / 2 = 1.27 \text{ centímetros}$
- $b = 3.175 \text{ centímetros}$
- $L = 10 \text{ uHenrios}$

Se despeja de la ecuación original la variable n en función de todas las demás.

$$n = \left[10 \times (9a + 10b) / (0.393 \times a^2) \right]^{1/2}$$

y reemplazando los valores.....

$$n = \left[10 \times (11.43 + 31.75) / 0.393 \times 1.613 \right]^{1/2} = 680^{1/2} = 26.1 \text{ espiras}$$

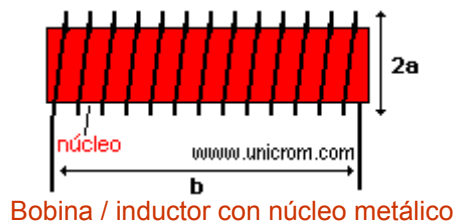
Notas:

- Los paréntesis elevados a la 1/2 es lo mismo que una raíz cuadrada
- uHenrio = microHenrio

Bobina / inductor con núcleo metálico

En la bobina con núcleo de aire se ve que el valor de la inductancia de esta depende de el número de vueltas (espiras), la longitud, el diámetro, el grosor de la espirar, etc. El valor de la inductancia que se puede obtener es limitado cuando el núcleo es de aire.

Para poder incrementar el valor de la inductancia de una bobina se coloca dentro de ella un núcleo metálico de características magnéticas muy especiales, que lo que hacen es reforzar el campo magnético.



El magnetismo del material del núcleo depende de la polarización de "los dominios magnéticos moleculares", cuando el campo magnético que afecta la bobina cambia continuamente. Estos dominios deben poder cambiar su posición para que el núcleo cumpla su objetivo.

Los dominios magnéticos podrán o no seguir las variaciones del campo magnético dependiendo del material de que está hecho el núcleo. Si esta variación del campo magnético no puede ser seguida el núcleo pierde su razón de ser y los dominios moleculares se desordenan, quedando el núcleo despolarizado magnéticamente.

El material magnético que se utiliza como núcleo de la bobina depende de la frecuencia a la que trabajará esta.

- Metal sólido: para frecuencias muy bajas.
- Metal laminado: para frecuencias de 10 hertz (Hz) a algunos kilohertz (Khz)
- Núcleos de polvo metálico: para frecuencias arriba de cientos de Kilohertz y hasta varios cientos de Megahertz (Mhz)
- Núcleo de aire: frecuencias superiores a los 500 Megahertz. En este caso el núcleo metálico se vuelve obsoleto.

Nota: 1 hertz = 1 ciclo por segundo

Código de colores de las resistencias / resistores

Las resistencias (resistores) son fabricados en una gran variedad de formas y tamaños. En los más grandes, el valor de la resistencia se imprime directamente en el cuerpo de la resistencia, pero en las más pequeñas, esto no se puede hacer.

Sobre estas resistencias se pintan unas bandas de colores. Cada color representa un número que se utiliza para obtener el valor final de la resistencia. Las dos primeras bandas indican las dos primeras cifras del valor de la resistencia, la tercera banda indica por cuanto hay que multiplicar el valor anterior para obtener el valor final de la resistencia. La cuarta banda nos indica la tolerancia y si hay quinta banda, ésta nos indica su confiabilidad.



Color	1era y 2da banda	3ra banda	4ta banda	
	1era y 2da cifra significativa	Factor multiplicador	Tolerancia	%
plata		0.01		+/- 10
oro		0.1		+/- 5

negro	0	x 1	Sin color	+/- 20
marrón	1	x 10	Plateado	+/- 1
rojo	2	x 100	Dorado	+/- 2
naranja	3	x 1,000		+/- 3
amarillo	4	x 10,000		+/- 4
verde	5	x 100,000		
azul	6	x 1,000,000		
violeta	7			
gris	8	x 0.1		
blanco	9	x 0.01		

Ejemplo: Si una resistencia tiene las siguiente bandas de colores:

rojo 2 amarillo 4 verde 5 oro +/- 5 %

La resistencia tiene un valor de 2400,000 Ohmios +/- 5 %

El valor máximo de esta resistencia puede ser: 25200,000 Ω

El valor mínimo de esta resistencia puede ser: 22800,000 Ω

La resistencia puede tener cualquier valor entre el máximo y mínimo calculados

Nota: - Los colores de la resistencias no indican la potencia que puede disipar la misma. Ver Ley de Joule.

Cuando la resistencia tiene una quinta banda esta nos indica la confiabilidad de ésta.

Código de los capacitores / condensadores

Aunque parece difícil, determinar el valor de un capacitor o condensador se realiza sin problemas.

Código de colores

Al igual que en las resistencias este código permite de manera fácil establecer su valor



Color	1ra y 2da banda	3era banda	Tolerancia		Tensión
	1era y 2da cifra significativa	Factor multiplicador	para $C > 10 \text{ pF}$	para $C < 10 \text{ pF}$	
Negro		X 1	+ / - 20%	+ / - 1 pF	
Marrón	1	X 10	+ / - 1%	+ / - 0.1 pF	100 V
Rojo	2	X 100	+ / - 2%	+ / - 0.25 pF	250 V

Naranja	3	$\times 10^3$			
Amarillo	4	$\times 10^4$			400 V
Verde	5	$\times 10^5$	+ / - 5%	+ / - 0.5 pF	
Azul	6	$\times 10^6$			630 V
Violeta	7				
Gris	8				
Blanco	9		+ / - 10%		

El código 101:

Muy utilizado en condensadores cerámicos. Muchos de ellos que tienen su valor impreso, como los de valores de 1 uF o más

Donde: uF = microfaradio

Ejemplo: 47 uF, 100 uF, 22 uF, etc.

Para capacitores de menos de 1 uF, la unidad de medida es ahora el pF (picoFaradio) y se expresa con una cifra de 3 números. Los dos primeros números expresan su significado por sí mismos, pero el tercero expresa el valor multiplicador de los dos primeros

Ejemplo:

Un condensador que tenga impreso 103 significa que su valor es $10 + 1000 \text{ pF} = 10,000 \text{ pF}$. Ver que 1000 son 3 ceros (el tercer número impreso). En otras palabras 10 más 3 ceros = 10 000 pF

El significado del tercer número se muestra en la siguiente tabla.

Tercer número	Factor de multiplicación
0	1
1	10
2	100
3	1000
4	10000
5	100000
6	
7	
8	0.01
9	0.1

Después del tercer número aparece muchas veces una letra que indica la tolerancia expresada en porcentaje (algo parecido a la tolerancia en las resistencias)

La siguiente tabla nos muestra las distintas letras y su significado (porcentaje)

Letra	Tolerancia
D	+/- 0.5 pF
F	+/- 1%
G	+/- 2%
H	+/- 3%
J	+/- 5%
K	+/- 10%

M	+/- 20%
P	+100% , -0%
Z	+80%, -20%

Ejemplo: Un capacitor tiene impreso lo siguiente:

104H

104 significa 10 + 4 ceros = 10,000 pF
H = +/- 3% de tolerancia.

474J

474 significa 47 + 4 ceros = 470,000 pF,
J = +/- 5% de tolerancia.
 $470.000\text{pF} = 470\text{nF} = 0.47\mu\text{F}$

Algunos capacitores tiene impreso directamente sobre ellos el valor de 0.1 o 0.01, lo que significa 0.1 μF o 0.01 μF

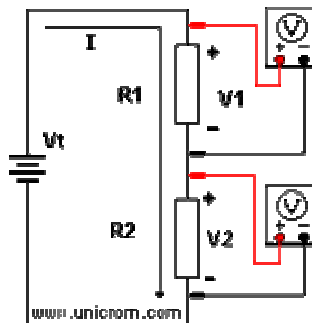
Como usar el multímetro para medir resistores, tensión e intensidad en c.d.

Medir Tensión en c.d.

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad (voltios) en DC (c.d.). Se revisa que los cables rojo y negro estén conectados correctamente.

Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala, (si no tenemos idea de que magnitud de voltaje vamos a medir, escoger la escala mas grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala para medir automáticamente.

Se conecta el multímetro a los extremos del componente (se pone en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. Si la lectura es negativa significa que el voltaje en el componente medido tiene la polaridad al revés de la que supusimos (Normalmente en los multímetros el cable rojo debe tener la tensión mas alta que el cable negro).



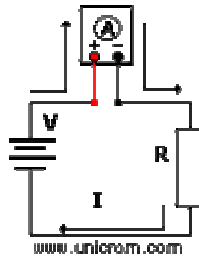
Medir corriente directa

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad (amperios) en DC (c.d.). Se revisa que los cables rojo y negro estén conectados correctamente.

Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la corriente que vamos a medir, escoger la escala mas grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

Para medir una corriente con el multímetro, éste tiene que ubicarse en el paso de la corriente que se desea medir. Para esto se abre el circuito en el lugar donde pasa la corriente a medir y conectamos el multímetro (*lo ponemos en "serie"*). Si la lectura es negativa significa que la

corriente en el componente, circula en sentido opuesto al que se había supuesto, (Normalmente se supone que por el cable rojo entra la corriente al multímetro y por el cable negro sale)



En algunas ocasiones no es posible abrir el circuito para colocar el amperímetro. En estos casos, si se desea averiguar la corriente que pasa por un elemento, se utiliza la Ley de Ohm. Se mide la tensión que hay entre los terminales del elemento por el cual pasa la corriente que se desea averiguar y después, con la ayuda de la Ley de Ohm ($V = I \times R$), se obtiene la corriente ($I = V / R$). Para obtener una buena medición, se debe tener los valores exactos tanto de la tensión como de la resistencia.

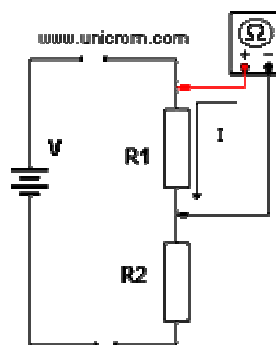
Otra opción es utilizar un amperímetro de gancho, que permite obtener la corriente que pasa por un circuito sin abrirlo. Este dispositivo, como su nombre lo indica, tiene un gancho que se coloca alrededor del conductor por donde pasa la corriente y mide el campo magnético alrededor de él. Esta medición es directamente proporcional a la corriente que circula por el conductor y que se muestra con ayuda de una aguja o pantalla.

Medir una resistencia

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad (ohmios). Revisar que los cables rojo y negro estén conectados correctamente.

Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la resistencia que vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

Para medir una resistencia con el multímetro, éste tiene que ubicarse con las puntas en los extremos del elemento a medir (en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. Lo ideal es que el elemento a medir (una resistencia en este caso) no esté alimentado por ninguna fuente de poder (V). El ohmímetro hace circular una corriente I por la resistencia para poder obtener el valor de la ésta.



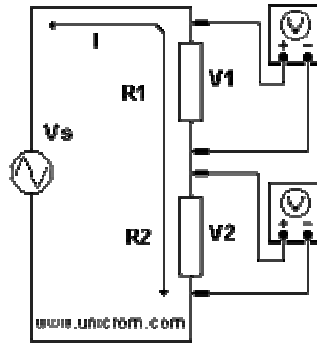
Como usar el multímetro para medir resistores, tensión e intensidad en c.a.

Como medir Tensión en c.a.

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad (voltios) en AC (c.a.). Como se está midiendo en corriente alterna, es indiferente la posición del cable negro y el rojo.

Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala, (si no tenemos idea de que magnitud de voltaje vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala para medir automáticamente.

Se conecta el multímetro a los extremos del componente (se pone en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. La lectura obtenida es el valor RMS o efectivo de la tensión.

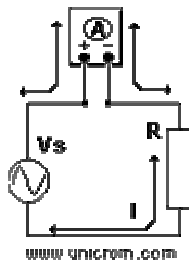


Medir corriente alterna

Se selecciona, en el multímetro que estemos utilizando, la unidad (amperios) en AC (c.a.). Como se está midiendo en corriente alterna, es indiferente la posición del cable negro y el rojo.

Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la corriente que vamos a medir, escoger la escala mas grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

Para medir una corriente con el multímetro, éste tiene que ubicarse en el paso de la corriente que se desea medir. Para esto se abre el circuito en el lugar donde pasa la corriente a medir y conectamos el multímetro (*lo ponemos en "serie"*).



En algunas ocasiones no es posible abrir el circuito para colocar el amperímetro. En estos casos, si se desea averiguar la corriente que pasa por un elemento, se utiliza la Ley de Ohm. Se mide la tensión que hay entre los terminales del elemento por el cual pasa la corriente que se desea averiguar y después, con la ayuda de la Ley de Ohm ($V = I \times R$), se obtiene la corriente ($I = V / R$). Para obtener una buena medición, se debe tener los valores exactos tanto de la tensión (en AC) como de la resistencia.

Otra opción es utilizar un amperímetro de gancho, que permite obtener la corriente que pasa por un circuito sin abrirlo. Este dispositivo, como su nombre lo indica, tiene un gancho que se coloca alrededor del conductor por donde pasa la corriente y mide el campo magnético alrededor de él. Esta medición es directamente proporcional a la corriente que circula por el conductor y que se muestra con ayuda de una aguja o pantalla.

El valor obtenido por este tipo de medición es RMS o efectivo de la corriente

Como medir una Resistencia / Impedancia en c.a.

Esta medición es igual a la que se realiza en DC (c.d)

Se selecciona la escala adecuada, si tiene selector de escala (si no tenemos idea de que magnitud de la resistencia que vamos a medir, escoger la escala más grande). Si no tiene selector de escala seguramente el multímetro escoge la escala automáticamente.

Para medir una resistencia con el multímetro, éste tiene que ubicarse con las puntas en los extremos del elemento a medir (en paralelo) y se obtiene la lectura en la pantalla. Lo ideal es que el elemento a medir (una resistencia en este caso) no esté alimentado por ninguna fuente de poder (Vs). El ohmímetro hace circular una corriente I por la resistencia para poder obtener el valor de la ésta.

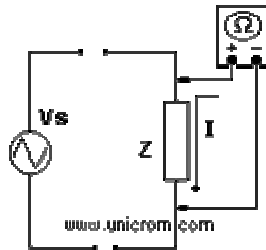
Un caso más general es cuando se desea medir una impedancia (Z), que es la combinación de una resistencia y una reactancia ($Z = R + jX$), ya sea esta inductiva (presencia de un inductor o bobina) o capacitiva (presencia de un capacitor o condensador).

Hay algunos multímetros que permiten medir estos valores, pero en caso de no tenerlo, la corriente en una impedancia se puede obtener con ayuda de la ley de Ohm. $Z = V / I$, donde V e I son valores RMS. Una vez obtenida la impedancia (Z), el valor de la bobina o inductor (inductancia) o el valor del condensador o capacitor (capacitancia) se obtiene con las fórmulas:

- $C = 1 / 2\pi f X_C$
- $L = 2\pi f X_L$

Donde:

- f = frecuencia en Hertz o ciclos por segundo
- π (pi) = 3.1416
- X_C = reactancia capacitiva
- X_L = reactancia inductiva



Nota: recordar que: $Z = R + jX$, donde $X = X_L - X_C$.

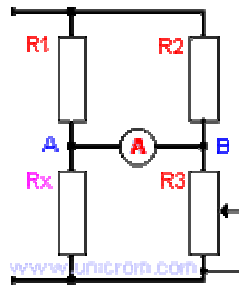
Cuando:

- $R = 0$ y la impedancia es totalmente reactiva (no hay resistencia)
- Si $X_L = 0$, la impedancia es totalmente reactiva capacitiva y ... (no hay bobina o inductor)
- Si $X_C = 0$, la impedancia es totalmente reactiva inductiva (no hay condensador o capacitor)

El puente de Wheatstone

Este es un circuito inicialmente descrito en 1833 por Samuel Hunter Christie (1784-1865). No obstante, fue el Sr. Charles Wheatstone quien le dio muchos usos cuando lo descubrió en 1843. Como resultado este circuito lleva su nombre. Es el circuito mas sensitivo que existe para medir una resistencia

Es un circuito muy interesante y se utiliza para medir el valor de componentes pasivos como ya se dijo como las resistencias (como ya se había dicho). El circuito es el siguiente: (puede conectarse a cualquier voltaje en corriente directa, recomendable no más de 12 voltios)



Cuando el puente se encuentra en equilibrio:

$$R_1 = R_2 \text{ y } R_x = R_3 \quad \text{de donde} \quad R_1 / R_x = R_2 / R_3$$

En este caso la diferencia de potencial (la tensión) es de cero "0" voltios entre los puntos A y B, donde se ha colocado un amperímetro, que muestra que no pasa corriente entre los puntos A y B (0 amperios)

Cuando $R_x = R_3$ $V_{AB} = 0$ voltios y la corriente = 0 amperios

Si no se conoce el valor de R_x , se debe equilibrar el puente variando el valor de R_3 . Cuando se haya conseguido el equilibrio R_x será igual a R_3 ($R_x = R_3$). R_3 debe ser una resistencia variable con una carátula o medio para obtener valores muy precisos.

Ejemplo:

Si R_1 y $R_2 = 1 \text{ K}\Omega$ (Kiloohmio) y $R_3 = 5 \text{ K}\Omega$, R_x deberá de $5 \text{ K}\Omega$ para lograr que el voltaje entre A y B (V_{AB}) sea cero (corriente igual a cero)

Así, basta conectar una resistencia desconocida (R_x) y empezar a variar R_3 hasta que la corriente entre A y B sea cero. Cuando esto suceda, el valor de R_x será igual al valor de R_3

Una aplicación muy interesante en la industria es como sensor de temperatura, presión, etc. (dispositivos que varían el valor de sus resistencia de acuerdo a la variación de las variables antes mencionadas). Es en el amperímetro donde se ve el nivel o grado de desbalance o diferencia que hay entre el valor normal a medir y la medida real.

También se utiliza en los sistemas de distribución de energía eléctrica donde se lo utiliza para detectar roturas o fallas en la líneas de distribución

Medición de resistencias de muy bajo valor

Hay un caso especial de medición de una resistencia en donde el valor del componente a medir es muy pequeño y la medición directa con un multímetro / polímetro no es práctica.

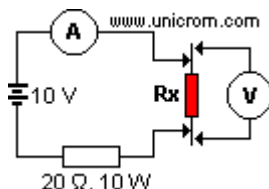
Los casos que se mencionan pueden ser:

- La medición de la resistencia de una pista en un circuito impreso
- La medición de la resistencia de un bobinado (la resistencia que tienen todas las espiras de una bobina o inductor)
- etc.

En este caso, se realiza una medición *indirecta*, con la ayuda de una fuente de tensión, un amperímetro y un voltímetro.

Se conecta la fuente de poder y una resistencia limitadora de corriente como se muestra en el siguiente gráfico. De esta manera pasará una corriente (relativamente grande) por el componente a medir (la pista del circuito impreso, bobinado, etc.)

Para lograr lo anterior se puede utilizar una fuente de tensión de 10 voltios y una resistencia limitadora de 20 ohmios (ohms) de 10 watts (vatios).



En serie con el circuito se tiene un amperímetro, de donde se obtendrá la corriente que circula por todo el circuito. Se mide la caída de tensión en los extremos del componente con ayuda del voltímetro y con la ayuda de la ley de Ohm se obtiene la resistencia del componente (R_x).

$$R_x = V_x / I$$

Ejemplo:

Con ayuda del gráfico anterior. El valor de la corriente medida con el amperímetro es: 450 mA y la tensión medida en el componente es de 10 mV, entonces la resistencia del componente será:

$$R_x = 10 \text{ mV} / 450 \text{ mA} = 0.0222 \text{ ohmios}$$

Nota: Al obtenerse con esta medición un valor de resistencia muy bajo, es conveniente asegurarse que las puntas o terminales que se van a utilizar en el voltímetro sean de una resistencia muy baja (casi nula) (realizar una revisión previa).

Medición de resistencias sensibles o delicadas

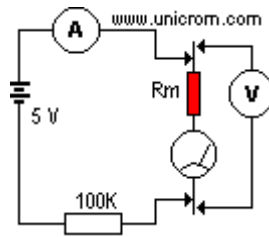
Hay un caso especial de medición de una resistencia en donde el componente a medir es muy sensible. Esta resistencia podría ser la resistencia del bobinado que se utiliza en los multímetros analógicos y que mueve la aguja en la parte frontal del instrumento.

Medir la resistencia de este tipo de bobinado con un multímetro puede causar que la bobina quede inservible.

En este caso, se realiza una medición *indirecta*, con la ayuda de una fuente de tensión, un amperímetro y un voltímetro.

Se conecta la fuente de poder y una resistencia limitadora de corriente de gran valor, como se muestra en el siguiente gráfico. De esta manera pasará una pequeña corriente por el componente a medir (el bobinado)

Para lograr lo anterior se puede utilizar una fuente de tensión de 5 voltios y una resistencia limitadora de 100 kilohmios.



En serie con el circuito se tiene un amperímetro, de donde se obtendrá la corriente que circula por todo el circuito. Se mide la caída de tensión en los extremos del componente con ayuda del voltímetro y con la ayuda de la ley de Ohm se obtiene la resistencia del componente (R_m).

$$R_m = V / I$$

Ejemplo:

Con ayuda del gráfico anterior. El valor de la corriente medida con el amperímetro es: 60 μA y la tensión medida en el componente es de 70 mV, entonces la resistencia del componente será:

$$R_m = 70 \text{ mV} / 60 \text{ } \mu A = 1166.67 \text{ ohms} \text{ o } 1.167 \text{ Kilohms}$$

Como probar diodos y transistores (método tradicional)

Como probar un diodo.

Poder determinar si un diodo está en buen estado o no es muy importante en la vida de un técnico en electrónica, pues esto le permitirá poner a funcionar correctamente un artículo electrónico. Pero no sólo son los técnicos los que necesitan saberlo. En el caso del aficionado que está implementando un circuito o revisando un proyecto, es indispensable saber en que estado se encuentran los componentes que utiliza.

Hoy en día existen multímetros (VOM) digitales que permiten probar con mucha facilidad un diodo, pues ya vienen con esta alternativa listos de fábrica.

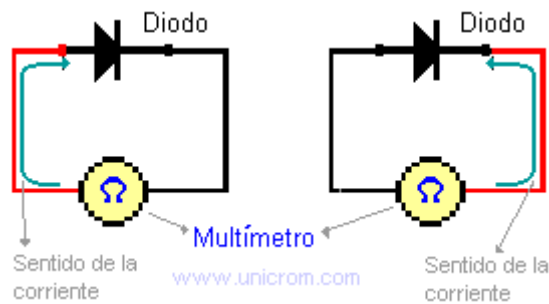
El caso que se presenta aquí es el método típico de medición de un diodo con un tester analógico (el que tiene una aguja)

Para empezar, se coloca el selector para medir resistencias (ohmios / ohms), sin importar de momento la escala.

Se realizan las dos pruebas siguientes:

- Se coloca el cable de color rojo en el ánodo de diodo (el lado de diodo que no tiene la franja) y el cable de color negro en el cátodo (este lado tiene la franja), el propósito es que el multímetro inyecte una corriente en el diodo (esto es lo que hace cuando mide resistencias). Si la resistencia que se lee es baja indica que el diodo, cuando está polarizado en directo funciona bien y circula corriente a través de él (como debe de ser). Si esta resistencia es muy alta, puede ser síntoma de que el diodo está "abierto" y deba de reemplazarlo.

- Se coloca el cable de color rojo en el cátodo y el cable negro en el ánodo. En este caso como en anterior el propósito es hacer circular corriente a través del diodo, pero ahora en sentido opuesto a la flecha de este. Si la resistencia leída es muy alta, esto nos indica que el diodo se comporta como se esperaba, pues un diodo polarizado en inverso casi no conduce corriente. Si esta resistencia es muy baja podría significar que el diodo esta en "corto" y deba de reemplazarlo.

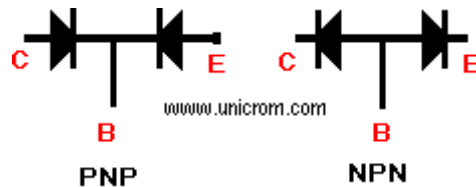


Nota:

- El cable rojo debe ir conectado al terminal del mismo color en el multímetro
- El cable negro debe ir conectado al terminal del mismo color en el multímetro (el común/ common)

Como probar un transistor

Para probar transistores hay que analizar un circuito equivalente de este, en el que se puede utilizar lo aprendido al probar diodos. Ver la siguiente figura.



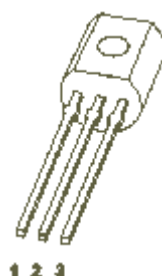
Se puede ver que los circuitos equivalentes de los transistores bipolares NPN y PNP están compuestos por diodos y se puede seguir la misma técnica que se sigue al probar diodos comunes. La prueba se realiza entre el terminal de la base (B) y el terminal E y C. Los métodos a seguir en el transistor NPN y PNP son opuestos. Al igual que con el diodo si uno de estos "diodos del equivalentes del transistor" no funcionan como se espera hay que cambiar el transistor.

Nota: Aunque este método es muy confiable (99 % de los casos), hay casos en que, por las características del diodo o el transistor, esto no se cumple. Para efectos prácticos se sugiere tomarlo como confiable en un 100%

Determinación de las patillas de un transistor

Para determinar las patillas de una transistor, debemos seguir los siguientes pasos:

1. Numeración de las patillas: poniendo el transistor en una posición determinada, numeramos las patillas correlativamente; por ejemplo:

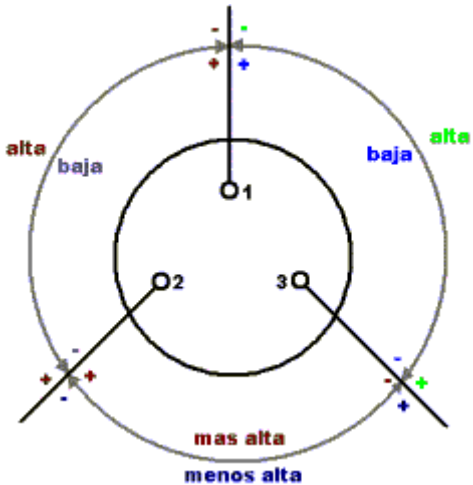


2. Determinación de la base: Hacemos las medidas de la tabla siguiente, con un polímetro puesto en medida de semiconductores, si el polímetro no dispone de esta opción, los dispondremos en la medida mas alta de resistencias. Para hacer estas medidas, debemos tener en cuenta que las puntas del polímetro, en las medidas de resistencias, suelen tener sus puntas conectadas de la siguiente forma:

- a. Punta negra: **positivo** de la pila del polímetro
- b. Punta roja: **negativo** de la pila del polímetro

	Punta negra	
	en patilla	
	2	
	1	
	3	
	1	
	3	
	2	

Dependiendo del tipo de transistor(NPN o PNP), el resultado que podemos obtener es algo parecido a esto:



Que pasado a la tabla anterior nos arrojaría el siguiente resultado:

	Punta negra	
	en patilla	
1	2	Alta
2	1	Baja

1	3	Alta
3	1	Baja
2	3	Menos alta
3	2	Mas alta

Ahora nos fijamos en la tabla y nos damos cuenta que sólo uno de sus terminales cumple el siguiente requisito: da resistencia baja con los otras dos patillas y si invertimos las puntas, da resistencia alta con esos mismos terminales. En nuestro ejemplo, la única patilla que cumple esos requisitos es la patilla 1, por lo que ya podemos decir que en este transistor que ponemos de ejemplo, la patilla de la derecha es la base.

El Amplificador - ganancias de tensión, corriente y potencia

Los amplificadores son circuitos que se utilizan a aumentar (amplificar) el valor de la señal de entrada (generalmente muy pequeña) y así obtener una señal a la salida con una amplitud mucho mayor a la señal original.



Algunas veces la amplificación puede causar que la señal a la salida del amplificador salga distorsionada causada por una amplificación muy grande. Hay que tomar en cuenta que un amplificador no puede tener en su salida niveles de voltaje mayores a los que la fuente de alimentación le puede dar.

Ejemplo: Si el amplificador es alimentado por 12 Voltios. La señal de salida no podrá tener un voltaje mayor a este.

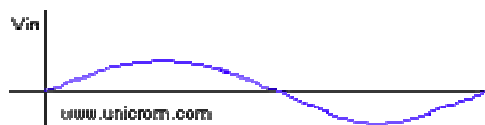
Nota: Para aumentar la potencia de salida de un amplificador normalmente se aumenta la cantidad de corriente que este puede suministrar. Acordarse que:

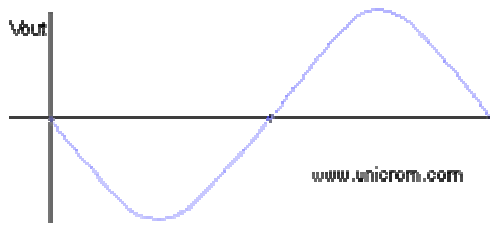
$$P \text{ (potencia)} = V \text{ (voltaje)} \times I \text{ (corriente)}$$

Si no puede aumentar el voltaje hay que aumentar la corriente.

Un caso muy común de amplificador es el que usa transistores bipolares, hay otros que utilizan amplificadores operacionales, tubos o válvulas electrónicas, FETs, etc.

En el caso que se muestra en los diagramas, se ve que la señal de salida es mayor que la de la entrada, pero adicionalmente esta invertida. Caso que algunas veces se presenta en amplificadores





Algunas definiciones importantes

- La **amplificación (ganancia de tensión) Δ_V** es el cociente entre la tensión en la entrada y salida. $\Delta_V = V_{sal} / V_{ent}$.

Ejemplo: Si un amplificador tiene una entrada de 0.1 Vpp (voltios pico-pico) y una salida de 10 Vpp, la ganancia será: $\Delta_V = 10 \text{ Vpp} / 0.1 \text{ Vpp} = 100$.

- La **ganancia de corriente Δ_i** es el cociente entre la corriente de salida del amplificador y la corriente en los terminales de entrada. $\Delta_i = i_{sal} / i_{ent}$

Ejemplo: Si se tiene un amplificador con ganancia de corriente igual a 500 ($\Delta_i = 500$), se le aplica a una carga de 200 ohmios y si la corriente de entrada $i_{ent} = 10 \text{ uA}$. ¿Cuál es la tensión en la carga?

Primero se saca la corriente de salida: $i_{sal} = \Delta_i \times i_{ent} = 500 \times 10 \text{ uA} = 5000 \text{ uA} = 5 \text{ mA}$.
La tensión en la carga será: $V_{sal} = 200 \times i_{sal} = 200 \text{ ohmios} \times 5 \text{ mA} = 1000 \text{ mV} = 1 \text{ voltio}$

- **Ganancia de potencia Δ_P** es el cociente entre la potencia entre los terminales de salida y la potencia entre los terminales de entrada. : $\Delta_P = P_{sal} / P_{ent}$

Ejemplo: utilizando el mismo ejemplo anterior y suponiendo que a la entrada del amplificador exista una resistencia de 1K, calcular Δ_P .

$$P_{ent} = I^2 R = (10 \text{ uA})^2 \times R = 0.1 \text{ uW (microWatts / microvatios)}$$

$$P_{sal} = V \times I = 1 \text{ Voltio} \times 5 \text{ mA} = 5 \text{ mW (miliwatts / milivatios)}$$

$$\text{Entonces: } \Delta_P = P_{sal} / P_{ent} = 5 \text{ mW} / 0.1 \text{ uW} = 50,000$$

Como funcionan las pilas / baterias

¿Porqué las baterías producen corriente eléctrica?

Posiblemente usted ya sepa que la corriente eléctrica es un flujo de electrones, que circulan por un cable conductor. Los electrones tienen carga negativa, y como dos imanes a los que queremos acercar parte negativa con parte negativa o parte positiva con positiva, se repelen.

Esto significa que un electrón repelerá a otro electrón, debido a que éstos tienen carga negativa. Pero, una carga positiva atraerá una carga negativa, como el electrón.

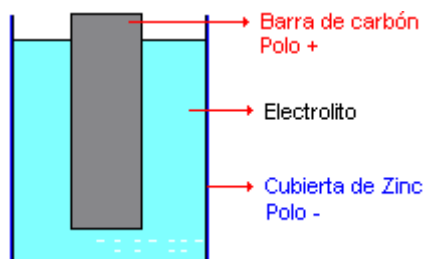
Las baterías, por medio de una reacción química producen, en su terminal negativo, una gran cantidad de electrones (que tienen carga negativa) y en su terminal positivo se produce una gran ausencia de electrones (lo que causa que este terminal sea de carga positiva).

Ahora si esta batería alimenta un circuito cualquiera, hará que por éste circule una corriente de electrones que saldrán del terminal negativo de la batería, (debido a que estos se repelen entre si y repelen también a los electrones libres que hay en el conductor de cobre), y se dirijan al

terminal positivo donde hay un carencia de electrones, pasando a través del circuito al que esta conectado. De esta manera se produce la corriente eléctrica.

El proceso químico no se presenta por tiempo indefinido, sino que después de algún tiempo deja de tener efecto (Se nota porque su voltaje va disminuyendo). Esta es la causa de que las baterías tengan una vida finita.

Una de las pilas más conocida es la pila seca. Ver la figura.



Por medio de una reacción química la cubierta de zinc atrae electrones y se carga negativamente y el carbón pierde electrones y se carga positivamente. Debido a que la reacción química oxida el zinc la pila tiene una vida limitada.

Tipos de pilas:

Pilas primarias (No son recargables)

1. Pila seca

- Pila de zinc
- Alcalina

No se pueden volver a cargar. Estas se descargan aún cuando no se utilicen. Hay pilas tubulares (1.5 voltios) y construidas por capas. Por ejemplo la batería de 9 voltios que está compuesta de varios elementos (capas) de 1.5 voltios en serie

2. Pila de mercurio

- Tiene una vida útil más larga que la pila seca y el suministro de voltaje es más estable
- Son más pequeñas
- Utilizadas en audífonos, aparatos compactos

3. Pila alcalina

- Tiene de gran duración

Pilas secundarias (Se pueden volver a cargar una vez que se agotan)

1. Pila alcalina de Níquel - Cadmio

Son compactas, pueden suministrar bastante corriente y tienen un voltaje estable

2. Pila de plomo

Muy utilizada en la industria automotriz

Hay pilas que se conectan en serie y se llaman acumuladores. Ejemplo: las baterías de uso automotriz.

Los parámetros principales de una pila o batería son

- Tensión entre sus terminales (bornes)
- Capacidad amperios - hora

Si dos pilas o baterías se conectan en serie, la de corriente del conjunto es la misma y el voltaje se suma

Si dos pilas o baterías se colocan en paralelo, tienen el mismo voltaje pero mayor capacidad de corriente

Concepto de analógico y digital

Algunas mediciones pueden representarse en forma "analógica" o en forma "digital".

- El término "Digital" se refiere a cantidades discretas como la cantidad de personas en una sala, cantidad de libros en una biblioteca, cantidad de autos en una zona de estacionamiento, etc.

Los Sistemas digitales tienen una alta importancia en la tecnología moderna, especialmente en la computación y sistemas de control automático. La tecnología digital se puede ver en diferentes ámbitos:

- mecánico: llaves
- electromecánico: el relé / relay
- hidráulico
- neumático
- electrónico.

Los dos últimos dominan la tecnología

- El término "Analógico" se refiere a las magnitudes o valores que varían con el tiempo en forma continua como la distancia y la temperatura, la velocidad, que podrían variar muy lento o muy rápido como un sistema de audio.

En la vida cotidiana el tiempo se representa en forma analógica por relojes (de agujas), y en forma discreta (digital) por displays digitales.



analógico y digital

En la tecnología analógica es muy difícil almacenar, manipular, comparar, calcular y recuperar información con exactitud, en cambio en la tecnología digital (computadoras, por ejemplo), se pueden hacer tareas muy rápidamente, muy exactas, muy precisas y sin detenerse.

La electrónica moderna usa electrónica digital para realizar muchas funciones que antes desempeñaba la electrónica analógica.

Un ejemplo muy evidente es el hecho de que la música actualmente se graba en discos compactos (CD's), que previamente ha convertida a formato digital de su formato original que es analógico. El equipo creado para reproducir la música grabada de esta manera está llena de circuitos lógicos digitales.

A diferencia, los discos de acetato (los discos de 45 r.p.m. y L.P. de color negro) utilizaban una aguja que recorría los surcos en el disco para poder reproducir la música grabada en forma analógica. Nadie duda de la calidad de los discos compactos de hoy, pues tienen un sonido excelente.

Qué es un Circuito lógico?

Un circuito lógico es aquel que maneja la información en forma de "1" y "0", dos niveles de voltaje fijos. "1" nivel alto y "0" nivel bajo.

Estos circuitos están compuestos por elementos digitales como las compuertas: AND (Y), OR (O), NOT (NO)

y combinaciones poco o muy complejas de estos. Estas combinaciones dan lugar a otros tipos de elementos digitales como los compuertas, entre otros

- nand (No Y)
- nor (No O)
- or exclusiva (O exclusiva)
- multiplexores o multiplexadores
- demultiplexores o demultiplexadores
- decodificadores
- codificadores
- memorias
- flip-flops
- microprocesadores
- microcontroladores
- etc.

La electrónica moderna usa electrónica digital para realizar muchas funciones. Aunque los circuitos electrónicos pueden resultar muy complejos, en realidad se construyen de un número muy grande de circuitos muy simples.

En un circuito digital se transmite información binaria (ceros y unos) entre estos circuitos y se consigue un circuito complejo con la combinación de bloques de circuitos simples.

La información binaria se representa en la forma de "0" y "1", un interruptor "abierto" o "cerrado", "On" y "Off", "falso" o "verdadero", en donde "0" representa falso y "1" verdadero.

Los circuitos lógicos se pueden representar de muchas maneras. En los circuitos siguientes la lámpara puede estar encendida o apagada ("on" o "off"), dependiendo de la posición del interruptor. (apagado o encendido)



Los posibles estados del interruptor o interruptores que afectan un circuito se pueden representar en una tabla de verdad. Las tablas de verdad pueden tener muchas columnas, pero todas las tablas funcionan de igual forma. Hay siempre una columna de salida que representa el resultado de todas las posibles combinaciones de las entradas.

Tabla de verdad	
Columna(s) de entrada	Columna de salida
Entrada (interruptor)	Salida (lámpara)
Abierto	Apagado
Cerrado	Encendido

El Número de columnas en una tabla de verdad depende de cuantas entradas hay + 1 (la columna de la salida), el número de filas representa la cantidad de combinaciones en las entradas

Número de combinaciones = 2^n , donde n es el número de columnas de la tabla de verdad (menos la columna de salida)

Ejemplo: en la siguiente tabla hay 3 columnas de entrada, entonces habrán: $2^3 = 8$ combinaciones (8 filas)

Un circuito con 3 interruptores de entrada (con estados binarios "0" o "1"), tendrá 8 posibles combinaciones. Siendo el resultado (la columna salida) determinado por el estado de los interruptores de entrada.

Tabla de verdad			
Switch 1	Switch 2	Switch 3	Salida
0	0	0	?
0	0	1	?
0	1	0	?
0	1	1	?
1	0	0	?
1	0	1	?
1	1	0	?
1	1	1	?

Los circuitos lógicos son básicamente un arreglo de interruptores, conocidos como "compuertas lógicas" (compuertas AND, NAND, OR, NOR, NOT, etc) Cada compuerta lógica tiene su tabla de verdad. Y, si pudiéramos ver en mas detalle la construcción de éstas, veríamos que es un circuito comprendido por transistores, resistencias, diodos, etc. conectados de manera que se obtienen salidas específicas para entradas específicas

La utilización extendida de las compuertas lógicas, simplifica el diseño y análisis de circuitos complejos. La tecnología moderna actual permite la construcción de circuitos integrados (IC's) que se componen de miles (o millones) de compuertas lógicas.

Potencia en una resistencia (La ley de Joule)

Antes de examinar que es Potencia, primero se debe de entender que es energía

Energía: Es la capacidad que se tiene para realizar algo.

Por ejemplo, si se conecta una batería o pila a un foco o bombillo incandescente se observa que esta energía se convierte en luz y también se disipa en calor.

La unidad de la energía es el julio (J) y la rapidez o velocidad con que se consume esa energía (se deja el bombillo encendido gastando energía en luz y calor) se mide en julios/segundo. A esto se le llama **Potencia**.

La fórmula es: $P = W / T$ (potencia = energía por unidad de tiempo)

Si se consume un Julio en un segundo se dice que se consumió un Watt (Vatio) de potencia.

Existen varias fórmulas que nos ayudan a obtener la potencia que se consume en un elemento en particular.

Una de las mas conocidas es: $P = V \times I$

Donde:

- V es la tensión en los terminales del elemento en cuestión e ..

- I es la corriente que circula por él.

Para el caso de las resistencias, además de fórmula anterior, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

- $P = V^2 / R$ (aquí no se conoce la corriente): Si se Conoce el valor de la resistencia y el voltaje entre sus terminales

- $P = I^2 \times R$ (aquí no se conoce I tensión): Si se conoce el valor de la resistencia y la corriente que la atraviesa

Ejemplo

Si se conecta un bombillo o foco a la batería (12 Voltios) de un auto y por el bombillo circula una corriente de 2 amperios, entonces la potencia que se consume en ese bombillo (en calor y luz) es:

$$P = V \times I = 12 \times 2 = 24 \text{ watts (vatios)}$$

Con los mismos datos y con la potencia ya encontrada es posible encontrar el valor en ohmios del bombillo o foco, utilizando cualquiera de las fórmulas: $P = V^2 / R$ ó $P = I^2 \times R$

Utilizando la fórmula $P = V^2 / R$, y despejando R, se obtiene:

$$R = V^2 / P = 12^2 / 24 = 6 \text{ ohmios}$$

Concepto de potencia y energía

La potencia es la velocidad con la que se realiza un trabajo y en electricidad y electrónica es la multiplicación de la corriente (en amperios) por el voltaje (en voltios). La unidad de potencia es el watt o vatio.

$$P = I \times V$$

Hay múltiplos y submúltiplos del watt o vatio como:

- el miliwatt o milivatio = 1 watt / 1000
- el kilowatt o kilovatio = 1 watt x 1000
- el megawatt o megavatio = 1 watt x 1000000
- etc.

Ejemplo:

Si en una resistencia $I = 0.25$ amperios y $V = 3$ Voltios

$$P = I \times V = 0.25 \times 3 = 0.75 \text{ watts} = 750 \text{ miliwatts}$$

Con ayuda de la ley de Ohm, se obtienen los siguientes resultados

$$P = V^2 / R \quad \text{y} \quad P = I^2 \times R$$

En la primera fórmula se puede obtener la potencia sin tener la corriente y en la segunda fórmula se obtiene la potencia sin tener la tensión

Estas fórmulas son muy útiles para hallar la potencia en una resistencia (La ley de Joule), donde la energía se convierte en calor

Pero la energía no siempre se transforma en calor. En el caso de un motor eléctrico, la potencia se convierte en movimiento mecánico. En una emisora de radio o televisión la potencia se convierte en gran parte en ondas electromagnéticas. En un equipo de sonido la potencia se convierte en ondas sonoras. En un foco o bombillo la potencia se convierte en luz y calor.

Normalmente el calor que se disipa no se aprovecha y se considera potencia perdida o potencia inútil.

La idea principal en los motores, bombillos, etc. es lograr que la potencia que se les suministra sea aprovechada al máximo, de manera que la potencia perdida en calor y otros sea mínima.

Para saber que también se logra esto, se utiliza el rendimiento

Rendimiento = Potencia de salida / Potencia de entrada

Ejemplo:

Si un bombillo es de 100 Watts, pero la potencia que se aprovecha en luz es 80 watts, el rendimiento será: $80 / 100 = 0.8 = 80\%$. El 20% restante se pierde en calor.

Nota: 1 HP (Horse Power / Caballo de fuerza) = 745.7 watts

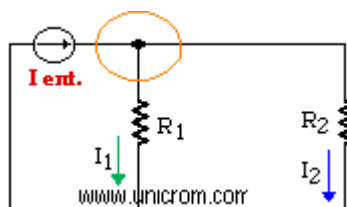
Ley de corrientes de Kirchoff

Esta ley dice que la suma de las corrientes que entran en un área cerrada del circuito (ver círculo verde en el gráfico), son iguales a las corrientes que salen. Diciéndolo de otra manera. La suma de corrientes que entran a un nodo (círculo verde) debe ser igual a cero ("0"). Siempre se debe tomar a las corrientes que entran al nodo como positivas y a las del nodo como negativas.

Corrientes que entran al nodo = corrientes que salen del nodo

Corrientes que entran al nodo -- corrientes que salen del nodo = 0

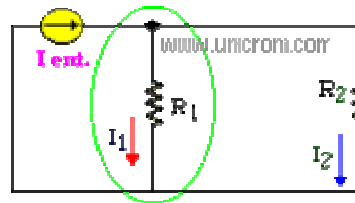
En el caso de la figura, La corriente que sale de la fuente I_{ent} , se divide en dos, pasando I_1 por una resistencia R_1 e I_2 por la resistencia R_2 . Posteriormente estas dos corrientes se vuelven una sola antes de regresar a la fuente original I_{ent} , cumpliéndose nuevamente la ley de corriente de Kirchoff en el nodo que está debajo de R_1 .



I_{ent} (corriente que entra) = $I_1 + I_2$ (corrientes que salen)

Esta ley es muy útil, para encontrar el valor de una corriente en un circuito cuando conocemos las otras que alimentan un nodo.

Nota: Si bien en el gráfico el círculo verde sólo abarca un área pequeña. Este círculo podría abarcar un área mayor del circuito y la ley se seguiría cumpliendo.



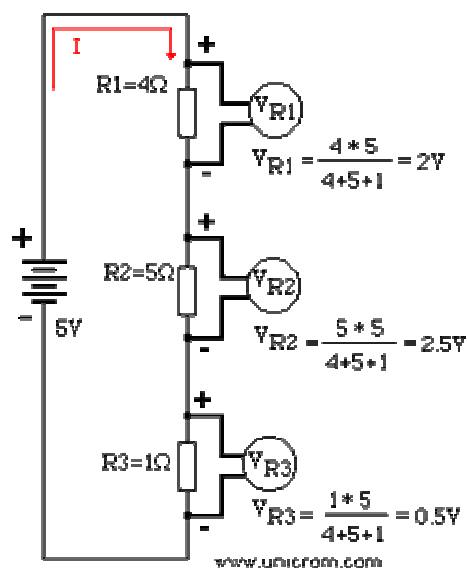
Ley de tensiones de Kirchoff

Esta Ley dice que:

La suma de todas las tensiones en un camino cerrado debe ser forzosamente igual a cero

En otras palabras, en un circuito: **Los incrementos en tensión es igual a las caídas de tensión. (positivos los aumentos y negativos las caídas de tensión)**

Aumento de tensión -- suma de las caídas de tensión = 0



En un circuito en serie (supongamos resistencias en serie conectadas a una fuente de tensión (una batería), la suma de las tensiones en todo el circuito debe de ser cero. Ver gráfico.
Fuente [5 Voltios] -- $(V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}) = 0$

Donde:

Fuente [5 Voltios] ----> aumento de tensión

$(V_{R1} + V_{R2} + V_{R3})$ ----> suma de caídas de tensión

Con la ayuda de este conocimiento se puede obtener el valor de tensión en cualquier resistencia que esté en un camino cerrado.

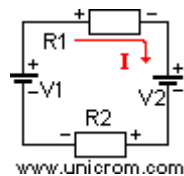
Se puede ver con ayuda de los datos que se presentan en el gráfico.

$$5 \text{ Voltios} = 2 \text{ Voltios} + 2.5 \text{ Voltios} + 0.5 \text{ Voltios} \quad \text{ó}$$

$$5 \text{ Voltios} - (2 \text{ Voltios} + 2.5 \text{ Voltios} + 0.5 \text{ Voltios}) = 0$$

Circuitos con dos fuentes o más

Algunas veces en los circuitos serie hay más de dos fuentes de tensión y no es fácil saber en que sentido circula la corriente. En este caso se supone que la corriente circula en un sentido y se hace el análisis. Si la corriente que se obtiene tiene signo negativo significa que la suposición que se tomó estaba equivocada.



Pasos a seguir:

- 1 - Suponer que la corriente siempre circula en sentido horario (ver figura anterior)
- 2 - Colocar la polaridad de las fuentes de tensión (signos + y -)
- 3 - Colocar la polaridad de la tensión en las resistencias en consecuencia con el sentido

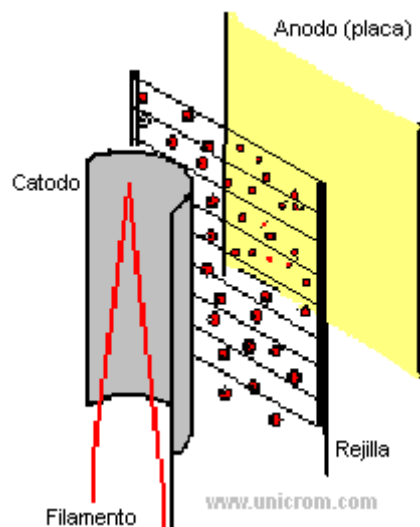
asumido de la corriente. Ver el siguiente gráfico



- 4 - Escribir la ecuación de Kirchhoff, siguiendo el sentido de la corriente. Los valores de la tensión serán positivos si se encuentra primero la señal de polaridad (+) y negativa si se encuentra la señal (-)
- 5 - Para calcular la corriente se puede reemplazar la tensión en el resistor por IR ($V = IR$)
- 6 - Despejar la corriente.
- 7 - Si la corriente tiene valor negativo se corrige el sentido anteriormente supuesto con la consiguiente corrección de la polaridad de la caída de tensión en los resistores.

Concepto básico del funcionamiento del tubo o válvula al vacío

Para comprender el funcionamiento de un tubo se verá el concepto básico del funcionamiento de un triodo. El triodo básico se compone de un filamento, un cátodo, un ánodo y una rejilla. Ver la figura.



El filamento se calienta y causa que el cátodo libere electrones que inmediatamente tratan de llegar al ánodo (plate / placa) que tiene voltaje positivo. Este continuo flujo de electrones se convierte en una corriente eléctrica. Hay que acordarse que los electrones tienen carga negativa y son atraídos por las cargas positivas como la del ánodo

Si en el camino de este flujo de electrones se pone un dispositivo adicional llamado rejilla con voltaje negativo, este repelerá algunos de los electrones que pasan del cátodo al ánodo y como resultado habrá una menor corriente. Si ahora se modifica el voltaje que se aplica a la rejilla, se modifica también la corriente entre cátodo y ánodo (se modula la corriente). De esta manera un voltaje aplicado a la rejilla se modifica, también se modificará la corriente que pasa de cátodo a ánodo

Pero el tubo al vacío no es lineal. *No lineal significa que no se da el caso de que si aumentamos al doble el voltaje en la rejilla, la corriente que pasa de cátodo a ánodo se convierte en la mitad de lo que era antes.*

Una de las causas de esta no linealidad es que no todos los electrones que salen del cátodo no pasan al ánodo, estos solamente se quedan en los alrededores de cátodo como una nube de electrones. Esta nube de carga negativa apoya el efecto que tiene la rejilla. Este efecto causa que la nube de electrones aumente. Esta nube de electrones aumentada nuevamente incrementa el efecto de la rejilla en el flujo de electrones y así se entra en un ciclo continuo que causa una mayor linealidad.

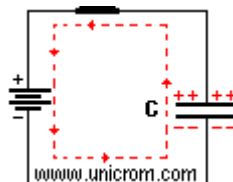
La vida de un tubo depende mucho de la temperatura, que a su vez depende del voltaje que tiene el filamento. Si se opera con el filamento muy caliente o muy frío la vida de el tubo se acorta. Algunos experimentadores han observado que si se disminuye el voltaje del filamento en aproximadamente el 20% de lo aconsejado por el fabricante, la operación del tubo tiende a linealizarse, aunque este hecho no ha sido realmente comprobado.

Conceptos Avanzados

El capacitor y la corriente directa

El condensador es fabricado de muchas formas y materiales, pero sin importar como haya sido construido, siempre es un dispositivo con dos placas separadas por un material aislante.

Si se hace circular corriente continua (con una batería) por un condensador, circula una corriente de los terminales de la fuente hacia las placas del capacitor



Flujo de los electrones cargando las placas del capacitor

El terminal positivo de la fuente saca electrones de la placa superior y la carga positivamente. El terminal negativo llena de electrones la placa inferior y la carga negativamente.

Esta situación se mantiene hasta que el flujo de electrones se detiene (la corriente deja de circular) comportándose el capacitor como un circuito abierto para la corriente continua. (no permite el paso de corriente)

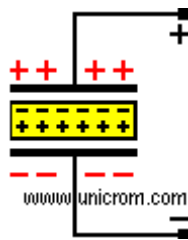
Normalmente se dice que un capacitor no permite el paso de la corriente continua. La corriente que circula y que se comenta en anteriores párrafos es una corriente que varía en el tiempo (corriente que si puede atravesar un capacitor), desde un valor máximo a un valor de 0 amperios, momento en que ya no hay circulación de corriente. Esto sucede en un tiempo muy breve y se llama "transitorio"

A la cantidad de carga que es capaz de almacenar un capacitor se le llama "capacitancia" o "capacidad"

El valor de la capacitancia depende de las características físicas del capacitor.

- A mayor área de las placas, mayor capacitancia
- A menor separación entre las placas, mayor capacitancia
- El tipo de dieléctrico o aislante que se utilice entre las placas afecta el valor de la capacitancia

El aislante o dieléctrico tiene el objetivo de aumentar el valor de la capacitancia del condensador. Cuando se coloca un dieléctrico, este adquiere por conducción una carga opuesta a la carga de las placas, disminuyendo la carga neta del dispositivo y así permite la llegada de más cargas a las placas



El aislante aumenta la capacitancia del condensador

Hay diferentes materiales que se utilizan como dieléctricos, con diferentes grados de permitividad (diferentes grados de capacidad de establecimiento de un campo eléctrico).

Material	Permitividad relativa (Er)
Vacío	1
Aire	1.0059
Poliestireno	2.5
Porcelana	5...6
Mica	7
Pentóxido Tántalo	26
Cerámica	10 a 50,000

A mayor permitividad, mayor es la capacidad que permite obtener el dieléctrico

La capacidad se calcula con la siguiente fórmula: $C = (E_r \times A) / d$.

Donde:

- C = capacidad
- Er = permitividad

- A = área de placas
- d = separación entre placas

La unidad de medida del capacitor / condensador es el Faradio, pero esta unidad es grande y es más común utilizar el milifaradio (mF), el microfaradio (uF), el nanoFaradio (nF) y el picoaradio (pF).

Las principales características eléctricas de un capacitor son su capacidad y su máxima tensión entre placas.

Hay dos tipos de capacitores:

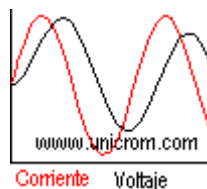
- **Los fijos:** Los de papel, plástico, cerámica y los electrolíticos
- **Los variables:** los giratorios y los de ajuste (Trimmer)

El capacitor y la corriente alterna (AC)

Corriente alterna en circuitos capacitivos

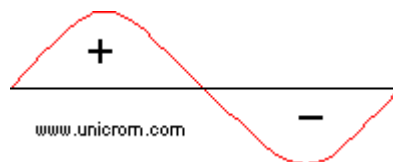
A diferencia del condensador con la corriente continua, el paso de la corriente alterna por el condensador si ocurre. Otra característica del paso de una corriente alterna en un condensador es que el voltaje que aparece en los terminales del condensador está desfasado o corrido 90° hacia atrás con respecto a la corriente. Esto se debe a que el capacitor se opone a cambios bruscos de voltaje.

Qué significa estar desfasado o corrido ? significa que el valor máximo del voltaje aparece 90° después que el valor máximo de la corriente.



la corriente adelanta al voltaje en un capacitor en 90 grados

Si se multiplican los valores instantáneos de la corriente y el voltaje en un capacitor se obtiene una curva sinusoidal (del doble de la frecuencia de corriente o voltaje), que es la curva de potencia. (acordarse que: $P = I \times V$, Potencia = Corriente x Voltaje)



Potencia en un capacitor
Recibe y entrega potencia en igual magnitud

Esta curva tiene una parte positiva y una parte negativa, esto significa que en un instante el capacitor recibe potencia y en otro tiene que entregar potencia, con lo cual se deduce que el capacitor no consume potencia (caso ideal)

Al aplicar voltaje alterno a un capacitor, éste presenta una oposición al paso de la corriente alterna, el valor de esta oposición se llama reactancia capacitiva (X_C) y se puede calcular con la Ley de Ohm: $X_C = V / I$, y con la fórmula: $X_C = 1 / (2 \times \pi \times f \times C)$

donde:

- X_C = reactancia capacitiva en ohmios
- f = frecuencia en Hertz (Hz)
- C = capacidad en Faradios (F)

La resistencia en serie equivalente (ESR)

El capacitor analizado en el párrafo anterior es ideal. En la realidad el capacitor tiene una resistencia en serie debido a varios factores: las placas metálicas, el dieléctrico o aislante, etc.. El ESR es el equivalente al factor de calidad Q de los inductores y mientras más pequeño sea mejor

El inductor y las corrientes continua y alterna

El inductor (bobina) y la corriente continua (c.c.)

La bobina es formada de un alambre conductor con el cual se han hecho espiras a manera, en su forma mas sencilla, de un resorte.

Si se aplica corriente continua (corriente que no varía con el tiempo) a un inductor, éste se comporta como un corto circuito y dejará pasar la corriente a través de ella sin ninguna oposición.

Pero en la bobina si existe oposición al paso de la corriente, y esto sucede sólo en el momento en que se hace la conexión a la fuente de voltaje y dura por un tiempo muy pequeño (estado transitorio). Lo que sucede es que en ese pequeño espacio de tiempo corriente esta variando desde 0V hasta su valor final de corriente continua (la corriente varía con el tiempo por un espacio de tiempo muy pequeño)

El inductor (bobina) y la corriente alterna (c.a.)

La bobina como la resistencia se opone al flujo de a corriente, pero a diferencia de esta, el valor de esta oposición se llama reactancia inductiva (X_L) y se puede calcular con:

la Ley de Ohm: $X_L = V / I$ y por la fórmula $X_L = 2\pi \times f \times L$

donde:

- X_L : reactancia en ohmios
- V : en voltios
- I : en amperios
- π : 3.1416
- f : frecuencia en hertz
- L : inductancia en henrios

Angulo de fase

En la bobina el voltaje adelanta a la corriente en 90° . Ver gráfico:



Las señales alternas como la corriente alterna (nuestro caso) tiene la característica de ser periódica, esto significa que esta se repite a espacios fijos de tiempo. Si dos señales periódicas, iguales están en fase, sus valores máximos y mínimos coinciden. Si una señal se atrasa respecto a otra a tal punto de que estas vuelven a coincidir en estos valores (máximo y mínimo) se dice que el desfase fue de 360° . Desfases intermedios serían de 180° (las ondas están desfasadas en la mitad de su período) y desfase de 90° (las ondas están desfasadas en la cuarta parte de su período)

El factor de calidad (Q) de una bobina / inductor

El caso de la reactancia inductiva (X_L) calculada anteriormente toma en cuenta que el inductor es ideal. En la realidad un inductor tiene asociado una resistencia r_L debido al material que de está hecha y también (si tiene un núcleo que no es de aire) una resistencia debido a este núcleo. Esta resistencia (r_L) se pone en serie con inductor.

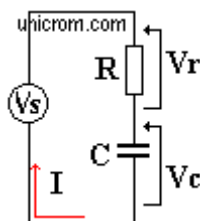
La relación que existe entre la reactancia X_L y la resistencia r_L es llamada "Factor de calidad". $Q = X_L / r_L$, donde r_L es la resistencia en serie. Tanto X_L como r_L dependen de la frecuencia por lo que Q depende de la frecuencia. A menor r_L mayor factor de calidad. Tomar en cuenta que el factor de calidad se utiliza para el caso de corriente alterna.

Circuito RC, Resistor - capacitor en serie

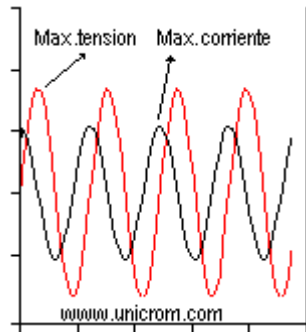
Circuito RC serie

En un circuito RC en serie la corriente (corriente alterna) que pasa por la resistencia y por el condensador es la misma. Esto significa que cuando la corriente está en su punto más alto (corriente de pico), estará así tanto en la resistencia como en el condensador (capacitor.)

Pero algo diferente pasa con las tensiones (voltajes). En la resistencia, la tensión y la corriente están en fase (sus valores máximos coinciden en el tiempo). Pero la tensión en el capacitor no es así. La tensión en el condensador está retrasado con respecto a la corriente que pasa por él. (el valor máximo de voltaje sucede después del valor máximo de corriente en 90°) Estos 90° equivalen a $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda dada por la frecuencia de la corriente que está pasando por el circuito.



La corriente I es la misma por R y por C
 $V_s = V_r + V_c$



El voltaje en el condensador esté atrasado con respecto a la corriente en el mismo

La tensión total que alimenta el circuito RC en serie es igual a la suma de la tensión en la resistencia y la tensión en el condensador.

Esta tensión tiene un ángulo de desfase (causado por el condensador) y se obtiene con ayuda de las siguientes fórmulas:

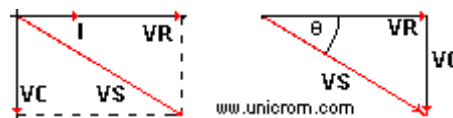
$$\text{Valor de la tensión (magnitud): } V_s = (V_R^2 + V_C^2)^{1/2}$$

$$\text{Angulo de desfase } \Theta = \text{Arctang} (-V_C/V_R)$$

Como se dijo antes

- La corriente adelanta a la tensión en un capacitor en 90°
- La corriente y la tensión están en fase en una resistencia.

Con ayuda de estos datos se construye el diagrama fasorial y el triángulo de tensiones.



De estos gráficos se obtiene que la fuente de alimentación (ver fórmulas anteriores):

A la resistencia total del conjunto resistencia-capacitor, se le llama impedancia (Z) (un nombre mas generalizado) y Z es la suma fasorial (no una suma directa) del valor de la resistencia y de la reactancia del condensador y la unidad es el ohmio. Y se obtiene con ayuda de la siguiente fórmula

$$\text{Impedancia: } Z/\Theta = \frac{V_s / \Theta_1}{I / \Theta_2}$$

donde:

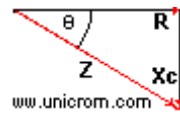
- Vs: s la magnitud de la tensión
- Θ_1 : es el ángulo de la tensión
- I: es la magnitud de la corriente
- Θ_2 : es el ángulo de la corriente

Cómo se aplica la fórmula?

Z se obtiene dividiendo directamente Vs e I y el ángulo (Θ) de Z se obtiene restando el ángulo de I del ángulo Vs.

El mismo triángulo de tensiones se puede utilizar si a cada valor (tensiones) del triángulo lo dividimos por el valor de la corriente (corriente es igual en todos los elementos en una conexión

serie), y así se obtiene el triángulo de impedancia



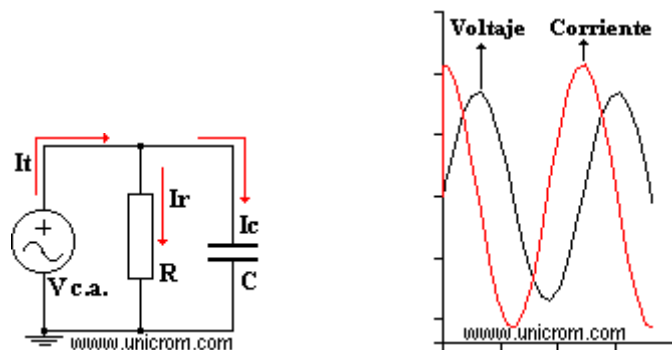
Nota: lo que está incluido en paréntesis elevado a la 1/2, equivale a la raíz cuadrada.

Circuito RC, Resistor - Capacitor paralelo

Circuito RC en paralelo

En un circuito RC en paralelo el valor de la tensión es el mismo tanto en el condensador como en la resistencia y la corriente que se entrega al circuito se divide entre los dos componentes.

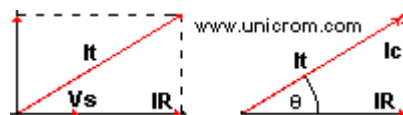
La corriente que pasa por la resistencia y la tensión que hay en ella están en fase (la resistencia no causa desfase) y la corriente en el capacitor está adelantada con respecto a la tensión (voltaje), que es igual que decir que el voltaje está retrasado con respecto a la corriente.



La corriente alterna total es igual a la suma de las corrientes por los dos elementos y se obtiene con ayuda de las siguientes fórmulas:

- Corriente alterna Total (magnitud) $I_t = (I_r^2 + I_c^2)^{1/2}$
- Angulo de desfase $\Theta = \text{Arctang} (-I_c / I_r)$

Ver el siguiente diagrama, diagrama fasorial y de corrientes:



La impedancia Z del circuito en paralelo se obtiene con la fórmula

$$Z / \Theta = \frac{V / \Theta_1}{I / \Theta_2}$$

Cómo se aplica la fórmula?

Z se obtiene dividiendo directamente V e I y el ángulo (Θ) de Z se obtiene restando el ángulo de I del ángulo V. Este ángulo es el mismo que aparece en el gráfico anterior y se obtiene con la formula: $\Theta = \text{Arctang} (-I_c / I_r)$

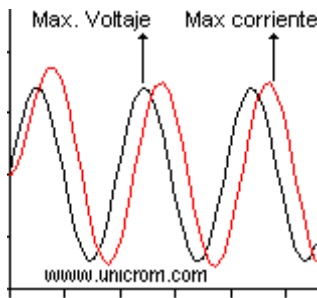
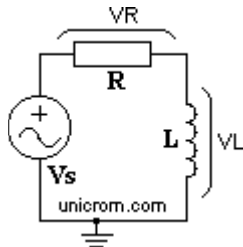
Nota: lo que está incluido en paréntesis elevado a la 1/2, equivale a la raíz cuadrada.

Circuito RL, resistencia - inductor serie en corriente alterna

Circuito RL en serie

En este circuito se tiene una resistencia y una bobina en serie. La corriente en ambos elementos es la misma.

El voltaje en la bobina está en fase con la corriente que pasa por ella. (tienen sus valores máximos simultáneamente), pero el voltaje en la bobina está adelantado a la corriente que pasa por ella en 90° (la tensión tiene su valor máximo antes que la corriente)

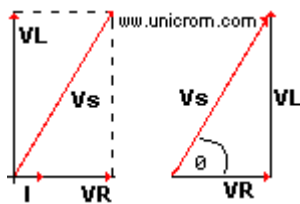


El valor de la fuente de voltaje que alimenta este circuito esta dado por las siguientes fórmulas:

- Voltaje (magnitud) $V_S = (V_R^2 + V_L^2)^{1/2}$
- Angulo $= \angle \Theta = \text{Arctang} (V_L / V_R)$.

Estos valores se expresan en forma de magnitud y ángulo.

Ver el diagrama fasorial y de tensiones



Ejemplo: $47 / 30^\circ$ que significa que tiene magnitud de 47 y ángulo de 30 grados

La impedancia **Z** sería la suma (no suma directa) de la resistencia y la reactancia inductiva. Y se puede calcular con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\text{Impedancia} = Z / \Theta = \frac{V_S / \Theta}{I / \Theta}$$

Para obtener la magnitud de **Z** se dividen los valores de V_S e I

Para obtener el Θ de **Z** se resta el ángulo de la corriente, del ángulo del voltaje

Nota: lo que está incluido en paréntesis elevado a la 1/2, equivale a la raíz cuadrada.

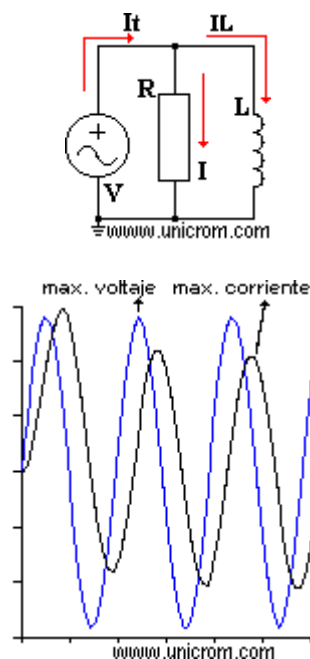
Circuito RL, resistencia - inductor paralelo en corriente alterna

Circuitos RL en paralelo

.En un circuito paralelo, el valor de voltaje es el mismo para la resistencia y para la bobina.

$$V_S = V_R = V_L$$

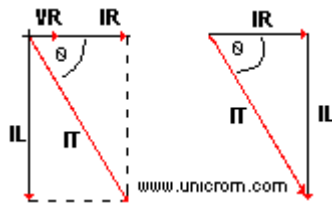
La corriente que pasa por la resistencia está en fase con el voltaje aplicado (el valor máximo de voltaje coincide sucede en le mismo momento que el valor máximo de corriente), en cambio en la bobina la corriente se atrasa 90° con respecto al voltaje. (el valor máximo de voltaje sucede antes que el valor



La corriente total que alimenta este circuito se puede obtener con ayuda de las siguientes fórmulas:

- Corriente (magnitud) $I_t = (I_R^2 + I_L^2)^{1/2}$
- Angulo $\Theta = \text{Arctang} (-I_L / I_R)$

Ver el diagrama fasorial y de corrientes



La impedancia (Z) se obtiene con ayuda de la siguiente fórmula

$$Z / \Theta = \frac{V_s / \Theta}{I_t / \Theta}$$

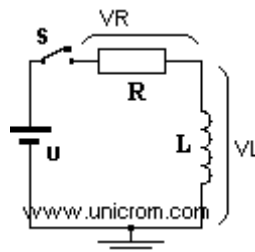
Cómo se logra lo anterior?

- Para obtener la magnitud de **Z** dividen las magnitudes de Vs e It para obtener la magnitud de la impedancia
- Para obtener el $\angle \Theta$ de **Z** se resta el ángulo de la corriente del de voltaje para obtener el ángulo de la impedancia.

Nota: lo que está incluido en paréntesis elevado a la 1/2, equivale a la raíz cuadrada.

Respuesta transitoria de un circuito RL, resistencia - bobina serie

El circuito RL está formado por una bobina / inductor y una resistencia.

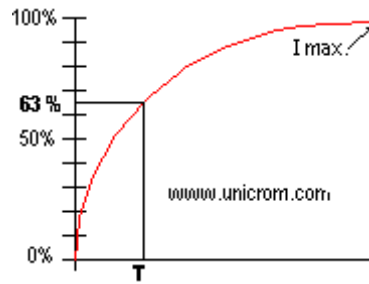


Cuando se cierra el interruptor S, los elementos R y L son recorridos por la misma corriente. Esta corriente, que es variable (se llama transitoria hasta llegar a su estado estable), crea un campo magnético. Este campo magnético genera una corriente cuyo sentido esta definido por la Ley de Lenz.

La ley de Lenz establece que:

"La corriente inducida por un campo magnético en un conductor tendrá un sentido que se opone a la corriente que originó el campo magnético"

Es debido a esta oposición, que la corriente no sigue inmediatamente a su valor máximo, sino que sigue la siguiente forma:



La duración de la carga está definida por la constante de tiempo T. La bobina alcanza su máxima corriente cuando t (tiempo) = $5 \times T$. En otras palabras, cuando han pasado el equivalente a 5 constantes de tiempo.

$$- T = L / R$$

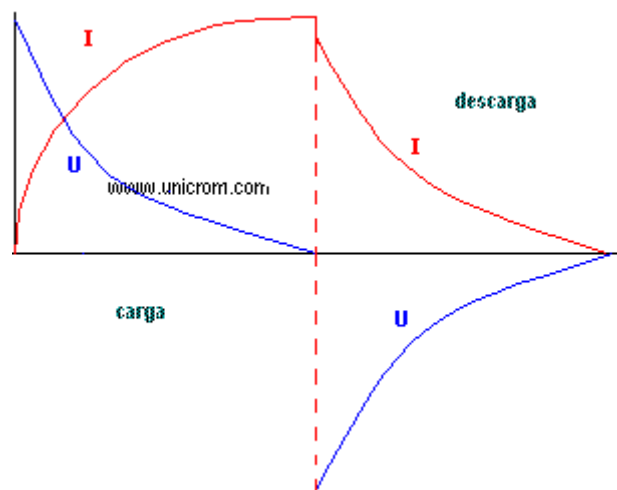
La ecuación de la línea de carga anterior tiene la siguiente fórmula:

$$- I_L(t) = IF \times (1 - e^{-t/T})$$

Donde:

- $I_L(t)$ = corriente instantánea en la bobina o inductor
- IF = corriente máxima
- e = base de logaritmos naturales (aproximadamente = 2.73)
- t = tiempo
- T = constante de tiempo (L / R)

Las forma de onda de la tensión y la corriente en el proceso de carga y descarga en un inductor se muestran en las siguientes figuras:



- $I_L(t)$ (descarga) = $I_0 \times e^{-t/T}$
- $V_L(t)$ (carga) = $V_0 \times e^{-t/T}$
- $V_L(t)$ (descarga) = $V_0 \times e^{-t/T}$

Donde:

- I_0 = corriente inicial de descarga
- V_0 = Tensión inicial de carga o descarga
- $I_L(t)$ = corriente instantánea en la bobina
- $V_L(t)$ = Tensión instantánea en la bobina

- e = base de logaritmos naturales (aproximadamente = 2.73)
- t = tiempo
- T = constante de tiempo (L / R)

Nota: bobina = inductor, resistencia = resistor

La constante de tiempo en un circuito RL y RC

La constante de tiempo es el tiempo necesario para que:

- Un capacitor (condensador) se cargue a un 63.2 % de la carga total (máximo voltaje) o
- Un inductor (bobina) este siendo atravesada por el 63.2 % de la corriente total (máxima corriente),

después de que una fuente de corriente directa se haya conectado a un circuito RC o RL.

Como se ve ni el condensador alcanza su máxima carga, ni la bobina alcanzan su máxima corriente en una constante de tiempo. Si transcurre una nueva constante de tiempo el condensador se habrá cargado ahora a un 86.5 % de la carga total y por la bobina circulará un 86.5 % de la corriente total. Esta situación es similar cuando el capacitor e inductor se descargan:

Cuando la fuente de voltaje se retira de un circuito RC o RL y ha transcurrido una constante de tiempo el voltaje en el capacitor ha pasado de un 100% hasta un 36.8 % (se ha perdido un 63.2% de su valor original). Igual sucede con el inductor y la corriente que pasa por él.

La siguiente tabla muestra los valores (en porcentaje) de estos dos casos.

No. de constantes de tiempo	% de carga o crecimiento	% de descarga o decrecimiento
1	63.2	36.8
2	86.5	13.5
3	95.0	5.0
4	98.2	1.8
5	99.3	0.7

La constante de tiempo se calcula de la siguiente manera:

- Para los capacitores: $T = R \times C$
- Para los inductores: $T = L / R$

donde:

- T: es la constante de tiempo en segundos
- R: es la resistencia en ohmios
- C: es la capacitancia en faradios
- L: es la inductancia en henrios

También se pueden utilizar las siguientes combinaciones:

T	R	C ó L
segundos	Megaohmios	Microfaradios
segundos	Megaohmios	Microhenrios
microsegundos	Ohmios	Microfaradios

microsegundos	Megaohmios	Picofaradios
microsegundos	Ohmios	Microhenrios

Resonancia en un circuito RLC serie

Cuando se conecta un circuito RLC (resistencia, bobina y condensador) en serie, alimentado por una señal alterna (fuente de tensión alterna), hay un efecto de ésta en cada uno de los componentes. En el condensador aparecerá una reactancia capacitiva, y en la bobina una reactancia inductiva, dadas por las siguientes fórmulas:

- $X_L = 2 \times \pi \times f \times L$
- $X_C = 1 / (2 \times \pi \times f \times C)$

Donde:

- $\pi = 3.14159$
- f = frecuencia en Hertz
- L = Valor de la bobina en henrios
- C = Valor del condensador en faradios



Circuito RLC serie alimentado por una fuente A.C.

Como se puede ver los valores de estas reactancias depende de la frecuencia de la fuente. A mayor frecuencia X_L es mayor, pero X_C es menor y viceversa. Hay una frecuencia para la cual el valor de la X_C y X_L son iguales. Esta frecuencia se llama Frecuencia de resonancia y se obtiene de la siguiente fórmula:

$$FR = 1 / (2 \times \pi \times (L \times C)^{1/2})$$

En resonancia como los valores de X_C y X_L son iguales, se cancelan y en un circuito RLC en serie la impedancia que ve la fuente es el valor de la resistencia.

A frecuencias menores a la de resonancia, el valor de la reactancia capacitiva es grande y la impedancia es capacitiva

A frecuencias superiores a la de resonancia, el valor de la reactancia inductiva crece y la impedancia es inductiva.

Nota: es importante visualizar que los efectos de la reactancia capacitiva y la inductiva son opuestos, es por eso que se cancelan y causan la oscilación (resonancia)

El ancho de banda (BW)

Los circuitos resonantes son utilizados para seleccionar bandas de frecuencias y para rechazar otras.

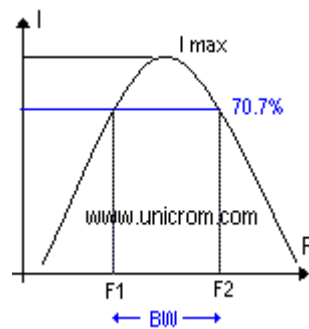
Cuando se está en la frecuencia de resonancia la corriente por el circuito es máxima. En la figura: A una corriente menor (70.7% de la máxima), la frecuencia F_1 se llama frecuencia baja de corte o frecuencia baja de potencia media. La frecuencia alta de corte o alta de potencia

media es F_2 . El ancho de banda de este circuito está entre estas dos frecuencias y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Ancho Banda} = BW = F_2 - F_1$$

El factor de calidad (Q) o factor Q es: $Q = X_L / R$ o X_C / R

También la relacionándolo con el Ancho Banda: $Q = \text{frecuencia de resonancia} / \text{Ancho de banda} = F_R / BW$



Ejemplos:

Si $F_1 = 50 \text{ KHz}$, $F_2 = 80 \text{ KHz}$, $F_R = 65 \text{ KHz}$, el factor de calidad es: $Q = F_R / BW = 65 / (80-50) = 2.17$

Si $F_1 = 60 \text{ KHz}$ y $F_2 = 70 \text{ KHz}$, $F_R = 65 \text{ KHz}$, el factor de calidad es: $Q = F_R / BW = 65 / (70-60) = 6.5$

Se puede observar que el factor de calidad es mejor a menor ancho de banda. (el circuito es más selectivo)

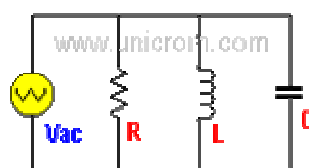
Resonancia en un circuito RLC paralelo

Cuando se conecta un circuito RLC (resistencia, bobina y condensador) en paralelo, alimentado por una señal alterna (fuente de tensión alterna), hay un efecto de ésta en cada uno de los componentes. En el condensador o capacitor aparecerá una reactancia capacitiva, y en la bobina o inductor una reactancia inductiva, dadas por las siguientes fórmulas:

- $X_L = 2 \times \pi \times f \times L$
- $X_C = 1 / (2 \times \pi \times f \times C)$

Donde:

- $\pi = 3.14159$
- f = frecuencia en Hertz
- L = Valor de la bobina o en henrios
- C = Valor del condensador en faradios



Circuito RLC paralelo por una fuente A.C.

Como se puede ver los valores de estas reactancias depende de la frecuencia de la fuente. A mayor frecuencia X_L es mayor, pero X_C es menor y viceversa. Hay una frecuencia para la cual el valor de la X_C y X_L son iguales. Esta frecuencia se llama: Frecuencia de resonancia y se obtiene de la siguiente fórmula:

$$FR = 1 / (2 \times \pi \times (L \times C)^{1/2})$$

En resonancia como los valores de X_C y X_L son iguales, se cancelan y en un circuito RLC en paralelo la impedancia que ve la fuente es el valor de la resistencia.

A frecuencias menores a la de resonancia, el valor de la reactancia capacitiva es alta y la inductiva es baja.

A frecuencias superiores a la de resonancia, el valor de la reactancia inductiva es alta y la capacitiva baja.

Como todos los elementos de una conexión en paralelo tienen el mismo voltaje, se puede encontrar la corriente en cada elemento con ayuda de la Ley de Ohm. Así:

- $I_R = V / R$
- $I_L = V / X_L$
- $I_C = V / X_C$

La corriente en la resistencia está en fase con la tensión, la corriente en la bobina esta atrasada 90° con respecto al voltaje y la corriente en el condensador está adelantada en 90° .

Nota: Es importante visualizar que los efectos de la reactancia capacitiva y la inductiva son opuestos, es por eso que se cancelan y causan la oscilación (resonancia)

El ancho de banda (BW)

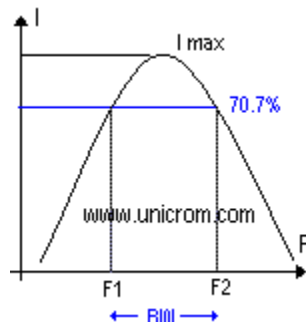
Los circuitos resonantes son utilizados para seleccionar bandas de frecuencias y para rechazar otras.

Cuando se está en la frecuencia de resonancia la corriente por el circuito es máxima. En la figura: A una corriente menor (70.7% de la máxima), la frecuencia F_1 se llama frecuencia baja de corte o frecuencia baja de potencia media. La frecuencia alta de corte o alta de potencia media es F_2 . El ancho de banda de este circuito está entre estas dos frecuencias y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Ancho Banda} = BW = F_2 - F_1$$

El factor de calidad (Q) o factor Q en un circuito RLC paralelo es: $Q = R_P / X_C$ o R_P / X_L

También la relacionándolo con el Ancho Banda: $Q = \text{frecuencia de resonancia} / \text{Ancho de banda} = FR / BW$



Ejemplos:

Si $F1 = 50 \text{ KHz}$, $F2 = 80 \text{ KHz}$, $FR = 65 \text{ KHz}$, El factor de calidad es: $Q = FR / BW = 65 / (80-50) = 2.17$

Si $F1 = 60 \text{ KHz}$ y $F2 = 70 \text{ KHz}$, $FR = 65 \text{ KHz}$, El factor de calidad es: $Q = FR / BW = 65 / (70-60) = 6.5$

Se puede observar que el factor de calidad es mejor a menor ancho de banda.(el circuito es mas selectivo)

El Teorema de Thevenin, circuito equivalente

Este teorema sirve para convertir un circuito complejo, que tenga dos terminales (gráficos # 1 y # 2), en uno muy sencillo que contiene sólo una fuente de tensión o voltaje (V_{Th}) en serie con una resistencia (R_{Th}).

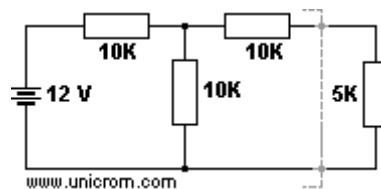


Gráfico # 1

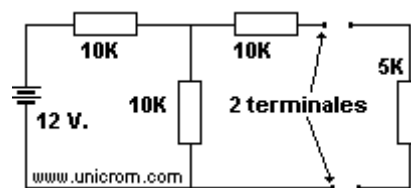


Gráfico # 2

El circuito equivalente tendrá una fuente y una resistencia en serie como ya se había dicho (gráfico # 5). A este voltaje se le llama V_{Th} y a la resistencia se la llama R_{Th} .

Para obtener V_{Th} (Voltaje de Thevenin), se mide el voltaje en los dos terminales antes mencionados (gráfico # 3) y ese voltaje será el voltaje de Thevenin

Para obtener R_{Th} (Resistencia de Thevenin), se reemplazan todas las fuentes de voltaje por corto circuitos y se mide la resistencia que hay desde los dos terminales antes mencionados. (ver gráfico # 4)

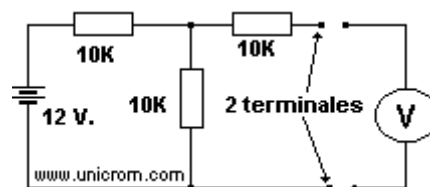


Gráfico # 3

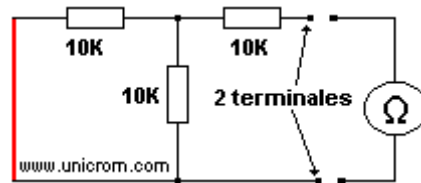


Gráfico # 4

Con los datos encontrados se crea un nuevo circuito muy fácil de entender, al cual se le llama Equivalente de Thevenin. Con este último circuito es muy fácil obtener la tensión, corriente y potencia hay en la resistencia de 5 K (gráfico # 5)

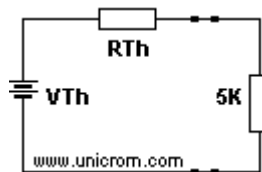


Gráfico # 5

En este caso el $V_{Th} = 6V$ y $R_{Th} = 15 K$

Así, en la resistencia de 5K:

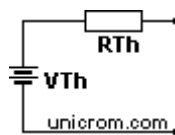
- I (corriente) = $V / R = 6 V / 20K = 0.3 \text{ mA}$ (miliamperios)
- V (voltaje) = $I \times R = 0.3 \text{ mA} \times 5K = 1.5V$. (voltios)
- P (potencia) = $P \times I = 0.675 \text{ mW}$ (milliwatts)

El Teorema de Norton, relación con el teorema de Thevenin

El teorema de Norton es muy similar al teorema de Thevenin.

En el caso del teorema de thevenin se puede ver que el circuito equivalente es:

- Una fuente de tensión (Tensión de thevenin: V_{th}) en serie con...
- Una resistencia (resistencia de thevenin: R_{th})

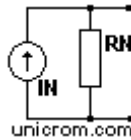


El teorema de Norton dice que el circuito equivalente es una combinación de:

- **una fuente de corriente** en paralelo con ...
- **una resistencia**

Para obtener los valores de la fuente de corriente y de la resistencia, cuando se tienen los datos del equivalente de thevenin, se utilizan las siguientes fórmulas.

- Fuente de corriente: $I_N = V_{th} / R_{th}$
- Resistencia: $R_N = R_{th}$



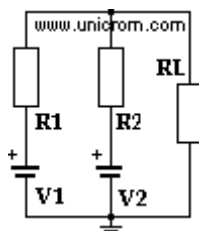
NOTA: Es posible obtener los datos del equivalente de Thevenin cuando se tiene los datos del equivalente de Norton, utilizando las siguientes fórmulas.

- Fuente de tensión: $V_{th} = I_N \cdot R_N$
- Resistencia: $R_{th} = R_N$

El teorema de Millman

En muchos casos, se dispone de más de una fuente de tensión para suministrar energía. (banco de baterías para alimentación de emergencia, una serie de generadores de electricidad en paralelo).

Cada una de estas fuentes de tensión tiene una resistencia interna diferente (resistencia propia de cada fuente). Todo esto, alimentando una carga (R_L). *Ver diagrama*



Circuito Original

El teorema de Millman nos muestra un método sencillo para obtener un circuito equivalente.

1- Se obtiene R_M , que es el valor de la resistencia equivalente en paralelo de todas las resistencias que van en serie con las fuentes.

$$1/R_M = 1/R_{Eq} = 1/R_1 + 1/R_2$$

Ejemplo: Si son 2 fuentes, las 2 resistencias que están en serie con ellas (R_1 y R_2) se toman para obtener su paralelo. Si fueran 3 o mas fuentes el proceso sería el mismo.

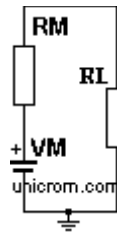
2. Se obtiene V_M con ayuda de la siguiente fórmula

$$V_M = (V_1/R_1 + V_2/R_2) / (1/R_1 + 1/R_2)$$

Si fueran 3 o mas fuentes y resistencia el proceso sería igual.

Al final se obtiene un circuito que consiste de una fuente en serie con una resistencia que se conecta a la carga. En nuestro caso: R_L .

La fuente tiene el valor de V_M y la Resistencia el valor de R_M . *Ver diagrama*



Circuito equivalente de Millman

Teorema de superposición

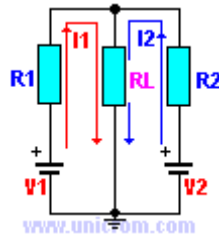
Este teorema nos ayuda a encontrar:

- Valores de voltaje, en una posición de un circuito, que tiene mas de una fuente de tensión.
- Valores de corriente, en un circuito con más de una fuente de tensión

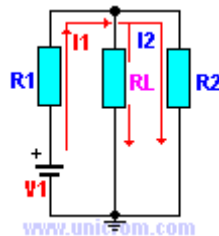
Este teorema establece que el efecto dos o más fuentes tienen sobre una resistencia es igual, a la suma de cada uno de los efectos de cada fuente tomados por separado, sustituyendo todas las fuentes de tensión restantes por un corto circuito.

Ejemplo: Se desea saber cual es la corriente que circula por la resistencia R_L (resistencia de carga).

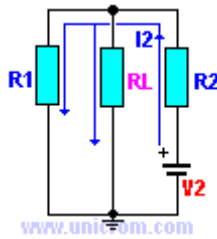
$R_1 = 2$ kilohmios
 $R_2 = 1$ kilohmio
 $R_L = 1$ kilohmio
 $V_1 = 10$ voltios
 $V_2 = 20$ voltios



Circuito original



Corriente por R_L sólo por la fuente V_1



Corriente por RL sólo por la fuente V2

Como hay dos fuentes de voltaje, se utiliza una a la vez mientras se cortocircuita la otra. De cada caso se obtiene la corriente que circula por la resistencia RL y después estos dos resultados se suman para obtener la corriente total en esta resistencia

Primero se analiza el caso en que sólo está conectada la fuente V1.

Se obtiene la corriente total que entrega esta fuente obteniendo la resistencia equivalente de las dos resistencias en paralelo R1 y RL

$R_{eq} = R_L // R_2 = 0.5 \text{ kilohmios (kilohms)}$ (//: significa paralelo)

A este resultado se le suma la resistencia R1 (R1 está en serie con Req.)

Resistencia total = $R_T = R_1 + R_{eq} = 0.5 + 2 = 2.5 \text{ kilohmios}$

De esta manera se habrá obtenido la resistencia total equivalente en serie con la fuente.

Para obtener la corriente total se utiliza la Ley de Ohm $I = V / R$

$I_{\text{total}} = 10 \text{ Voltios} / 2.5 \text{ kilohmios} = 4 \text{ miliamperios (mA.)}$

Por el teorema de división de corriente se obtiene la corriente que circula por RL

$$I_{RL} = [I \times R_L // R_2] / R_L$$

donde $R_L // R_2$ significa el paralelo de RL y R2 (se obtuvo antes $R_{eq} = 0.5 \text{ kilohmios}$)

Reemplazando: $I_{RL} = [4 \text{ mA} \times 0.5 \text{ kilohmios}] / 1 \text{ kilohmio} = 2 \text{ mA. (miliamperios)}$

El caso de la fuente V2 se desarrolla de la misma manera, sólo que se deberá corto circuitar la fuente V1. En este caso la corriente debido sólo a V2 es: 8 mA. (miliamperios)

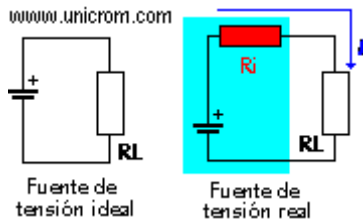
Sumando las dos corriente se encontrará la corriente que circula por la resistencia RL del circuito original

Corriente total = $I_T = 2 \text{ mA.} + 8 \text{ mA.} = 10 \text{ mA. (miliamperios)}$.

Si se tiene la corriente total en esta resistencia, también se puede obtener su voltaje con solo utilizar la ley de Ohm: $V_L = I_T \times R_L$

Teorema de máxima transferencia de energía

Las fuentes de tensión reales tienen el siguiente circuito equivalente:



donde $V = I \times R_i + V_L$

Si el valor de R_i es alto en la carga aparecerá solamente una pequeña parte del voltaje debido a la caída que hay en la resistencia interna de la fuente. Si la caída en la resistencia interna es pequeña (el caso de las fuentes de tensión nuevas con R_i pequeña) casi todo el voltaje aparece en la carga.

Cual es la potencia que se entrega a la carga?

Si en el circuito anterior $R_i = 8 \text{ Ohmios}$, $R_L = 8 \text{ Ohmios}$ y $V = 24 \text{ Voltios}$

$$I = V / R_i + R_L = 24 / 16 = 1.5 \text{ amperios.}$$

Esto significa que la tensión en R_L es: $V_{R_L} = I \times R = 1.5 \times 8 = 12 \text{ Voltios.}$

Este dato nos dice que cuando la resistencia interna y R_L son iguales solo la mitad de la tensión original aparece en la carga (R_L).

La potencia en R_L será: $P = I^2 \times R_L = 1.5^2 \times 8 = 18 \text{ Watts (vatios)}$, lo que significa que en la resistencia interna se pierde la misma potencia.

Si ahora se aumenta y disminuye el valor de la resistencia de carga y se realizan los mismos cálculos anteriores para averiguar la potencia entregada a la carga se puede ver que esta siempre es menor a los 18 Watts que se obtienen cuando $R_L = R_i$ (recordar que R_i siempre es igual a 8 ohmios).

- Si $R_L = 4 \text{ ohmios}$

$$I = V / R_i + R_L = 24 / 12 = 2 \text{ amperios}$$

$$P = I^2 \times R_L = 2^2 \times 4 = 16 \text{ Watts}$$

- Si $R_L = 12 \text{ ohmios}$

$$I = V / R_i + R_L = 24 / 20 = 1.2 \text{ amperios}$$

$$P = I^2 \times R_L = 1.2^2 \times 12 = 17.28 \text{ Watts}$$

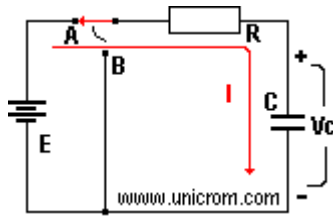
Así se puede ver que el teorema de máxima entrega de potencia es:

"La potencia máxima será desarrollada en la carga cuando la resistencia de carga R_L sea igual a la resistencia interna de la fuente R_i "

Nota: Cuando es importante obtener la máxima transferencia de potencia, la resistencia de carga debe adaptarse a la resistencia interna de la fuente.

Proceso de carga de un capacitor / condensador – transtorio

Un capacitor es un dispositivo que al aplicársele una fuente de corriente continua se comporta de una manera especial. Ver la figura.



Cuando el interruptor se cierra (Ver: **A**), la corriente **I** aumenta bruscamente (como un cortocircuito) y tiene el valor de $I = E / R$ amperios (como si el capacitor / condensador no existiera momentáneamente en este circuito serie RC), y poco a poco esta corriente va disminuyendo hasta tener un valor de cero (ver el diagrama inferior).

El voltaje en el condensador no varía instantáneamente y sube desde 0 voltios hasta E voltios (E es el valor de la fuente de corriente directa conectado en serie con R y C, ver diagrama).

El tiempo que se tarda el voltaje en el condensador (V_c) en pasar de 0 voltios hasta el 63.2 % del voltaje de la fuente está dado por la fórmula

$$T = R \times C$$

donde R está en Ohmios y C en milifaradios y el resultado estará en milisegundos.

Después de $5 \times T$ (5 veces T) el voltaje ha subido hasta un 99.3 % de su valor final

Al valor de T se le llama: “Constante de tiempo”

Al analizar los dos gráficos se puede ver que están divididos en una parte transitoria y una parte estable. Los valores de I_c y V_c varían sus valores en la parte transitoria (aproximadamente 5 veces la constante de tiempo T), pero no así en la parte estable.

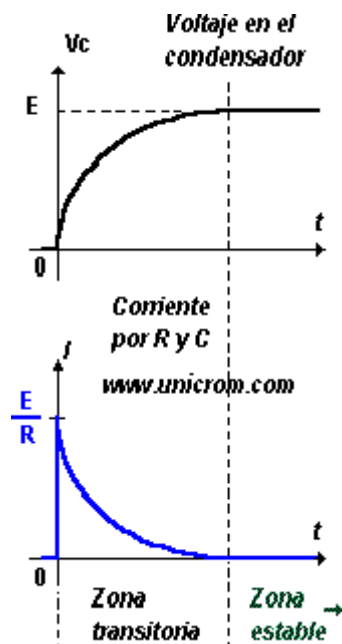
Los valores de V_c e I_c en cualquier momento, se pueden obtener con las siguientes fórmulas:

- $V_c = E + (V_o - E) \times e^{-T/t}$, donde V_o es el voltaje inicial del condensador (en muchos casos es 0 Voltios)

- $I_c = (E - V_o) \times e^{-T/t} / R$

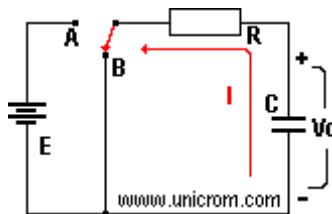
V_o es el voltaje inicial del condensador (en muchos casos es 0 Voltios)

- $V_R = E \times e^{-T/t}$ Donde : $T = R \times C$



Proceso de descarga de un capacitor

Un condensador no se descarga de inmediato al quitársele una fuente de alimentación de corriente directa



Cuando el interruptor pasa de A a B.

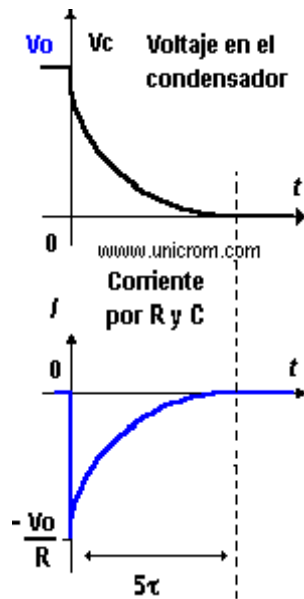
Entonces el voltaje en el condensador V_c empezará a descender desde V_o (voltaje inicial en el condensador). La corriente tendrá un valor inicial de V_o / R y disminuirá hasta llegar a 0 (cero voltios).

Los valores de V_c e I en cualquier momento se pueden obtener con las siguientes fórmulas:

$$V_c = V_o \times e^{-t/T} \quad I = -(V_o / R) e^{-t/T}$$

Donde: $T = RC$ es la constante de tiempo

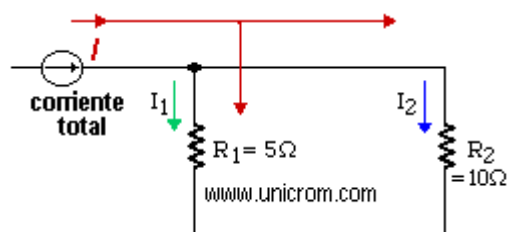
Nota: Si el condensador había sido previamente cargado hasta un valor E , hay que reemplazar V_o en las fórmulas con E



División de corriente en resistencias en paralelo

Cuando una corriente se desplaza por una circuito de resistencias en paralelo, la corriente total se divide pasando una parte por una resistencia y la otra parte por la otra. Para poder saber cual es la cantidad de corriente que pasa por cada una de ellas, se puede utilizar la siguiente fórmula

$$I_R = C_I / C_R \times I_T$$



Donde:

I_R = Corriente en la resistencia de interés

C_I = Conductancia por donde circula la corriente I_R

C_R = Conductancia equivalente

I_T = corriente total

y la conductancia = $1 / R$

Otra forma de medir la corriente, un poco mas larga, pero mas fácil de entender es:

- Obtener la resistencia equivalente de las resistencias en paralelo
- Con la resistencia equivalente y la corriente Total (conocida), se obtiene el voltaje en los terminales de esa resistencia equivalente (fórmula de Ley de Ohm)
- Utilizando otra vez la Ley de Ohm, pero esta vez en cada resistencia obtenemos la corriente en cada una de ellas.

En este método no tenemos que aplicar el concepto de conductancia que es poco utilizado

Ejemplo:

Si I (corriente total = 6 amperios y esta corriente pasa por dos resistencias en paralelo de $R_1 = 5 \text{ W}$ y $R_2 = 10 \text{ W}$. Cual será la corriente en cada una de las resistencias?

Obtenemos el circuito equivalente de las resistencias en paralelo

$$R_{eq} = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2) = 5 \times 10 / 15 = 3.33 \text{ W}$$

Con la ley de Ohm se obtiene el voltaje aplicado a ellas.

$$V = I \times R_{eq} = 6 \text{ amperios} \times 3.33 \text{ W} = 19.98 \text{ Voltios (20 Voltios)}$$

Este voltaje es el que tiene cada una de las resistencias (están en paralelo).

Nuevamente con la ayuda de la ley de Ohm, obtengo la corriente en cada resistencia.

$$I_{R1} = V / R_1 = 20 / 5 = 4 \text{ Amperios}$$

$$I_{R2} = V / R_2 = 20 / 10 = 2 \text{ Amperios}$$

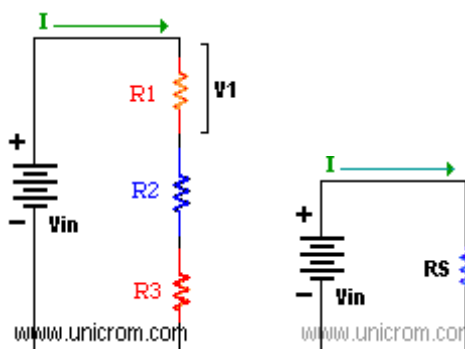
Para comprobarlo, simplemente sumamos las corrientes de cada resistencia y debe de dar la corriente total.

$$I_{R1} + I_{R2} = 4 \text{ Amperios.} + 2 \text{ Amperios.} = 6 \text{ Amperios.} = \text{Corriente total}$$

División de Tensión en resistencias en serie

El valor de tensión que a veces se necesita utilizar, no necesariamente es el valor que suministra la fuente de tensión que tenemos. (especialmente si la fuente no es variable). Esta fuente puede tener salidas fijas de: 5, 9, 12, 15 voltios, y a veces se necesita tener un valor diferente para operar un circuito.

La tensión que se necesita se puede obtener a partir de un circuito serie mediante el uso del "divisor de tensión". Ver el siguiente gráfico.



Circuito original y circuito equivalente

A partir de los principios del circuito en serie, se sabe que la corriente tiene el mismo valor a través de ambos circuitos, y que está dado por la ley de Ohm como:

- $I = V_{in} / R_s$ o
- $I = V_1 / R_1$ o
- $I = V_2 / R_2$ o
- $I = V_3 / R_3$.

Como $I = I$, se pueden igualar las ecuaciones, entonces:

$$- V_{in} / R_s = V_1 / R_1.$$

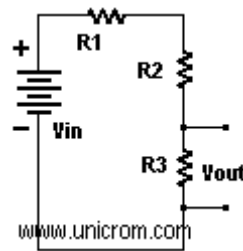
Suponiendo que el voltaje que se desea conocer es V_1 , se despeja este valor.

$$- V_1 = V_{in} \times R_1 / R_s$$

Las tensiones V_2 y V_3 se obtienen de igual manera, pero con el valor correspondiente de resistencia. (para V_2 se cambia R_1 por R_2 , para V_3 se cambia R_1 por R_3)

Generalizando en palabras:

$$V_{out} = (\text{Resistencia a través de la salida} / \text{resistencia total del circuito}) \times V_{in}$$



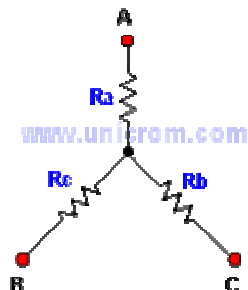
Con $R_1 = 1K$, $R_2 = 2K$ y $R_3 = 3K$:

$$\begin{aligned} - V_{out} &= V_{in} \times R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) \\ - V_{out} &= 12 \text{ V} \times 3K / (1K + 2K + 3K) \\ - V_{out} &= 12 \text{ V} \times 3K / 6K = 12 \text{ V} / 2K = 6 \text{ V} \end{aligned}$$

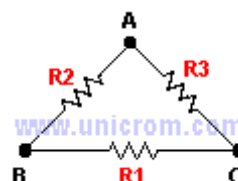
Conversiones Estrella - Delta y Delta – Estrella

Con el propósito de poder simplificar el análisis de un circuito a veces es conveniente poder mostrar todo o una parte de un circuito de una manera diferente, pero sin que el funcionamiento general de éste cambie.

Algunos circuitos tienen un grupo de resistencia que están ordenadas formando como un triángulo y otros como una estrella. Hay una manera sencilla de convertir estas resistencias de un formato al otro y viceversa. No es sólo asunto de cambiar la posición de las resistencias si no de obtener los nuevos valores que estas tendrán.



Configuración Estrella



Configuración Delta

La fórmulas a utilizar son las siguientes:

Para pasar de la configuración delta a la estrella

- $R_a = (R_2 \times R_3) / (R_1 + R_2 + R_3)$
- $R_b = (R_1 \times R_3) / (R_1 + R_2 + R_3)$
- $R_c = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2 + R_3)$

Ver que para este caso el denominador es el mismo para todas las ecuaciones

Para pasar de la configuración estrella a delta

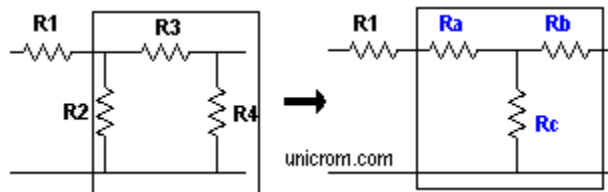
- $R_1 = (R_a \times R_b) + (R_b \times R_c) + (R_a \times R_c) / R_a$
- $R_2 = (R_a \times R_b) + (R_b \times R_c) + (R_a \times R_c) / R_b$
- $R_3 = (R_a \times R_b) + (R_b \times R_c) + (R_a \times R_c) / R_c$

Ver que para este caso el numerador es el mismo para todas las ecuaciones

Ejemplo:

En el gráfico que se muestra se puede ver al lado izquierdo, dentro del recuadro una conexión tipo Delta, en serie con una resistencia R1.

Si se realiza la transformación de las resistencias que están en Delta a Estrella se obtiene lo que está al lado derecho del gráfico (ver el recuadro).



Ahora se tiene a la resistencia R1 en serie con la resistencia Ra, pudiendo estas sumarse y conseguir una nueva resistencia Ra.

Esta nueva conexión en Estrella puede quedarse así o convertirse otra vez a una conexión Delta

Nota:

Conexión Estrella = Conexión "Y"

Conexión Delta = Conexión Triángulo

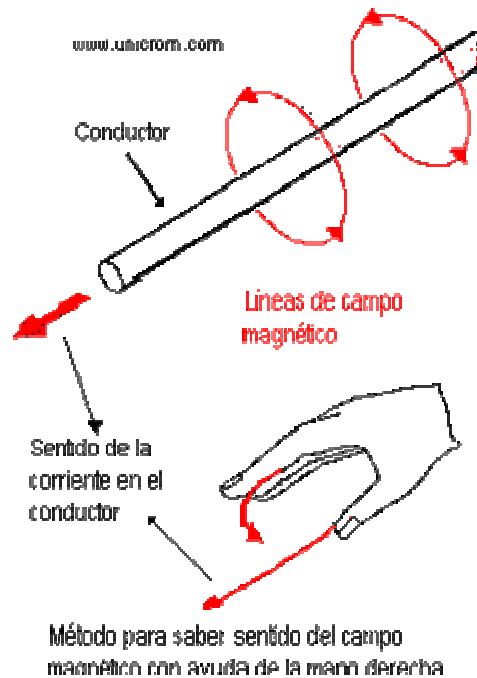
Electromagnetismo

El electromagnetismo es un campo muy amplio, por lo tanto describirlo en pocas palabras es imposible. Así que se empezará por las corrientes y sus efectos en un cable conductor

Cuando una corriente (sea alterna o continua) viaja por un conductor (cable), genera a su alrededor un efecto no visible llamado campo electromagnético.

Este campo forma unos círculos alrededor del cable como se muestra en la figura. Hay círculos cerca y lejos al cable en forma simultánea.

El campo magnético es mas intenso cuanto mas cerca está del cable y esta intensidad disminuye conforme se aleja de él hasta que su efecto es nulo. Se puede encontrar el sentido que tiene el flujo magnético si se conoce la dirección que tiene la corriente en el cable y con la ayuda de La ley de la mano derecha. (ver gráfico).



Método para obtener el sentido del campo magnético con la ayuda de la mano derecha

Este efecto es muy fácil visualizar en corriente continua

La fórmula para obtener el campo magnético en un conductor largo es :

$$B = m I / (2 \pi d)$$

Donde:

- B: campo magnético
- m: es la permeabilidad del aire
- I: corriente que circula por el cable
- p: $\pi = 3.1416$
- d: distancia desde el cable

Si hubieran N cables juntos el campo magnético resultante sería:

$$B = N m I / (2 \pi d)$$

Donde N: número de cables.

El campo magnético en el centro de una bobina de N espiras circulares es: $B = N m I / (2 R)$

Donde: R es el radio de la espira

Nota: es importante mencionar que:

- Una corriente en un conductor genera un campo magnético y que
- Un campo magnético genera una corriente en un conductor.

Sin embargo, las aplicaciones mas conocidas utilizan corriente alterna.

Por ejemplo:

- Las bobinas: Donde la energía se almacena como campo magnético.
- Los transformadores: Donde la corriente alterna genera un campo magnético alterno en el

bobinado primario, que induce en el bobinado secundario otro campo magnético que a su vez causa una corriente, que es la corriente alterna de salida del transformador.

El campo magnético, materiales ferromagnéticos

El campo magnético y las líneas de campo magnético.

La fuerza magnética y el campo magnético es consecuencia de la existencia de los polos magnéticos (polos Norte y Sur). Las líneas de campo magnético permiten estimar en forma aproximada el campo magnético existente en un punto dado, tomando en cuenta las siguientes características:

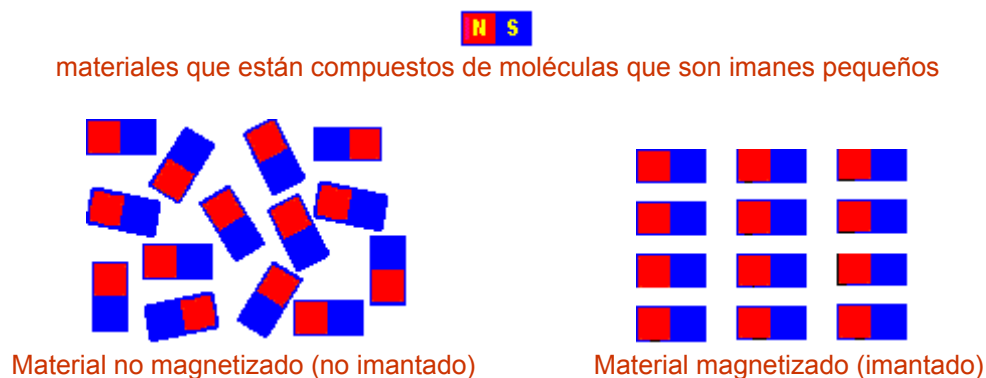
- Las líneas de campo magnéticos son siempre lazos cerrados que van de norte a sur por fuera del imán y de sur a norte por dentro del imán
- Los lazos magnéticos nunca se entrecruzan
- Las líneas magnéticas de imanes diferentes se atraen y se repelen entre si: Las líneas del mismo sentido se atraen y las de sentido opuesto se repelen

Materiales ferromagnéticos

La mayoría de los materiales no responden a un campo magnético, sin embargo hay algunos materiales, llamados ferromagnéticos, que son sensibles y responden.

Estos materiales consisten de moléculas que son como imanes pequeños, tienen polos norte y sur e inducen un campo magnético. Originalmente estas moléculas tienen una orientación aleatoria. Esto causa que sus campos se cancelen entre si y parecen no tener propiedades magnéticas.

Cuando se aplica una fuerza magnética exterior las moléculas se alinean en el sentido de la fuerza exterior. Así los campos magnéticos se unen (suman) y estos materiales se comportan como imanes (están imantados)



Algunos de estos materiales se mantienen imantados por poco, mucho tiempo o permanentemente. Esta capacidad de mantenerse imantado, se llama retentividad. Un imán permanente está hecho de un material con alta retentividad.

Otra característica de un imán permanente es su capacidad de mantener su imantación en presencia de un campo magnético exterior .

Lo opuesto a la imantación se llama *resistencia magnética*. Lo opuesto a la resistencia magnética se llama *permeabilidad* (facilidad con que un material es imantado) .

La dependencia del campo magnético (B) de la estructura molecular del material en que reside, lleva a definir la *intensidad de campo magnético* (H) producida por un campo exterior, como si fuera aplicada en el vacío. La relación entre B y H está dada por la permeabilidad del material al cual se aplica el campo magnético:

$$B = \mu H$$

Par la mayoría de los materiales μ es constante, pero esta característica no es cierta para los materiales ferromagnéticos.

La Impedancia (resistencia + reactancia)

La resistencia es el valor de oposición al paso de la corriente (sea directa o alterna) que tiene el resistor o resistencia

La reactancia es el valor de la oposición al paso de la corriente (solo corriente alterna) que tienen los condensadores (capacitores) y las bobinas (inductores). En este caso existe la reactancia capacitiva debido a los condensadores y la reactancia inductiva debido a las bobinas.

Cuando en un mismo circuito se tienen estos elementos combinados (resistencias, condensadores y bobinas) y por ellas circula corriente alterna, la oposición de este conjunto de elementos al paso de la corriente alterna se llama: impedancia.

La impedancia tiene unidades de Ohmios (Ohms). Y es la suma de una componente resistiva (debido a las resistencias) y una componente reactiva (debido a las bobinas y los condensadores).

$$Z = R + j X$$

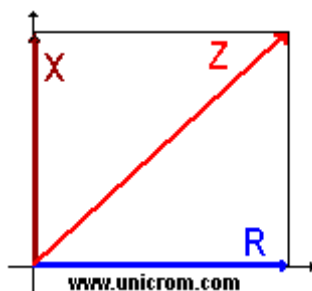
La jota (j) que precede a la X, nos indica que ésta (la X) es un número imaginario. No es una suma directa, es una suma fasorial (suma de fasores)

Lo que sucede es que estos elementos (la bobina y el condensador) causan una oposición al paso de la corriente alterna (además de un desfase), pero idealmente no causa ninguna disipación de potencia, como si lo hace la resistencia (La Ley de Joule).

En La bobina y las corrientes y el condensador y las corrientes se vio que hay un desfase entre las corrientes y los voltajes, que en el primer caso es atrasada y en el segundo caso es adelantada.

El desfase que ofrece un bobina y un condensador son opuestos, y si estos llegaran a ser de la misma magnitud, se cancelarían y la impedancia total del circuito sería igual al valor de la resistencia. (ver la fórmula anterior)

La fórmula anterior se grafica:



Se puede ver que las reactancias se grafican en el eje Y (el eje imaginario) pudiendo dirigirse para arriba o para abajo, dependiendo de si es mas alta la influencia de la bobina o el condensador y las resistencias en el eje X. (solo en la parte positiva del eje X). El valor de la impedancia (la línea diagonal) será:

$$Z = (R^2 + X^2)^{1/2}$$

Z (impedancia) = raíz cuadrada de: (la suma de: (la resistencia al cuadrado y la reactancia al cuadrado))

Nota: lo que hay en el paréntesis elevado a la 1/2 es equivalente a la raíz cuadrada

Adaptación de impedancias para máxima transferencia de potencia

Antes de ver este tutorial se recomienda primero leer los tutoriales [Impedancia](#) y [Teorema Máxima transferencia de potencia](#). Si ya lo hizo o considera que no es necesario, prosiga.

En muchas ocasiones es necesario hacer una conexión entre dos equipos o un equipo y una carga con el propósito de pasar información de uno a otro.

Hay dos opciones de acoplamiento

- Para máxima transferencia de potencia o ..
- Para una tensión máxima en la señal a transmitir

Acoplamiento de impedancia para máxima transferencia de potencia

Acoplar impedancia significa lograr que la impedancia de salida de la fuente y la impedancia de entrada de la carga sean "iguales"

Se tiene que acoplar la impedancia de salida de una fuente de señal con la impedancia de entrada de la carga de manera que exista una máxima transferencia de potencia y se minimice las reflexiones causadas por la carga.

Nota: cuando hay reflexiones, parte de la potencia de la señal que se desea transmitir, se regresa a la fuente. Estas reflexiones, si son muy grandes, podrían dañar la fuente de señal.

En una acoplamiento para la transmisión de señales de una gran ancho de banda y para evitar las reflexiones de la carga, Esta, (la carga) debe ser totalmente resistiva, y se debe acoplar perfectamente a la impedancia de la fuente (también totalmente resistiva).

Si se utiliza una línea de transmisión entre la fuente y la carga, entonces

$$Z_{\text{carga}} = Z_{\text{línea}} = Z_{\text{fuente}}$$

Donde:

- Z = impedancia
- $Z_{\text{línea}}$ = impedancia característica de la línea de transmisión

Aunque, como ya se dijo antes, tanto la impedancia de la fuente como de la carga deben ser totalmente resistivas, siempre se mantiene el nombre de acople de impedancias para referirse a esta operación. La aparición de una reactancia, sea en la fuente o en la carga causará que el acople no se logre.

Acople de impedancias reactivas

En el caso que tanto la fuente como la carga sean reactivas, se puede hacer un acople de impedancia para una sola frecuencia (tomar en cuenta que la reactancia varía con la frecuencia).

Si la frecuencia de la señal se mantiene, también se logra minimizar las reflexiones y se logra máxima transferencia de potencia

Para adaptar impedancias, se utilizan combinaciones de inductores, capacitores y transformadores.

En el caso de los transformadores, estos tienen:

- En el bobinado con mayor número de vueltas, mas impedancia y ...
- En el bobinado con menor número de vueltas una impedancia menor

Acordarse de que en teoría la potencia de entrada a un transformador se transfiere a la salida (menos algunas pérdidas)

Adaptación de impedancias para transmitir máxima tensión

Acoplamiento para máxima tensión de señal a transmitir (máxima transferencia de potencia no es deseable)

La máxima transferencia de potencia se logra cuando la impedancia de salida de la fuente es igual a la impedancia de entrada de la carga. Pero hay casos en que ésta máxima transferencia de potencia no es deseable, pues lo que se busca es que la señal de tensión que se transfiere sea lo mas grande posible.

Este es caso común en la interconexión de equipos de todo tipo, de manera que se aseguren una buena transmisión de señal entre ellos

Ejemplo:

Un dispositivo con baja impedancia de salida (deseable pues puede entregar una gran corriente), se conecta a otro con una alta impedancia de entrada (deseable pues demanda muy poca corriente en su entrada).

En este caso la potencia que se entrega está limitado por la alta impedancia de entrada, pero la amplitud de la señal que se transfiere es mayor que si las impedancias estuvieran adaptadas.

Esta sería un acople para transmitir una máxima amplitud de tensión de la señal.

Esto se hace para que la señal que se transfiere no se degrade. También hay que tomar en cuenta que este tipo de acople consume menos corriente, que a veces se considera mas importante que la máxima transferencia de potencia.

Este es el caso de los equipos de sonido. Los parlantes tienen una impedancia de entrada de 4, 8, o 16 ohmios /ohms y el amplificador tiene una impedancia de salida mucho menor.

Valor RMS, Promedio, Pico

Valor RMS

Las corrientes y los voltajes (cuando son alternos) se expresan de forma común con su valor efectivo o RMS (Root Mean Square – raíz media cuadrática). Cuando se dice que en nuestras casas tenemos 120 voltios o 220 voltios, éstos son valores RMS o eficaces

Qué es RMS y porqué se usa? Tiene una relación con la disipación de calor o efecto térmico que una corriente directa de igual valor disiparía.

Un valor en RMS de una corriente es el valor, que produce la misma disipación de calor que una corriente directa de la misma magnitud.

En otras palabras: El valor RMS es el valor del voltaje o corriente que C.A. que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente en C.D.

Ejemplo: 1 amperio (ampere) de corriente alterna (c.a.) produce el mismo efecto térmico que un amperio (ampere) de corriente directa (c.d.) Por esta razón se utiliza el termino “efectivo”

El valor efectivo de una onda alterna se determina multiplicando su valor máximo por 0.707

$$V_{RMS} = V_{PICO} \times 0.707$$

Ejemplo: encontrar el voltaje RMS de una señal con $V_{PICO} = 130$ voltios

$$130 \text{ Voltios} \times 0.707 = 91.9 \text{ Voltios RMS}$$

Si se tiene un voltaje RMS y se desea encontrar el voltaje pico:

$$V_{PICO} = V_{RMS} / 0.707$$

Ejemplo: encontrar el voltaje Pico de un voltaje $V_{RMS} = 120$ Voltios

$$V_{PICO} = 120 \text{ V} / 0.707 = 169.7 \text{ Voltios Pico}$$

Valor promedio

El valor promedio de un ciclo completo de voltaje o corriente es cero (0). Si se toma en cuenta solo un semiciclo (supongamos el positivo) el valor promedio es:

$$V_{PR} = V_{PICO} \times 0.636$$

La relación que existe entre los valores RMS y promedio

$$V_{RMS} = V_{PR} \times 1.11$$

$$V_{PR} = V_{RMS} \times 0.9$$

Resumiendo en una tabla en incluyendo el valor pico

Valores dados	Para encontrar los valores		
	Máximo (pico)	RMS	Promedio
Máximo (pico)		$0.707 \times \text{Valor Pico}$	$0.636 \times \text{Valor Pico}$
RMS	$1.41 \times V_{RMS}$		$0.9 \times V_{RMS}$
Promedio	$1.57 \times \text{Promedio}$	$1.11 \times \text{Promedio}$	

Ejemplo

Valor promedio de senoide = 50 Voltios, entonces:

$$V_{RMS} = 50 \times 1.11 = 55.5 \text{ Voltios}$$

$$V_{PICO} = 50 \times 1.57 \text{ Voltios} = 78.5 \text{ Voltios}$$

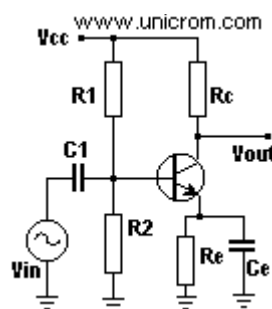
Notas:

- El valor pico-pico es $2 \times \text{Valor pico}$
- Valor RMS = Valor eficaz = Valor efectivo

El transistor como switch (interruptor)

El amplificador a transistor emisor común

Para que una señal sea amplificada tiene que ser una señal de corriente alterna. No tiene sentido amplificar una señal de corriente continua, por que ésta no lleva ninguna información. En un amplificador de transistores están involucradas las dos tipos de corrientes (alterna y continua). La alterna es la señal a amplificar y la continua sirve para establecer el punto de operación del amplificador



Este punto de operación permitirá que la señal amplificada no sea distorsionada.

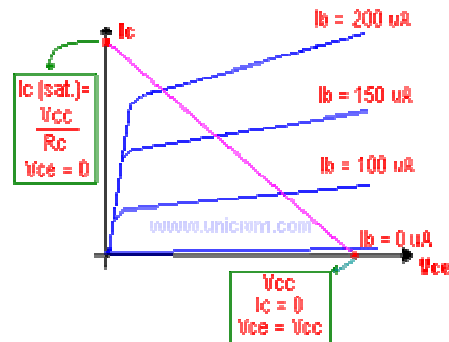
En el diagrama se ve que la base del transistor está conectada a dos resistencias (R1 y R2). Estas dos resistencias forman un divisor de tensión que permite tener en la base del transistor una tensión necesaria para establecer la corriente de polarización de la base.

El punto de operación en corriente continua está sobre una línea de carga dibujada en la familia de curvas de el transistor. Esta línea está determinada por fórmulas que se muestran.

Hay dos casos extremos, cuando el transistor está en saturación ($I_c \text{ max.}$) y cuando está en corte ($I_c = 0$). Ver la figura arriba a la derecha.

Si se modifica R1 y/o R2 el punto de operación se modificará para arriba o para abajo en la curva pudiendo haber distorsión

Si la señal de entrada (V_{in}) es muy grande, se recortarán los picos positivos y negativos de la señal en entrada (V_{out})



El condensador de bloqueo C1:

Este condensador (capacitor) se utiliza para bloquear la corriente continua que pudiera venir de V_{in} . Este condensador actúa como un circuito abierto para la corriente continua y un corto circuito para la corriente alterna (la que se desea amplificar). Estos condensadores no se comportan tan perfectamente en la realidad, pero se acercan bastante, pudiendo suponerse como ideales.

Condensador de derivación (C_e):

La resistencia R_e es una resistencia que aumenta la estabilidad de el amplificador, pero que tiene el gran inconveniente que es muy sensible a las variaciones de temperatura (causará cambios en la corriente de base, lo que causará variaciones en la corriente de emisor (recordar $I_c = \beta I_b$)).

Esto causará una disminución en la ganancia de corriente alterna, lo que no es deseable. Para resolver el problema se pone en paralelo con R_e un condensador que funcionará como un corto circuito para la corriente alterna y un circuito abierto para corriente continua

- La tensión de salida estará dada por la siguiente fórmula: $V_{out} = I_c \times R_c = \beta \times I_b \times R_c = h_{fe} \times I_b \times R_c$
- La ganancia de tensión es $= -V_{out} / V_{in} = -R_c / Z_{in}$. (el signo menos indica que V_{out} está 180° fuera de fase con la entrada V_{in})
- La ganancia de corriente es $= (V_{out} \times Z_{in}) / (V_{in} \times R_c) = \text{ganancia de voltaje} \times Z_{in} / R_c$
- La ganancia de potencia es $= \text{Ganancia de voltaje} \times \text{Ganancia de corriente}$

donde Z_{in} es la resistencia equivalente en paralelo de R_1 , R_2 y h_{ie} , que normalmente no es un valor alto (contrario a lo deseado)

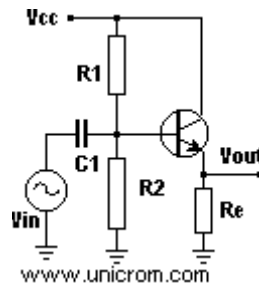
Nota:

- $\beta = h_{fe}$ son parámetros propios de cada transistor
- h_{ie} = impedancia de entrada del transistor dada por el fabricante

El amplificador a transistor seguidor emisor

El amplificador seguidor emisor, también llamado colector común, es muy útil pues tiene una impedancia de entrada muy alta y una impedancia de salida baja.

Nota: La impedancia de entrada alta es una característica deseable en un amplificador pues, el dispositivo o circuito que lo alimenta no tiene que entregarle mucha corriente (y así cargarlo) cuando le pasa la señal que se desea amplificar.



Este circuito no tiene resistencia en el colector y la salida está conectada a la resistencia del emisor (ver la figura). El voltaje de salida "sigue" al voltaje en el emisor, sólo que es de un valor ligeramente menor (0.6 Voltios aproximadamente)

$$V_e = V_b - 0.6 \text{ Voltios}$$

La ganancia de tensión es: $A_v = V_{out} / V_{in} = V_e / V_b$.

Como V_e es siempre menor que V_b , entonces la ganancia siempre será menor a 1.

La impedancia de entrada se obtiene con la siguiente fórmula: $Z_{in} = (\beta + 1) \times R_e$

Donde: β es la ganancia de corriente del transistor (dato del fabricante)

Del gráfico anterior. Si $R_e = 2.2 \text{ KiloOhmios (2.2 K)}$ y $\beta = 150$

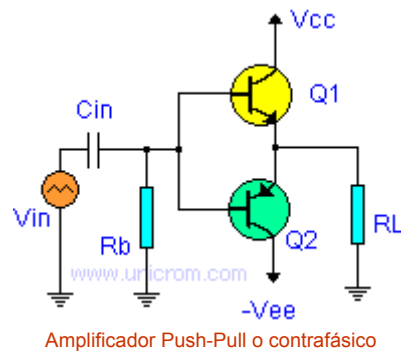
$$Z_{in} = (\beta + 1) \times R_e = (150 + 1) \times 2200 \text{ Ohmios} = 332,000 \text{ Ohmios (332 K)}$$

Este amplificador aparenta una impedancia de entrada de 332,000 Ohmios a la fuente de la señal que se desea amplificar. Este tipo de circuito es muy utilizado como circuitos separadores y como adaptadores de impedancia entre las fuentes de señal y las etapas amplificadoras

El amplificador Push - Pull o contrafásico

Un amplificador emisor común se utiliza para amplificar señales pequeñas. Cuando la señal de entrada es grande y lo que se desea es ampliar la capacidad de entrega de corriente, se utiliza un amplificador contrafásico o push-pull. (amplificador de potencia)

Este amplificador está constituido por dos transistores. Uno NPN y otro PNP de las mismas características

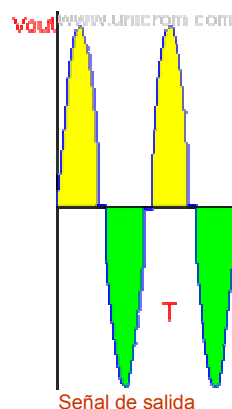
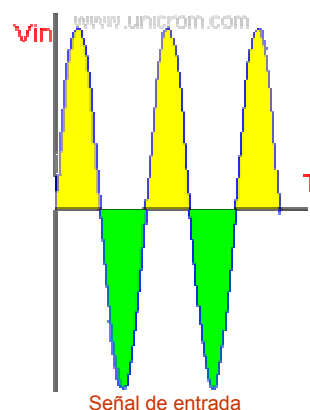


La entrada de la señal llega a la base de ambos transistores.

Q1 tendrá polarización directa en los semiciclos positivos (ver color amarillo) y a través de RL aparecerá una señal que sigue a la entrada (están en fase). En los ciclos negativos (color verde) el transistor Q1 se pone en corte y no aparecerá señal en la salida (se parece a la salida de un rectificador de media onda)

Q2 tendrá polarización directa en los semiciclos positivos (ver color verde) y a través de RL aparecerá una señal que sigue a la entrada (están en fase). En los ciclos positivos (color amarillo) el transistor Q2 se pone en corte y no aparecerá señal en la salida (se parece a la salida de un rectificador de media onda)

En la forma de onda de Salida se ve distorsión (cerca del eje horizontal). Esta distorsión se debe a la tensión de 0.6 Voltios que hay entre la base y el emisor de los transistores Q1 y Q2.



Nota: El valor máximo de la señal de salida siempre será inferior al valor máximo de la señal de entrada debido a la caída de voltaje base - emisor en los transistores. (la ganancia es siempre

ligeramente menor que 1). En otras palabras hay una ligera atenuación, pero una gran ganancia de corriente

Osciladores, realimentación positiva

Los osciladores son dispositivos capaces de repetir dos acciones opuestas en un período regular. Ejemplo: movimiento de un péndulo.

Un ejemplo de oscilador en el área de la electrónica, es la variación de la tensión o corriente en un punto específico. Un circuito LC (inductor – capacitor) es capaz de producir esta oscilación a su frecuencia natural de resonancia.

Aplicaciones de los osciladores:

- Circuitos digitales (reloj)
- Transmisión y recepción de radio

Hay un tipo de oscilador llamado oscilador realimentado y para que éste oscile debe haber en el circuito una realimentación positiva.

Las características de los osciladores realimentados

- 1.- Amplificación
- 2.- Lazo de realimentación positiva
- 3.- Circuito para controlar la frecuencia

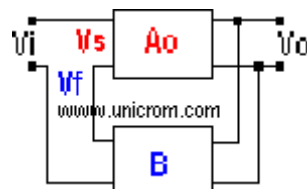
Un oscilador realimentado es un circuito que usa un amplificador para suministrar la energía necesaria al oscilador y un circuito de realimentación para mantener la oscilación. Es en este circuito de realimentación donde se pierde la energía que tiene que suministrar el amplificador para el continuo funcionamiento del oscilador.

Como empieza la oscilación? La tensión de arranque es generada por los mismos componentes del oscilador. Los resistores generan una tensión de ruido que tiene frecuencias senoidales mayores a los 10.000.000.000.000 hertz. Cuando el circuito arranca todas las frecuencias generadas son amplificadas y aparecen a la salida excitando el circuito resonante que responde sólo una de ellas, la cual es realimentada a la entrada del circuito con la fase adecuada para que se inicie la operación.

Tipos de osciladores:

- Oscilador Armstrong (no muy utilizado debido a su inestabilidad)
- Oscilador Hartley
- Oscilador Colpits

La realimentación positiva (ver el siguiente gráfico)



- V_i = Tensión de entrada
- V_o = Tensión de salida
- B = Ganancia del circuito de realimentación
- A_o = Ganancia del amplificador con lazo abierto $A_o = V_o / V_i$ (no se toma en cuenta la realimentación)

- V_f = Tensión de realimentación
- A_c = Ganancia en lazo cerrado
- BA_o = Este producto ($B \times A_o$) se llama ganancia de lazo

Para realimentación positiva, la ganancia de lazo cerrado es: $A_c = A_o / [1 - BA_o]$.

Si el producto BA_o se aproxima a "1", el denominador de la fórmula anterior tiende a "0" y como consecuencia la ganancia de lazo cerrado A_c , tiende al infinito. Estas ganancias tan altas producen oscilaciones.

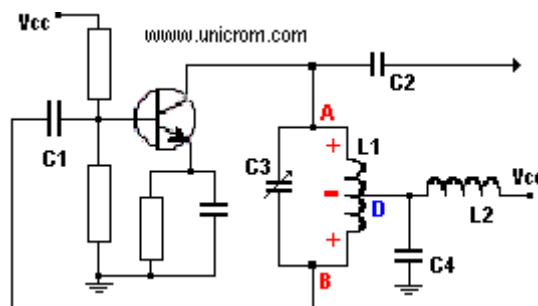
Funcionamiento del oscilador Hartley

El oscilador Hartley es muy utilizado en receptores de radio con transistores adaptándose con facilidad a una gran gama de frecuencias. Para su funcionamiento este circuito utiliza una bobina con derivación central.

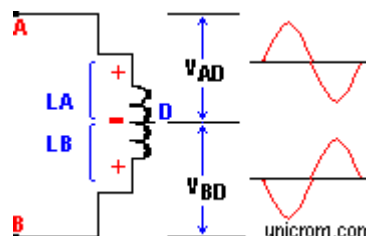
Analizando el diagrama se ve que el punto de derivación D, de la bobina L1, estará puesto a tierra para corriente alterna (c.a.) (a la frecuencia de oscilación) a través del condensador C4, lográndose de esta manera que los extremos A y B de la bobina estén 180° fuera de fase (funciona como un inversor).

El extremo B se realimenta a la base del transistor a través de C1, haciendo que éste (el transistor) cambie de estado, esto a su vez cambia las polaridades en los extremos de la bobina, repitiéndose el proceso y produciéndose así la oscilación.

La función de la bobina L2 es de choque de R.F. y evita que la señal del oscilador pase a la fuente de poder.



Analizando el funcionamiento de la bobina con derivación y tomando en cuenta que la conexión D (derivación central) **está puesta a tierra a través del capacitor C4** las formas de onda en los extremos de la bobina serán:



La frecuencia de oscilación de este tipo de oscilador está dada por: $f_o = 1 / [2\pi \times (LC)^{1/2}]$.

Notas:

- C3 puede ser un capacitor variable para ajustar la frecuencia de oscilación
- El exponente 1/2 equivale a una raíz cuadrada

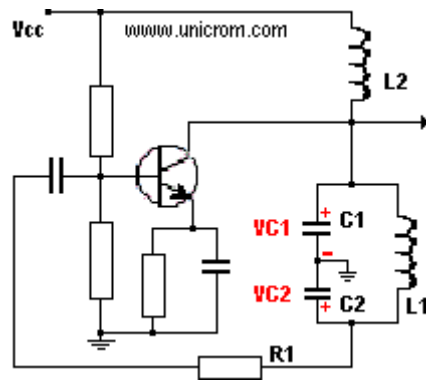
Funcionamiento del oscilador Colpitts

El oscilador Colpitts es un circuito muy utilizado en generadores de frecuencia de alta calidad y se usa principalmente para obtener frecuencia por encima de 1 Mhz. Su estabilidad es superior a la del oscilador Hartley. Para poder lograr la oscilación este circuito utiliza un divisor de tensión formado por dos capacitores: C1 y C2.

De la unión de estos capacitores sale una conexión a tierra. De esta manera la tensión en los terminales superior de C1 e inferior de C2 tendrán tensiones opuestas.

La realimentación positiva se obtiene del terminal inferior de C2 y es llevada a la base del transistor a través de una resistencia y un condensador

La bobina L2 (choke) se utiliza para evitar que la señal alterna no pase a la fuente Vcc



Este oscilador se utiliza para bandas de VHF (Very High Frequency), frecuencias que van de 1 Mhz a 30 Mhz. A estas frecuencias sería muy difícil utilizar el oscilador Hartley debido a que las bobinas a utilizar serían muy pequeñas.

La frecuencia de oscilación de este tipo de oscilador está dada por: $f_o = 1 / [2\pi \times (LC)^{1/2}]$.

donde:

- $C = C1 \times C2 / [C1 + C2]$
- $L = L1$

Notas:

- R1 puede ser un resistor variable (potenciómetro) para ajustar la magnitud de la señal de la salida que se realimenta a la entrada.
- El exponente 1/2 equivale a una raíz cuadrada.

Microcontroladores PIC

Microcontroladores PIC (Parte # 1)

[Controladores, microcontroladores, microprocesadores, arquitectura interna de un microcontrolador](#)

Controladores y microcontroladores

Un controlador es un dispositivo electrónico encargado de, valga la redundancia, controlar uno o más procesos. Por ejemplo, el controlador del aire acondicionado, recogerá la información de los sensores de temperatura, la procesará y actuará en consecuencia.

Al principio, los controladores estaban formados exclusivamente por componentes discretos. Más tarde, se emplearon procesadores rodeados de memorias, circuitos de E/S,... sobre una placa de circuito impreso (PCB). Actualmente, los controladores integran todos los dispositivos antes mencionados en un pequeño chip. Esto es lo que hoy conocemos con el nombre de microcontrolador.

Diferencia entre microcontrolador y microprocesador

Es muy habitual confundir los términos de microcontrolador y microprocesador, cayendo así en un error de cierta magnitud. Un microcontrolador es, como ya se ha comentado previamente, un sistema completo, con unas prestaciones limitadas que no pueden modificarse y que puede llevar a cabo las tareas para las que ha sido programado de forma autónoma. Un microprocesador, en cambio, es simplemente un componente que conforma el microcontrolador, que lleva a cabo ciertas tareas que analizaremos más adelante y que, en conjunto con otros componentes, forman un microcontrolador.

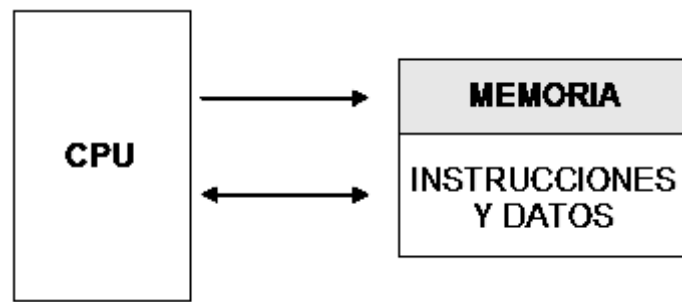
Debe quedar clara por tanto la diferencia entre microcontrolador y microprocesador: a modo de resumen, el primero es un sistema autónomo e independiente, mientras que el segundo es una parte, cabe decir que esencial, que forma parte de un sistema mayor.

Arquitectura interna de un microcontrolador

Como ya hemos visto, un microcontrolador es un dispositivo complejo, formado por otros más sencillos. A continuación se analizan los más importantes.

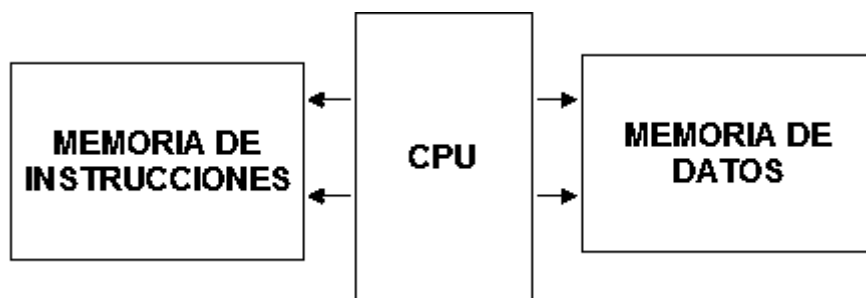
Procesador

Es la parte encargada del procesamiento de las instrucciones. Debido a la necesidad de conseguir elevados rendimientos en este proceso, se ha desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura Harvard frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de von Neumann. Esta última se caracterizaba porque la CPU se conectaba con una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones, a través de un sistema de buses.



Arquitectura von Neumann

En la arquitectura Harvard son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso. Esta dualidad, además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos.



Arquitectura Harvard

El procesador de los modernos microcontroladores responde a la arquitectura RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido), que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones máquina pequeño y simple, de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción.

Otra aportación frecuente que aumenta el rendimiento del computador es el fomento del paralelismo implícito, que consiste en la segmentación del procesador (pipe-line), descomponiéndolo en etapas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajar con varias a la vez.

Microcontroladores PIC (Parte # 2)

[Memoria de programas, memoria de datos, líneas de entrada y salida, recursos auxiliares, programación de microcontroladores](#)

Memoria de programa

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. Como éste siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Existen algunos tipos de memoria adecuados para soportar estas funciones, de las cuales se citan las siguientes:

- ROM con máscara: se graba mediante el uso de máscaras. Sólo es recomendable para series muy grandes debido a su elevado coste.
- EPROM: se graba eléctricamente con un programador controlador por un PC. Disponen de una ventana en la parte superior para someterla a luz ultravioleta, lo que permite su borrado. Puede usarse en fase de diseño, aunque su coste unitario es elevado.

- OTP: su proceso de grabación es similar al anterior, pero éstas no pueden borrarse. Su bajo coste las hacen idóneas para productos finales.
- EEPROM: también se graba eléctricamente, pero su borrado es mucho más sencillo, ya que también es eléctrico. No se pueden conseguir grandes capacidades y su tiempo de escritura y su consumo es elevado.
- FLASH: se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero que suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. Son recomendables aplicaciones en las que es necesario modificar el programa a lo largo de la vida del producto. Por sus mejores prestaciones, está sustituyendo a la memoria EEPROM para contener instrucciones. De esta forma Microchip comercializa dos microcontroladores prácticamente iguales que sólo se diferencian en que la memoria de programa de uno de ellos es tipo EEPROM y la del otro tipo Flash. Se trata del PIC16C84 y el PIC16F84, respectivamente.

Memoria de datos

Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que los contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa. El PIC16F84 dispone de 64 bytes de memoria EEPROM para contener datos.

Líneas de E/S

A excepción de dos patitas destinadas a recibir la alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, las restantes patitas de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla.

Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de Puertas. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el I2C, el USB, etc.

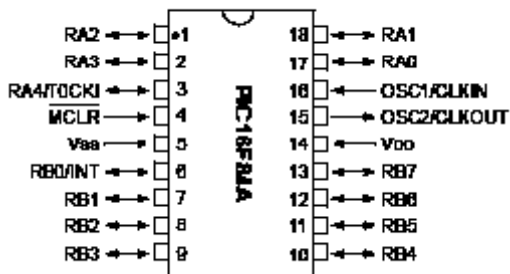
Recursos auxiliares

Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan los siguientes:

- Circuito de reloj: se encarga de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- Temporizadores, orientados a controlar tiempos.
- Perro Guardián o WatchDog: se emplea para provocar una reinicialización cuando el programa queda bloqueado.
- Conversores AD y DA, para poder recibir y enviar señales analógicas.
- Sistema de protección ante fallos de alimentación
- Estados de reposos, gracias a los cuales el sistema queda congelado y el consumo de energía se reduce al mínimo.

Programación de microcontroladores

La utilización de los lenguajes más cercanos a la máquina (de bajo nivel) representan un considerable ahorro de código en la confección de los programas, lo que es muy importante dada la estricta limitación de la capacidad de la memoria de instrucciones. Los programas bien realizados en lenguaje Ensamblador optimizan el tamaño de la memoria que ocupan y su ejecución es muy rápida.



Los lenguajes de alto nivel más empleados con microcontroladores son el C y el BASIC de los que existen varias empresas que comercializan versiones de compiladores e interpretes para diversas familias de microcontroladores. En el caso de los PIC es muy competitivo e interesante el compilador de C PCM de la empresa CCS y el PBASIC de microLab Engineering, ambos

comercializados en España por Mircosystems Engineering.

Hay versiones de interpretes de BASIC que permiten la ejecución del programa línea a línea, y en ocasiones, residen en la memoria del propio microcontrolador. Con ellos se puede escribir una parte del código, ejecutarlo y comprobar el resultado antes de proseguir.

Microcontroladores PIC (Parte # 3)

[El PIC 16F84, para que sirve?, organización de la memoria](#)

Los PIC. El 16F84

El PIC es el microcontrolador que fabrica la compañía Microchip. Aunque no son los microcontroladores que más prestaciones ofrecen, en los últimos años han ganado mucho mercado, debido al bajo precio de éstos, lo sencillo de su manejo y programación y la ingente cantidad de documentación y usuarios que hay detrás de ellos.

¿Para qué sirve un PIC?

Un PIC, al ser un microcontrolador programable, puede llevar a cabo cualquier tarea para la cual haya sido programado. No obstante, debemos ser conscientes de las limitaciones de cada PIC. Así, el 16F84, PIC que se tratará en este tutorial, no podrá generar un PWM ni convertir señales analógicas en digitales, entre otras.

El 16F84

Se trata de un microcontrolador de 8 bits. Es un PIC de gama baja, cuyas características podemos resumir en:

- Memoria de 1K x 14 de tipo Flash
- Memoria de datos EEPROM de 64 bytes
- 13 líneas de E/S con control individual
- Frecuencia de funcionamiento máxima de 10 Mhz.
- Cuatro fuentes de interrupción
 - Activación de la patita RB0/INT
 - Desbordamiento del TMR0
 - Cambio de estado en alguna patita RB4-RB7
 - Fin de la escritura de la EEPROM de datos
- Temporizador/contador TMR0 programable de 8 bits
- Perro Guardián o WatchDog

Generalmente se encuentra encapsulado en formato DIP18. A continuación puede apreciarse dicho encapsulado y una breve descripción de cada una de las patitas: imagen:

- VDD: alimentación
- VSS: masa
- OSC1/CLKIN-OSC2/CLKOUT: conexión del oscilador
- VPP/MCLR: tensión de programación y reset
- RA0-RA3: líneas de E/S de la puerta A

File Address	File Address		
00h	Indirect addr: ⁽¹⁾	Indirect addr: ⁽¹⁾	80h
01h	TMR0	OPTION_REG	81h
02h	PCL	PCL	82h
03h	STATUS	STATUS	83h
04h	FSR	FSR	84h
05h	PORTA	TRISA	85h
06h	PORTB	TRISB	86h
07h			87h
08h	EEDATA	EECON1	88h
09h	EEADR	EECON2 ⁽¹⁾	89h
0Ah	PCLATH	PCLATH	8Ah
0Bh	INTCON	INTCON	8Bh
0Ch			8Ch
	68 General Purpose Registers (SRAM)	Mapped (accesses) in Bank 0	
4Fh			CFh
50h			D0h
7Fh			FFh
	Bank 0	Bank 1	

- RA4: línea de E/S de la puerta A o entrada de impulsos de reloj para TMR0
- RB0/INT: línea de E/S de la puerta B o petición de interrupción
- RB1-RB7: líneas de E/S de la puerta B

A continuación podemos ver la organización de la memoria del 16F84:

Las 68 posiciones siguientes (0Ch-4Fh y 8Ch-CFh) son los denominados Registros de Propósito General, del inglés General Purpose Registers. Éstos son empleados para guardar cualquier dato que necesitemos durante la ejecución del programa.

- TMR0: es un temporizador/contador de 8 bits. Puede operar de dos modos distintos:

En ambos casos, cuando el registro se desborda, es decir, llega a su valor máximo (en este caso $2^8 = 256$. Como el 0 también se cuenta, el máximo valor sería 255), empieza de nuevo a contar a partir del 0, no sin antes informar de este evento a través de la activación de un flag y/o una interrupción.

- **PCL:** es el contador del programa. Indica la dirección de memoria que se leerá a continuación. En algunas ocasiones, como el empleo de las tablas, el uso de este registro es imprescindible.
- **STATUS:** registro de 8 bits que sirve para configurar ciertos aspectos del PIC. En la siguiente figura se aprecia la disposición de los bits de dicho registro:

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
IRP		RP0	TO#	PD#	Z	DC	C

- PORTA: representación de la puerta A. Cada bit representa una línea de E/S de la puerta A:

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
			RA4	RA3	RA2	RA1	RA0

- Como se puede comprobar, los tres bits de mayor peso no representan ninguna línea de E/S, ya que la puerta A sólo tiene 5 líneas de E/S
- PORTB: lo mismo que la puerta A, pero en este caso con 8 líneas de E/S

BANCO 1

- TRISA: registro de 8 bits de configuración de la puerta A. Si un bit se encuentra en 1, esa línea de E/S se configura como entrada; si, en cambio, se encuentra a 0, se configura como salida
- TRISB: lo mismo que TRISA, pero referente a la puerta B.

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0

Finalmente cabe destacar el registro W, también conocido como registro de trabajo (del inglés work) o acumulador. Es de vital importancia ya que, entre otras, deberemos usarlo de registro puente para llevar a cabo ciertas operaciones.

Microcontroladores PIC (Parte # 4)

[Repertorio de instrucciones, circuitería básica](#)

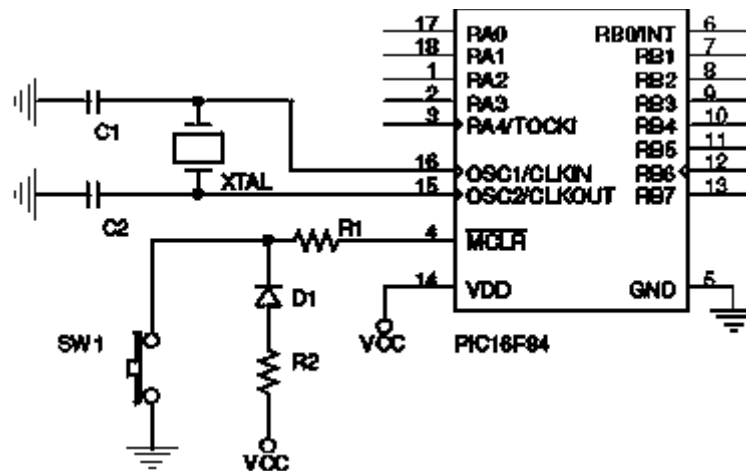
Repertorio de instrucciones

A continuación veremos algunas de las instrucciones más importantes, o al menos más empleadas en la programación de PICs, en ASM. Las restantes se irán viendo en entregas posteriores según vaya siendo necesario su manejo:

- Manejo de registros
 - clrf f: limpia el registro f, es decir, pone todos sus bits a 0.
 - comf f,d: complementa el registro fuente f (cambia los 1 por 0 y viceversa) y el resultado lo deposita en el destino. Si d = 0 el destino es W y si d = 1, el destino es el registro fuente f.
- Manejo de bits
 - bcf f,b: pone a 0 el bit b del registro f.
 - bsf f,b: pone a 1 el bit b del registro f.
- Brinco
 - Btfsc f, b: explora el bit b del registro f y salta si vale 0
 - Btfss f, b: explora el bit b del registro f y salta si vale 1
- Control y especiales
 - Goto etiqueta: sitúa el cursor del programa (PCL), en etiqueta

Circuitería básica

En el siguiente esquema podemos ver la circuitería básica, es decir, el circuito mínimo para que el PIC empiece a funcionar



Identificador	Componente
R1	Resistencia 100
R2	Resistencia 10k
C1, C2	Condensador cerámico 27 pF
D1	Diodo 1N4148
XTAL	Cristal de cuarzo 4 Mhz.
SW1	Pulsador NA

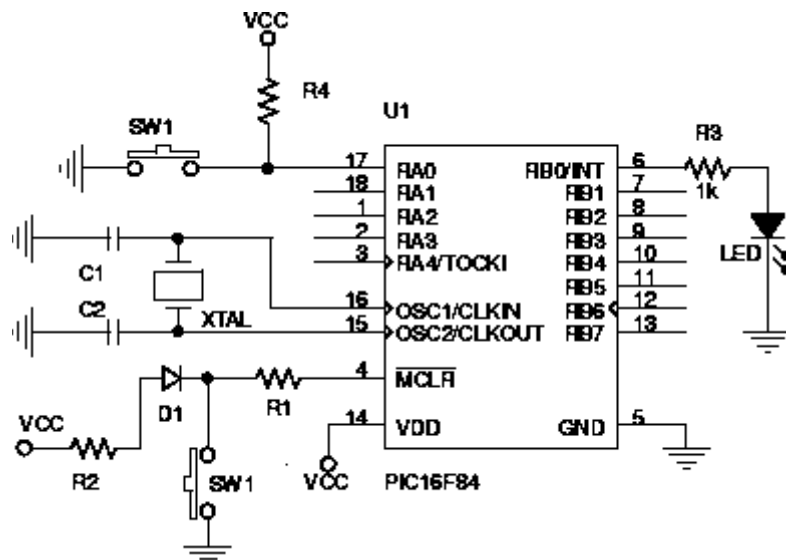
Éste consta básicamente de dos partes:

- Alimentación: se emplean para ello dos pines: 14 VDD (tensión positiva) y 5 GND (masa). Se incluye además un pulsador, conectado al pin 4: cuando se introduce un nivel alto de tensión (pulsador abierto) el PIC funciona normalmente y cuando se introduce un nivel bajo (pulsador cerrado) se resetea el PIC. - Oscilación: la lleva a cabo el cristal de cuarzo (de 4 Mhz en nuestro caso) junto con los dos condensadores cerámicos (27pF). Existen otros tipos de osciladores que pueden sernos útiles cuando trabajemos con PICs, pero de momento no los veremos.

Microcontroladores PIC (Parte # 5)

Nuestro primer programa

A continuación vamos a desarrollar nuestro primer programa. Éste activará un LED conectado a RB0 siempre que el interruptor conectado a RA0 este cerrado. Para ello vamos a montar el siguiente circuito:



En el circuito podemos ver como lo único que hemos añadido al circuito base es un pulsador conectado al pin 17 (RA0), de forma que cuando lo pulsemos se introduzca un cero lógico en el pin y cuando no lo pulsemos se introduzca un uno lógico. Hemos añadido además un LED con su correspondiente resistencia limitadora de corriente en el pin 6 (RB0).

De lo que hemos comentado en esta práctica, caben destacar dos cosas:

- La elección de los pines ha sido arbitraria: se han escogido éstos, pero podíamos haber escogido otros. No obstante, mientras sea posible es mejor organizar el esquema y el programa, y una forma de hacerlo es agrupando por un lado las entradas (Puerta A) y por otro las salidas (Puerta B). Por la misma razón, hemos escogido el pin 0 de cada puerta, en vez de escoger en un sitio el 3 y en otro el 7, por ejemplo.
- En el caso de las entradas, es trivial que cuando se pulse o deje de activar el pulsador se envíe un cero o un uno, pues lo único que queremos es que el PIC pueda detectar un cambio. Así, igual nos da comprobar cuando se envía un cero que cuando se envía un uno, ya que en ambos casos podremos verificarlo. En este caso se ha elegido el cero como activado porque es lo más común. En el caso de las salidas no ocurre lo mismo, ya que en este caso no se trata de detectar un cambio, sino de activar un dispositivo, por lo que se hace necesaria que el PIC "genere" una diferencia de potencial. Así, la forma de indicar al PIC que lo haga es poniendo a uno la salida.

Hechas estas aclaraciones, veamos el programa:

```

ESTADO      EQU          0x03
PORTA       EQU          0x05
PORTB       EQU          0x06

org         0

          bsf          ESTADO,5
          clrf         PORTA
          comf         PORTA,1
          clrf         PORTB
          bcf          ESTADO,5

INICIO      btfsc      PORTA,0
            goto       APAGAR
            goto       ENCENDER

APAGAR      bcf         PORTB,0
            goto       INICIO
  
```

```

ENCENDER      bsf          PORTB,0
               goto        INICIO

               end

```

Comentemos el código:

- Las tres primeras líneas, cuyo núcleo es EQU, permiten que el compilador interprete a partir de ese momento los nombres de la primera columna con las dirección de memoria de la derecha. El objetivo de estas instrucciones es obvio: facilitar la comprensión del código, ya que es más fácil recordar un nombre que nos sugiere algo que dirección en hexadecimal.
- La siguiente instrucción, org 0, no la analizaremos de momento. Simplemente decir que es necesaria para el correcto funcionamiento del programa, ya que indica el comienzo del código.
- bsf ESTADO,5 nos permite poner a 1 el bit 5 de ESTADO, con lo que conseguimos acceder al banco 1, donde se encuentran los registros de configuración de las puertas.
- clrf PORTA: pone a cero todos los bits del registro porta, con lo que se consigue que dicha puerta se configure al completo como salida. En este caso lo usamos conjuntamente con comf, que transforma los 0 en 1 y viceversa. Así, se consigue configurar la puerta a como entrada. Podríamos usar otros métodos, como movlw 0xFF junto con movwf PUERTAA, pero el primero lo considero más elegante.
- clrf PORTB: pone a cero todos los bits del registro PORTB, configurando éste como salida.
- bcf ESTADO,5 pone a 0 el bit 5 de ESTADO, volviendo así al banco 0.
- Inicio, apagar y encender son etiquetas, cuya utilidad es marcar un punto del programa; así, si queremos volver a ese punto sólo tendremos que hacer referencia a su nombre.
- btfsc PORTA,0 sirve para saltar si el bit 0 de PORTA vale 0, es decir, cuando se activó el pulsador. En ese caso, vamos a ENCENDER mediante goto ENCENDER, se pone a 1 el bit 0 de PORTB, que es donde está conectado el led y volvemos a INICIO.
- Si no está pulsado el interruptor vamos a APAGAR, y hacemos la operación contraria a la anterior. Finalmente volvemos a INICIO.

Microcontroladores PIC (Parte # 6)

[Programación de PICs, despedida, bibliografía](#)

Programación de PICs

Todos los microcontroladores necesitan un circuito grabador, llamado programador, para, valga la redundancia, programarlo. En este caso, los PICs, y más concretamente el 16F84, no es una excepción. El objetivo de este tutorial no es instruir en el manejo de ninguno de estos dispositivos ni facilitar el esquema de alguno de ellos, por lo que no lo haré. En la red se pueden encontrar miles de circuitos de programadores para PICs. Entre ellos destaca el ProPic2, que podréis encontrar en su página [ProPic2](#).

También puede hacerse necesario el empleo de un entrenador. Éste es un dispositivo que permite analizar el comportamiento del PIC una vez programado, mediante una serie de entradas y salidas predefinidas. Generalmente incluyen una serie de interruptores y/o pulsadores, una barra de leds y un display de 7 segmentos. Adicionalmente pueden incluir un LCD, motores de corriente continua y paso a paso, zumbadores... Con ello puede verificarse si el microcontrolador se comporta como deseamos antes de la realización de la PCB, que, en caso de no funcionar el circuito, conlleva una importante pérdida de tiempo y de dinero.

Algunos entrenadores incluyen programador, por lo que no se hace necesario extraer el PIC del zócalo programador para insertarlo en el entrenador.

En el aspecto software, para el 16F84 y demás PICs, Microchip dispone de un software gratuito llamado MPLAB, el cual es un entorno de desarrollo para estos microcontroladores. Dicho entorno de desarrollo incluye un compilador que convierte el código fuente del programa (.asm) en un fichero .hex, listo para pasar al microcontrolador.

De esta labor se encarga el software programador, que junto con el circuito de mismo nombre graban el circuito en el micro para que éste funcione según lo que hayamos programado. Existen numerosos programas de este tipo, pero el rey por excelencia en esta categoría es el IC-Prog, que puede descargarse en [Ic-Prog](#)

Al igual que un caso anterior, el objetivo de este tutorial no es explicar el manejo de ninguno de estos programas. No obstante, es probable que en alguna entrega se introduzcan los conceptos más elementales, imprescindibles para poder desarrollar nuestros programas

Despedida

Aquí concluye esta primera parte de mi tutorial de manejo del PIC16F84. En la próxima entrega, cuya fecha de salida no puedo confirmar, llevaremos a cabo más prácticas relacionadas con lo que hemos visto hasta ahora para así afianzar conceptos. Además, describiré el funcionamiento de algunas instrucciones de ASM nuevas e introduciré al manejo de otros dispositivos externos, tales como relés, displays, teclados, LCDs... Recalco la palabra "introduciré" ya que se explicará de forma muy general su funcionamiento, reservando para posteriores entregas el manejo, ya de una forma mucho más comentada y explicada, de dichos dispositivos.

Bibliografía

Angulo Usategui, José María ; Angulo Martínez, Ignacio. "Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones. 2ª edición" (1999). Editorial McGraw Hill. Madrid.

[Página de electrónica de Carlos Díaz](#)

El Autómata o PLC

Introducción al PLC / autómatas programables

Hola a todos:

Los apuntes que van a continuación son una parte de la documentación que entregue a los alumnos que asistieron a los cursos denominados "Cursos para operador-mantenedor de CC.HH". En este tema explicaba el funcionamiento de un autómata o PLC, aunque está referido a un autómata concreto de la marca Siemens, las generalidades pueden resultaros interesantes a todos aquellos que queráis iniciaros en este apasionante mundo de la automatización porque son comunes a todos los autómatas.

El curso estaba pensado para gente que veía el PLC como "una caja negra" que no entendía, aparte, los ordenadores sabían que existían pero poco más. Así que algunas

explicaciones os pueden parecer ingenuas pero tenéis que entender la situación en la que tenía que desarrollar el temario.

No se trataba de profundizar, al personal de mantenimiento se le impartían cursos de autómatas (básico y avanzado) ya que ellos se iban a encargar del mantenimiento de estos dispositivos tanto a nivel de software como a nivel de hardware. Así que este tema no era mas que una iniciación para aquel personal que hasta aquel momento no tenía ni la mas remota idea de qué le estábamos hablando.

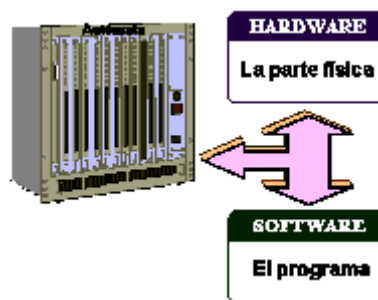
Para cualquier duda, aclaración, crítica, etc., podéis dirigiros a mí bien a través de los foros de Unicrom, bien a través de mi cuenta de correo:

lgonzalez_280@hotmail.com

Espero que os sea de utilidad, un saludo

El hardware de un PLC o autómatas, F.A., CPU, tarjetas E/ S

En la actualidad estamos habituados a compartir nuestra vida con unas máquinas, llamadas ordenadores. El autómatas (también llamado PLC o Dispositivo Lógico Programable) podemos definirlo como un ordenador especializado en la automatización de procesos ya sean estos industriales, domésticos, militares,...



Como los ordenadores, el PLC, va a constar de dos partes fundamentales

- El **HARDWARE** que es la parte física o tangible del ordenador y del autómatas
- El **SOFTWARE** es la parte que no es tangible: es el programa o programas que hacen que el ordenador o el autómatas hagan un trabajo determinado

1.1) Hardware

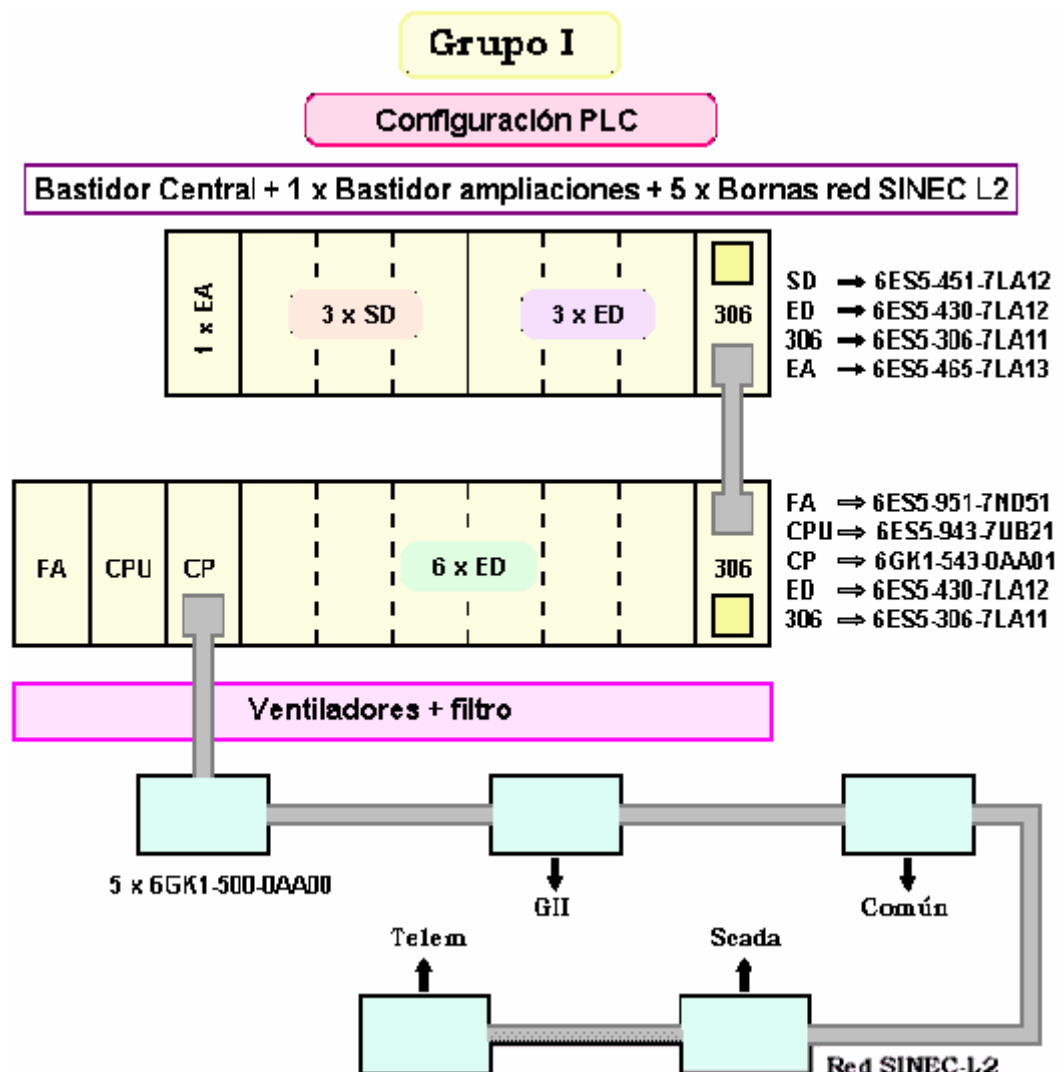
El hardware del autómatas, al ser básicamente un ordenador, podemos dividirlo de la siguiente forma:

- La F.A., o fuente de alimentación, provee a suministrar las distintas c.c. que necesitan los circuitos electrónicos del autómatas para poder funcionar.
- La CPU, o Unidad de Control de Proceso, en la que va alojado el microprocesador (que es el cerebro del sistema) junto con los dispositivos necesarios para que éste realice su función: las tarjetas de memoria, el reloj, las VIAS (integrados que ayudan al microprocesador en sus tareas de comunicación con otros dispositivos), etc.

- La tarjetas de entradas/salidas, o tarjetas I/O, en las que otros circuitos integrados se encargan de que el microprocesador sea capaz de comunicarse con otros dispositivos, ya sean éstos otros microprocesadores, un teclado, una pantalla, etc.

Debajo del bastidor central, justo en la parte inferior, existen unos ventiladores que tienen por misión refrigerar todos los elementos que componen el PLC, ya que tanto la F.A. como la CPU pueden alcanzar temperaturas peligrosas para la circuitería de uno y otro componente; un fallo en dichos ventiladores provocará una alarma que nos saldrá por pantalla e impresora ("Avería ventiladores PLC"). Pero si peligrosa es la temperatura, no es menos peligroso el polvo y las partículas en suspensión que hay en el aire, como, con los ventiladores, estamos provocando una corriente de aire forzada que recorre las distintas tarjetas, para evitar la entrada de partículas en suspensión en dichos elementos, entre los ventiladores y el PLC, se han instalado unos filtros que es conveniente revisar y cambiar de vez en cuando. Tengamos en cuenta que un filtro tupido impide, también, el paso del aire por lo que los ventiladores no cumplirán perfectamente su misión y podemos provocar sobretemperatura, sobre todo en la F.A. o en la CPU.

Si examinamos la configuración del hardware de uno de los autómatas de nuestras instalaciones, la disposición física de los elementos sería la siguiente (En este caso vemos el hardware que se ha instalado en el PLC1 de la C.H. Quereño):



El hardware de un PLC o automático, el bastidor o rack



En el bastidor o rack central tenemos situada a la izquierda la fuente de alimentación (F.A). En la parte superior de esta tarjeta tenemos una especie de trampilla que nos permite acceder a la batería de la fuente de alimentación. Esta batería es del tipo recargable y tiene una duración determinada por lo que en caso de fallo (indicado por el led BATT LOW) es necesario su sustitución. La misión fundamental de esta batería está en que la CPU conserve datos como son el programa, la hora y la fecha, datos que almacena en una memoria RAM (La memoria RAM es una memoria que tiene la particularidad de perder todo lo que tiene almacenado cuando pierde la alimentación).

Debajo del led de la batería tenemos un conmutador de RESET que nos sirve para reinicializar el equipo cuando, por ejemplo, hemos cambiado la batería. Tanto la operación de cambio de batería como el reseteo del equipo se deben hacer cuando el automático no está atendiendo a operaciones fundamentales de la instalación (arranque, parada, grupo en marcha).

Debajo del conmutador de reset tenemos tres leds que nos indican, cuando están encendidos, que las distintas tensiones de alimentación son correctas.

Debajo de los tres leds está el interruptor de encendido, el selector de voltaje y las bornas de conexión de la alimentación de la fuente.



Al lado de la F.A. está situada la CPU, en la parte superior de esta tarjeta tenemos una ranura en la que se inserta la memoria EPROM. Este tipo de memoria tiene la particularidad de que mantiene la información aunque no esté alimentada. En esta tarjeta, que normalmente debe estar extraída, está grabado el programa que va a ejecutar el PLC; nos va a servir para recargar el programa en el PLC si, por cualquier motivo, éste se borrara de la memoria RAM.

La memoria RAM es un tipo de memoria que se caracteriza por su extremada rapidez, en ella podemos leer y escribir cuantas veces queramos; su única pega es que pierde todo su contenido si le quitamos la alimentación. El microprocesador del PLC utiliza esta memoria para escribir los datos (estado de las entradas, órdenes de salida, resultados intermedios,...) y recurre a ella para leer el programa. No se utiliza otro tipo de memoria (la EPROM, por ejemplo) porque, aunque tienen la ventaja de no perder los datos cuando no tienen alimentación, son memorias mas lentas y que requieren procesos mas complicados para su borrado y regrabación: otra de las ventajas de la memoria RAM es que no necesitamos borrar los datos que contiene, escribimos directamente los nuevos datos sobre los que ya tiene grabados.

Inmediatamente debajo tenemos un conmutador con las indicaciones RN-ST. Si el conmutador está hacia la posición RN, el PLC ejecuta el programa que tiene grabado (como se dice vulgarmente: *"El programa está corriendo"*). Si el conmutador se pone hacia la posición ST (STOP), el programa se detiene en la instrucción que esté ejecutando en ese momento el autómata.

Debajo del conmutador RN-ST, la CPU dispone de dos leds que nos indican, cuando están encendidos, si el autómata está corriendo el programa (RN) o si bien el programa se ha detenido (ST).

Debajo de los dos leds de funcionamiento, existen otros tres leds con las indicaciones: QV, ZV y BA. Estos tres leds nos indican si la CPU ha detectado algún error interno

Por debajo de los leds existe un **conmutador** con las indicaciones NR-RE-OR, que debemos mantener siempre hacia la posición NR

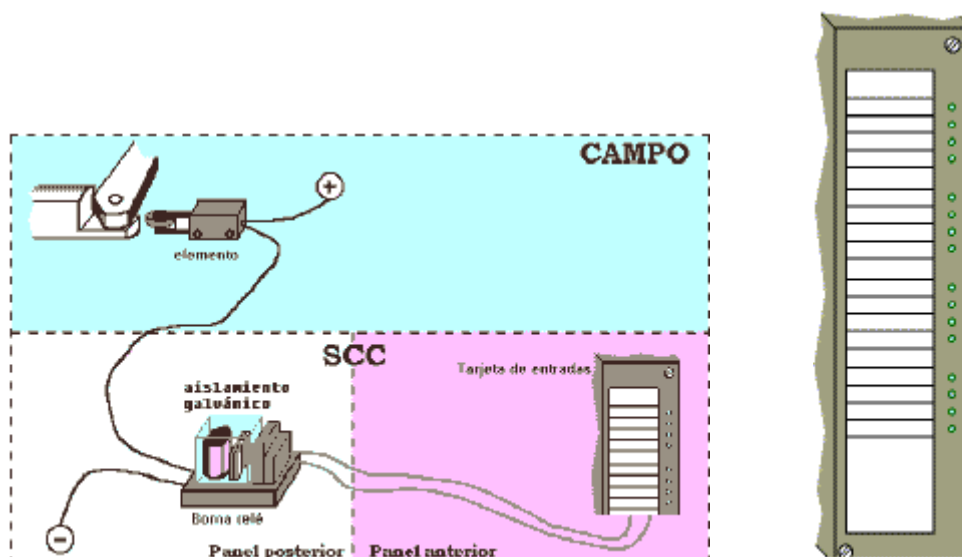
En la parte inferior izquierda de la CPU existe un conector cuya finalidad es enganchar en él una maleta de programación o un PC con los que variar el programa, introducir un nuevo programa, visualizar el funcionamiento del programa, etc.

A la **derecha** de la CPU está instalada la tarjeta de comunicaciones (CP), esta tarjeta sirve para comunicar el autómatas, a través de una red SINEC L-2, con:

- Los otros autómatas de la instalación (PLC1 y PLC3)
- El ordenador que sirve para la comunicación con el operador (SCADA)
- El sistema de telemando (telem) para que en el despacho reciban las distintas señales y desde el despacho se transmitan las órdenes hacia los elementos de la instalación

El hardware de un PLC o autómatas, tarjetas de E/ S

A continuación de la CP están instaladas 6 tarjetas de entradas digitales (ED), estas tarjetas tienen una serie de lámparas que nos indican el estado de la entrada (si la entrada está activada el led está encendido, si no lo está el led está apagado). Con el fin de proveer un aislamiento galvánico del PLC con campo (la instalación), las tarjetas de entradas digitales no se conectan directamente a los elementos de campo; los elementos de campo se conectan a unas bornas relé (BE) situadas en la parte posterior de los armarios, de los contactos libres de potencial de estas bornas relé se toman las señales que entran en las tarjetas. Sólo en algunos casos específicos (que veremos en las colecciones de esquemas) las señales de campo llegan directamente a las tarjetas de entradas digitales.



Estas tarjetas, como indica su nombre, sólo trabajan con señales digitales, las señales digitales sólo admiten dos estados:

- **[0]** (o ausencia de tensión, contacto abierto,...)
- **[1]** (presencia de tensión, contacto cerrado,...).

Para acceder a las bornas de la tarjeta abrimos la tapa en la que está situada la carátula con las distintas señales.

En la parte derecha del bastidor central está situada la tarjeta de expansión (306), la misión de esta tarjeta es permitir conectar mas tarjetas de entradas o salidas a través de un nuevo bastidor de ampliación (situado, en este caso, en la parte superior del bastidor central). Este nuevo bastidor se comunicará con el bastidor central a través de una nueva tarjeta de expansión.

En el bastidor de ampliación, a la izquierda de la tarjeta de expansión, tenemos instaladas tres nuevas tarjetas de entradas digitales a las que le siguen tres tarjetas de salidas digitales (SD). Como vemos en el dibujo el aspecto de estas tarjetas es muy parecido a las de entradas digitales, estas tarjetas van a servir, por un lado, para que el autómata transmita las órdenes a los distintos órganos de la instalación (válvulas, motores, etc.) y, por otro, para que se enciendan las lámparas de funcionamiento y/o avería situadas en el armario PSM.

Las tarjetas de salidas digitales, como las de entradas digitales, están aisladas galvánicamente de campo a través de unas bornas relé (BS). Estas bornas están situadas en la parte posterior de los armarios.

A las tarjetas de salidas digitales les sigue una tarjeta de entradas analógicas (EA). Una señal analógica es aquella que es variable en el tiempo (el ejemplo más típico que se suele poner es el caso de una corriente alterna). En el caso de nuestros autómatas a través de esta tarjeta se introducen datos que sirven, solamente, para la información del operador (potencia activa del/los grupo(s), potencia reactiva, nivel de la cámara de carga,...)

Software de un PLC o autómata, operandos, marcas, nemónicos, programa

1.2) Software

Para examinar el software (programa) que tiene introducido el PLC debemos recurrir, como ya se ha dicho, a conectar una maleta de programación o un PC (con un programa adecuado) al PLC. Otra manera de examinar el programa es a través de la documentación que nos entrega la casa que hizo la programación. Como no es el objetivo de este curso profundizar en los métodos de programación y tratamiento de todas las señales, en este apartado nos referiremos única y exclusivamente al tratamiento de las señales digitales que es el proceso que nos servirá para determinar las distintas averías.

Si queremos entender algo del programa, tenemos que tener claros una serie de conceptos básicos que explicamos a continuación:

a) Operando: es un elemento (entrada o salida) con el que vamos a trabajar en el programa. Existen tres tipos de operandos:

- **Entradas:** son las distintas entradas digitales que llegan al autómata. Estas entradas van agrupadas en grupos de 8 entradas (un byte). Los bytes van numerados de forma correlativa atendiendo a su posición en los bastidores. Como en informática siempre se empieza contando por el cero, el primer byte (el correspondiente a la parte superior de la tarjeta ED más próxima a la CPU) correspondería a las 8 primeras entradas de esta tarjeta. Cada entrada, a su vez, irá numerada correlativamente de 0 a 7. Las entradas, en el programa, van numeradas con la letra E seguida del número de byte y, separado por un punto, va el número de la entrada. Veamos unos ejemplos:

E0.0	Sincronizador	en	prueba
E0.1	Sincronizador	en	manual
....			
E0.6	E0.6	(no	está
E0.7	E0.7	(no	está
E1.0	Protección	diferencial	conectada)
...			alternador
E29.2	Ataguía socaz abierta		

- **Salidas:** Son las diferentes salidas digitales. Su numeración sigue el mismo criterio que las entradas, la única diferencia estriba en que el número de las salidas comienza con la letra A y la numeración del byte empieza en el número 36. Veamos unos ejemplos:

A36.0	Señal	bomba	principal	aceite	turbina
A36.1	Señal	socorro		aceite	turbina
...					
A39.2	Salida señal grupo parado				

- **Marcas:** son resultados intermedios del programa que los podemos utilizar como entradas o como salidas. Se numeran con los mismos criterios que las entradas y salidas empezando por el byte 0 y anteponiendo la letra M. Ejemplos:

M0.0		Siempre		cero
M0.1		Siempre		uno
M0.2	Necesidad		de	bocina
...				
M2.6		Preparado		drenaje
...				

- **Nemónico:** es un símbolo (abreviatura) que utiliza el programador para facilitar la tarea en la programación ya que, dependiendo del lenguaje de programación, se le puede permitir utilizar sólo las numeraciones de las entradas, salidas y marcas o bien se le puede permitir el empleo de los nemónicos que, para él, son más fáciles de recordar. Veamos unos ejemplos:

Operando	Nemónico	Comentario
E0.0	Sinprueb	Sincronizador en prueba
E4.5	ACTPalta	Acumulador turbina presión alta
A36.0	S_BAT1	Bomba principal aceite turbina
A36.4	S_VAG	Válvula agua general abrir
M0.2	Bocina	Necesidad de bocina
M2.0	P_frenado	Preparado frenado

- **Módulo de programa:** Podemos definirlo como una hoja en blanco donde el programador puede escribir datos, órdenes, funciones, etc. Tenemos cuatro tipos de módulos:

- **DB:** Son módulos que contienen datos
- **FB:** módulos que contienen funciones
- **OB:** módulos que sirven para organizar otros módulos
- **PB:** módulos que contienen las órdenes

De todos los módulos los que mas nos interesan a nosotros son los módulos PB ya que en estos tenemos las distintas secuencias que realiza el programa.

- **Segmento:** si el módulo de programación lo definiáramos como una hoja, el segmento equivaldría a una línea dentro de la hoja, es decir, dentro del módulo.

- **Constantes:** Especifican el formato de los datos, aunque para nosotros carecen de mayor importancia, las enumeramos porque vamos a encontrar alguna en los esquemas que pretendemos interpretar (como la KT). Tenemos las siguientes constantes:

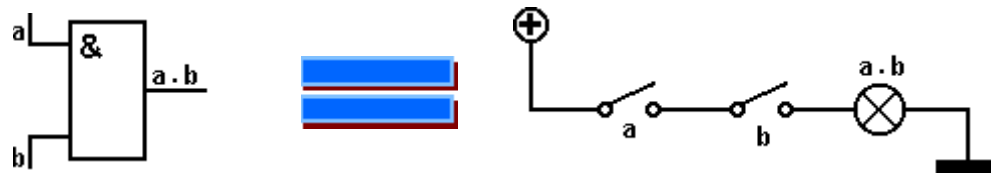
- KC:	Constante	en	caracteres	ASCII
- KF:	Constante	en	número natural	sin coma
- KG:	Constante	en	número natural	con coma
- KH:	Constante	en		hexadecimal
- KM:	Constante	en		binario

-**KT:** Constante de temporización de temporización
 - **KZ:** Constante de contador

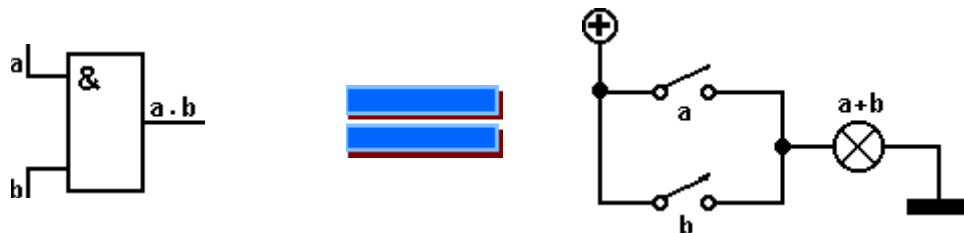
Software de un PLC o autómeta, operadores, puerta Y, puerta O, temporizador

- **Operadores:** son las funciones (operaciones) que el autómeta puede realizar y que nosotros podemos utilizar en el programa. Entre los muchos operadores que incorpora SIEMENS en sus autómetas, destacamos, a continuación, las funciones que se utilizan en los programas de nuestras instalaciones.

- **Puerta Y:** Realiza la función lógica denominada “AND”, o producto lógico; esta función activa su salida cuando todas sus entradas están activadas; equivale pues, a tantos contactos en serie como entradas tenemos. Su símbolo, y circuito equivalente, son los siguientes:



- **Puerta O:** Realiza la suma lógica o función “OR”; en esta función basta que una de las entradas esté activada para que la salida esté activada. Equivale a tantos contactos en paralelo como entradas dispone la función. Su símbolo, y circuito equivalente, es:



- **Temporizador:** La única función de temporización que utilizamos en los programas es la de un temporizado a la conexión. Este temporizado se caracteriza porque cuando la entrada [T!] se pone a [1], el autómeta empieza a contar el tiempo que se fija en la entrada [TW]. Para determinar el tiempo que se ha fijado en esta entrada pasemos a explicar cómo se interpreta el valor de la constante KT; la constante KT tiene el siguiente formato

KT	Valor	.	Retícula de tiempo
----	-------	---	--------------------

KT, como ya se ha dicho, es el nombre de la constante (es obligatorio ponerlo con el fin de que el programa sepa que tipo de constante tiene en esta entrada).

El valor es el número de pulsos que tiene que contar, este valor no puede superar las tres cifras

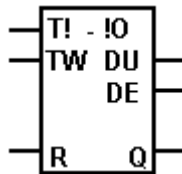
La retícula indica el tamaño de los pulsos que se van a contar, puede adquirir los siguientes valores:

0	=	Centésimas de segundo
1	=	Décimas de segundo
2	=	Segundos
3	=	Intervalos de 10 segundos

Veamos unos ejemplos:

Un temporizador que tiene una constante de tiempo de KT 5.3, activará si salida [Q] transcurridos 50 segundos (5 valor x 10 seg. retícula). Un temporizador con constante de tiempo KT 12.2 activará su salida transcurridos 12 segundos (12 valor x 1 seg. retícula).

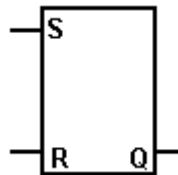
El símbolo del temporizador lo vemos a continuación:



Las salidas [DU] y [DE] no se utilizan. La entrada [R] pone a cero el temporizador.

Software de un PLC o autómatas programables, báscula RS

- **Báscula RS:** Esta báscula es un multivibrador biestable del tipo RS, este multivibrador se caracteriza porque si activamos su entrada de Set [S], la salida se pone en estado alto ([1]), la salida permanece en este estado hasta que se active la entrada de Reset [R] aunque la entrada de Set se vuelva al estado bajo. Lo mismo ocurre con la entrada de Reset [R], la salida permanecerá en estado bajo ([0]) hasta que se active la entrada de set, aunque la entrada de Reset haya pasado a estado bajo. Su símbolo es el siguiente:



- **Salidas:** Las salidas se van a utilizar cuando queremos generar el final de un segmento con alguna de las funciones lógicas AND u OR, ya que a estas funciones no le podemos asignar nemónico (sí lo podemos hacer con los temporizadores y con las básculas, en éstos el nombre del nemónico se pone en la parte superior sustituyendo al nombre de la función). Las salidas pueden referirse directamente a una de las bornas de las tarjetas de salidas o bien ser marcas internas que luego utilizaremos en el programa. Su símbolo es un cajetín con un signo igual dentro.

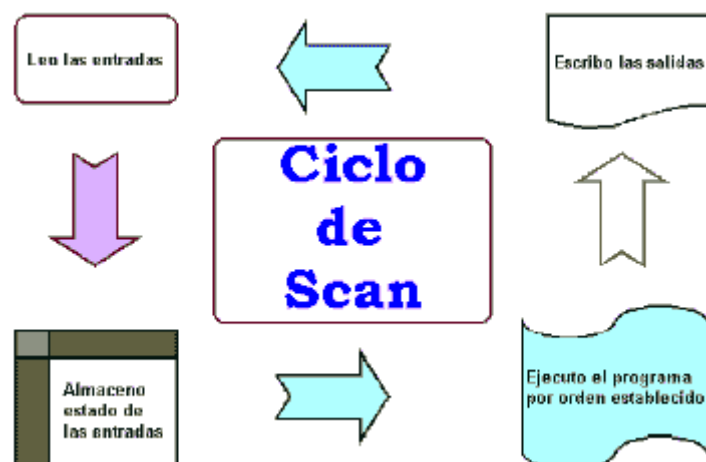
Funcionamiento de un autómata o PLC

1.3) Cómo funciona el autómata

El autómatas está siempre repitiendo un ciclo, llamado ciclo de SCAN, que consiste en lo siguiente:

- a) En primer lugar lee todas las entradas y almacena el estado de cada una de ellas
- b) En segundo lugar ejecuta las operaciones del programa siguiendo el orden en que se han grabado (ejecuta el segmento 1 del módulo PB 0, a continuación el segmento 2 del mismo módulo, y así hasta terminar con todos los segmentos del módulo PB 0, a continuación hace lo mismo con el módulo PB 1, el PB2,...). Todo esto si el programador en otro tipo de módulos (los OB) no le ha fijado otro orden distinto.
- c) En tercer lugar escribe el resultado de las operaciones en las salidas.
- d) Una vez escritas todas las salidas (activando o desactivando las que el resultado de las operaciones así lo requieran) vuelve al paso A.

Este ciclo de Scan se realiza indefinidamente hasta que pasemos el conmutador de la CPU a la posición STOP.

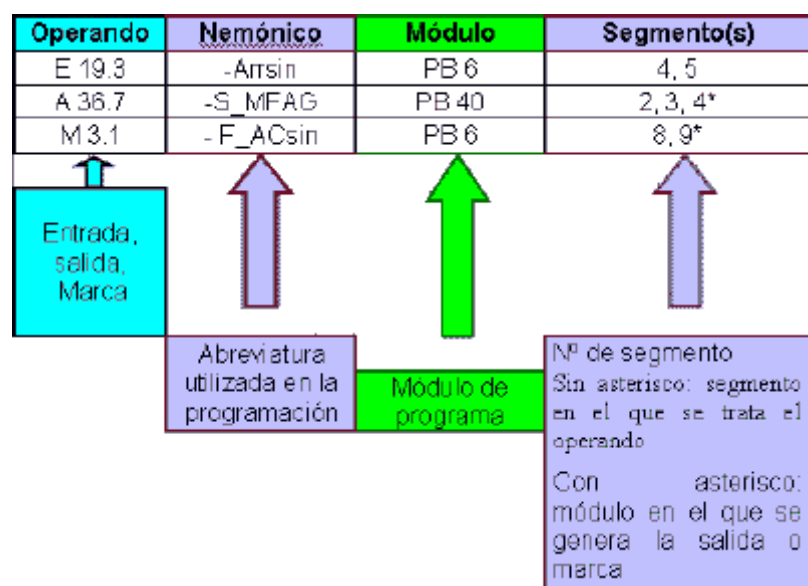


1.4) Interpretación del programa: Lista de referencias

En la documentación entregada con el listado del programa del PLC hay una parte titulada "lista de referencias" que nos sirve para saber:

- a) en qué módulos y en qué segmentos se tratan las entradas
- b) en qué módulos y segmentos se generan las marcas
- c) en qué módulos y segmentos se utilizan las marcas
- d) en qué módulos se generan las salidas

Si echamos un vistazo a esta lista de referencias vemos que adquiere el formato siguiente:



Para familiarizarnos con los esquemas lógicos, listado del programa, vamos a poner un ejemplo. Este ejemplo está tomado del programa del PLC del Grupo 1 de la C.H. Ondinas.

Supongamos que queremos saber las condiciones que se tienen que cumplir para que el autómata dé la orden de arrancar o parar el motor del filtro de agua de refrigeración. Como primer paso buscamos (si no sabemos cuál es la salida) en el listado de entradas, salidas y marcas la salida que corresponde a dicho motor, en este listado encontramos lo siguiente

A36.7	S_MFAG	Conexión motor limpieza filtro agua gene
-------	--------	--

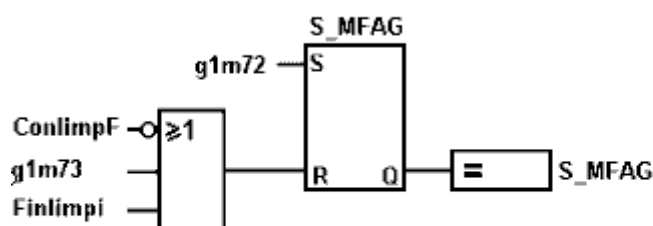
Como ya sabemos la salida de la que se trata (la A36.7), buscamos en la lista de referencias en qué módulos se trabaja con dicha salida, la lista de referencias nos dice:

A 36.7	S_MFAG	PB 40	2, 3, 4*
--------	--------	-------	----------

Funcionamiento de un PLC, lista de referencias, ejemplo

Por la lista de referencias sabemos que la salida se genera en el segmento 4 del módulo PB40 (ya que es este segmento el que tiene el asterisco). Si buscamos dicho segmento encontramos el siguiente diagrama

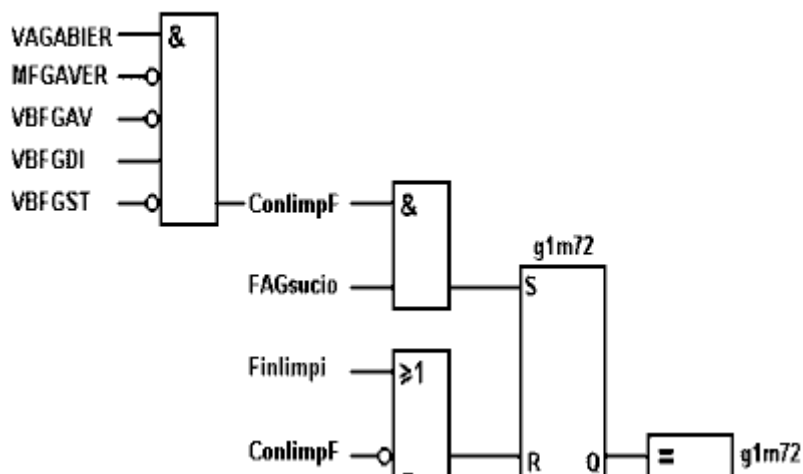
SEGMENTO 4 002D CONECTAR MFG



M 25.1 = g1m72	Necesidad limpieza filtro
A 36.7 = S_MFAG	Conexion motor limpieza filtro agua gene
M 25.0 = ConlimpF	Condiciones limpieza filtro
M 25.2 = g1m73	Vigilancia arranque MFG
M 25.6 = Finlimpi	Fin limpieza filtro

Para la activación de la salida **[Q]** tenemos que activar la marca g1m72, ya que esta marca es la que está conectada a la entrada de Set de la báscula **[S]** (como este nombre es un nemónico, miramos en la parte inferior del segmento para saber cuál es el número de la marca, en este caso el nemónico g1m72 es el nombre que se le ha asignado a la marca M25.1). Recurrimos, de nuevo, a la lista de referencias para saber en qué segmento y módulo se activa dicha marca: la lista nos dice la marca M 25.1 se activa en el segmento 1 del módulo PB40.

SEGMENTO 1 0000 PERMISO ARRANQUE LIMPIEZA FILTRO



Por el diagrama lógico vemos que esta marca g1m72, permiso arranque limpieza filtro, se genera a través de una báscula RS. Para su activación (entrada **[S]** a **[1]**) es necesario que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- Que existan las condiciones de limpieza del filtro (ConlimpF esté a **[1]**)
- Y que nos llegue la confirmación de que el filtro está sucio (la marca FAGsucio correspondiente a la entrada E 9.4 esté, también, a **[1]**)

Para que existan las condiciones de limpieza del filtro (ConlimpF a **[1]**) es necesario, a su vez, que se cumplan todas y cada una de las siguientes condiciones:

- Que la válvula de agua general esté abierta: VAGABIER (E 27.1) a **[1]**
- Y que no exista avería en el motor del filtro general: MFGAVER (E 27.5) esté a **[0]**

Vamos a explicar aquí que una entrada, o una salida, que tiene colocado un círculo, como tiene en este caso la MFGAVER, significa que dicha entrada (o salida) está negada. Si es una entrada, esto significa que la entrada tiene que estar desactivada para que se cumpla la condición (la entrada debe estar a **[0]**, de ahí la expresión de “que no exista avería ...”); si la negación está en la salida, esto

significa, que después de la negación tendremos el resultado inverso al que tenemos a la entrada de dicha negación (por eso se le llama función inversión).

- Y que tampoco exista avería en la válvula de broza: VBFGAV, E 27.7, a [0]
- Y que la válvula de broza esté en distancia (conmutador instalado en la CML): VBFGDI, E 28.0, a [1]
- Y que no esté pulsada la seta de la válvula de broza: VBFGST, E28.1, a [0]

La marca g1m72 se pondrá a cero cuando se cumpla una de estas condiciones:

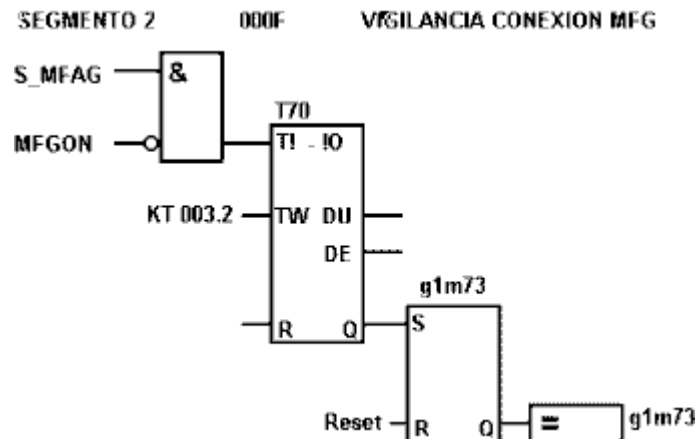
- O bien cuando se active la marca Finlimpi (Fin limpieza filtro): M 25.6
- O bien si se desactiva ConlimpF (elaborada en este mismo módulo)

Para desconectar el motor del filtro (S_MFAG a [0], segmento 4 del módulo PB 40, visto anteriormente), basta que se cumpla una de estas condiciones:

- Que la marca ConlimpF se desactive: M 25.0 a [0]
- Que se active la marca g1m73 (M 25.2: vigilancia arranque MFG)
- O que se active la marca Finlimpi (M 25.6)

Funcionamiento de un PLC, lista de referencias, ejemplo (continuación)

Como la marca ConlimpF (M 25.0) la estudiamos anteriormente, veamos ahora cómo se genera la marca g1m73 (vigilancia arranque MFG). Si buscamos en la lista de referencias, ésta, nos dice que esta marca se genera en el segmento 2 del módulo PB 40. Un vistazo al diagrama lógico de este segmento nos revela lo siguiente:

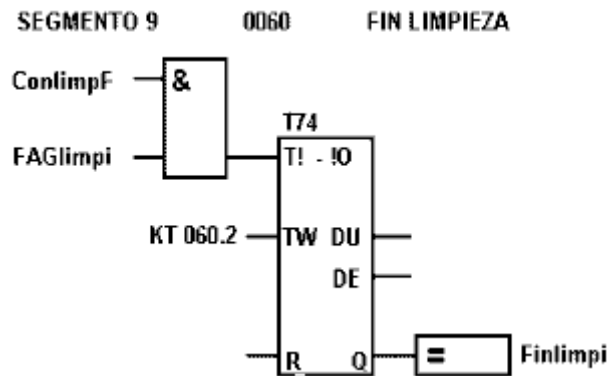


Esta marca se activa y desactiva a través de una báscula RS, para que la salida de la báscula se active es necesario que haya transcurrido un tiempo de 3 segundos desde que se activó la entrada del temporizador T70. Este tiempo de 3 segundos viene determinado por la constante KT ya que su retícula "2" nos indica que hay que multiplicar el valor (3, en este caso) por 1 segundo.

Para que la entrada del temporizador se active es necesario que se cumplan las dos condiciones:

- Que el autómatas haya dado orden de marcha al filtro: S_MFAG (salida A 36.7 a [1])
- Que el motor del filtro se haya puesto en marcha: entrada E 27.3 (MFGON) a [1]

Para que la marca Finlimpi (M 25.6) se active son necesarias las siguientes condiciones (segmento 9 del módulo PB40, extraído de la lista de referencias):



Que haya transcurrido un tiempo de 60 segundos desde que se han activado las dos señales:

- Condiciones de limpieza filtro (ConlimpF, marca M 25.0)
- Filtro agua general limpio (entrada E9.5, FAGlimpio)

Como programar un PLC (Controlador lógico programable)

Elementos principales para programar un PLC




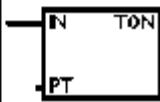
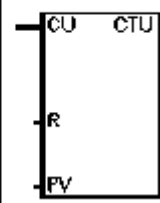
Antes que nada hay que definir en sí lo que es un PLC.

Un **PLC** (Controlador Lógico Programable) en sí es una máquina electrónica la cual es capaz de controlar máquinas e incluso procesos a través de entradas y salidas. Las entradas y las salidas pueden ser tanto analógicos como digitales.

Los elementos importantes en un programa para PLC (en este caso utilizaremos como base el siemens) al igual que un alambrado lógico con elementos eléctricos como relevadores son:

- Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.
- Bobinas.
- Temporizadores (Timers).
- Contadores.

A continuación se muestran los símbolos de cada elemento a través de siemens:

SÍMBOLO	ELEMENTO
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	
BOBINA	
TIMERS	
CONTADORES	

Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados

Un contacto es un elemento eléctrico el cual su principal y única función es abrir y cerrar un circuito eléctrico ya sea para impedir el paso de la corriente o permitir el paso de la misma.

Un contacto es un elemento de entrada. Así lo lee el PLC. Las entradas se representan por medio de la letra **I**. Cuando un contacto se activa y éste se cierra (contacto normalmente abierto) este pasa de un estado lógico 0 a un estado lógico de 1. Cuando un contacto se activa y este se abre (contacto normalmente cerrado) este pasa de un estado lógico 1 a un estado lógico 0.

Bobinas

Las bobinas no son mas que un arrollamiento de alambres los cuales al aplicarles un voltaje estas crearan un fuerte campo magnético. Por lo tanto las bobinas que actúan en los programas de PLC representan los electroimanes de los relevadores eléctricos.

Las bobinas se consideran como elementos internos del PLC pero estas también representan salidas.

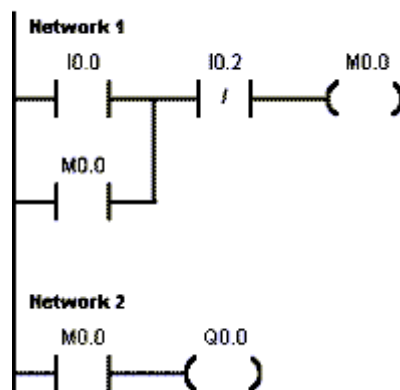
Cuando se representan internamente actúan como electroimanes donde su principal letra característica son: la **M** y la **V**.

Cuando representan una salida estos se representan especialmente con la letra **Q**. (las salidas mas comunes representan a motores eléctricos, solenoides, cilindros eléctricos entre otras salidas)

A continuación daremos 2 ejemplos sencillos en donde se pueden utilizar puros contactos y bobinas.

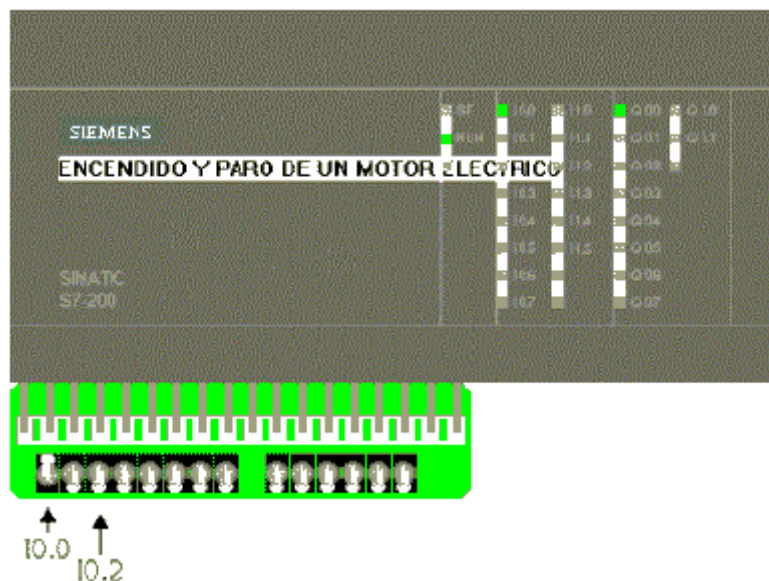
Ejemplo A: armar un programa en escalera el cual me encienda un motor eléctrico a través de un contacto y que éste se apague cuando presionemos otro contacto.

ENCENDIDO Y PARO DE UN MOTOR ELECTRICO



Como se observa el contacto I0.0 e I0.2 son elementos de entrada y la bobina M0.0 es una bobina interna del PLC. La salida en este caso un motor eléctrico se representa con la bobina Q0.0

Explicación del ejemplo A: cuando usted presione el elemento I0.0 este hará que se active la bobina M0.0 y a causa de ello provocara que el contacto auxiliar M0.0 se cierre y así se encienda el motor eléctrico.



El contacto auxiliar M0.0 sirve como una retroalimentación al circuito. Esto se hace por que por lo común los contactos de entrada son de pulso y este se encuentra en **uno** cuando lo tengamos presionado y al soltarlo cae a **cero**. Por lo tanto para evitar eso se retroalimenta el contacto.

El motor se detendrá únicamente cuando se presione el contacto I0.2 ya que este cortara la retroalimentación que existe en el circuito.

Ejemplo B: hacer un programa en lenguaje escalera el cual encienda y pare un motor eléctrico. Además dicho programa deberá contener protecciones para proteger al motor, esto es, que se detenga automáticamente cuando halla una sobrecarga (recuerde que una sobrecarga en el motor significa un aumento en la corriente de consumo) y además que se detenga cuando exista alta temperatura en el motor.

El ejemplo propuesto anteriormente lo resolveré para la segunda parte de este tutorial. Por lo tanto si alguien lo desea hacer antes de que lo presente que me lo envíe a mi correo para analizarlo. Correo:

En la segunda parte trataremos otros elementos como el: temporizador y contador. Así como ejercicios prácticos.

Pero estoy pensando hacer otra tercer parte que hablara de: comparación y aritmética tanto fija como flotante.

El UPS (introducción)

UPS - Introducción (Primera parte)

[Qué es? - El inversor](#)

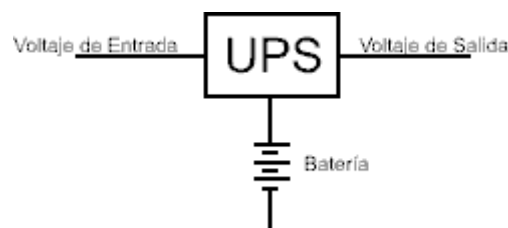
Sistema de Fuerza ininterrumpible.

Qué es???

Un Sistema de Fuerza Ininterrumpible es un equipo cuya función principal es evitar una interrupción de voltaje en la carga a proteger.

Son varios los nombres que recibe este tipo de equipos, a continuación enumero los más comunes:

- **UPS**: Son las iniciales en inglés, "Uninterruptible Power Supply"
- **No Break**: Que significa sin interrupción
- **SFI**: Por Sistema de Fuerza Ininterrumpible
- **SAI**: Por Sistema de Alimentación Ininterrumpible



En el diagrama a bloques anterior, observamos el voltaje de alimentación del UPS y la "Batería", ambas son las dos fuentes de energía para la salida del UPS. El UPS tomará energía de la Batería. en caso de que haya ausencia del voltaje de entrada y de esta manera se podrá seguir dando voltaje a la Carga.

La "Carga" esta constituida por los aparatos a ser alimentados por el voltaje de salida de UPS y de los cuales no deseamos se interrumpa la energía.

Ejemplos de cargas sería:

- Computadoras
- Equipo médico
- Equipo de Telecomunicaciones
- Conmutadores telefónicos
- Cajeros automáticos de Bancos
- Equipos de radar en aeropuertos
- Sistemas contra incendios
- etc.

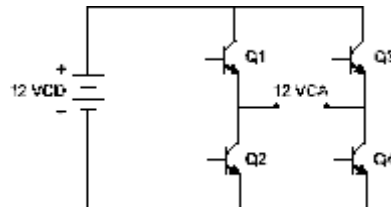
El Inversor

Del diagrama a bloques anterior observamos que en caso de ausencia de voltaje a la Entrada del UPS, el UPS toma energía de la batería y sigue alimentando la "Carga". Pero la Batería es de "Corriente Directa" y en la carga necesita ser "Corriente Alterna"

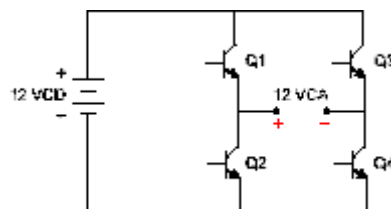
Es aquí donde toma importancia un elemento que se encuentra en todo tipo de UPS y este es el "Inversor".

El inversor se encarga de tomar la corriente directa de la batería y la convierte en corriente alterna para alimentar la carga.

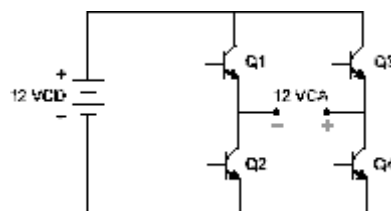
Esta corriente alterna obviamente tiene que ser de voltaje de 120 voltios (para el caso de México) y a una frecuencia de 60 Hz. (También para el caso de México)



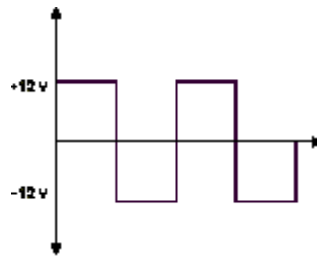
En el diagrama de arriba, observamos que hay cuatro transistores bipolares en configuración de Puente Inversor. Cuando se encienden los transistores Q1 y Q4 simultáneamente el voltaje en los terminales de salida es +/-



Ahora si apagamos los transistores Q1 y Q4 y encendemos Q2 y Q3, logramos que el voltaje en terminales de salida sea -/+. Es así como se logra la alternancia en polaridades. Si este cambio de polaridad se efectúa 60 veces por segundo, estaremos generando un voltaje de 12v de corriente alterna a 60Hz



De tal manera que la forma de onda del voltaje generado sería:



Las señales de disparo de los transistores pueden ser generadas a partir de un circuito oscilador de 60 Hz. De tal manera que en el circuito positivo se mande encender los transistores Q1 y D4 y cuando la señal sea cero, se encienden los transistores Q2 y Q3. Este voltaje generado de 12 vca. si lo alimentamos a un transformador de 12:120, nos daría en secundario del transformador 120 vca.

Como comentario final del Inversor, la forma de onda cuadrada generada de ejemplo, no es recomendada para usarse en equipó electrónico ya que puede provocar calentamiento excesivo a los componentes de ciertos equipos y su correspondiente daño prematuro. Para equipo electrónico o de cómputo, es mejor utilizar la forma de onda "cuasisenoidal" o la forma Senoidal, las cuales abordaremos más a fondo cuando hablemos específicamente del Inversor

UPS - Introducción (segunda parte)

[La batería - Control](#)

La Batería

En el diagrama de bloques del UPS, se muestra una batería la cual es la que alimenta el inversor para generar la corriente alterna de 120 v para, en caso de ausencia de voltaje de la energía comercial, poder seguir alimentando la carga.

Hay diversos tipos de baterías y se las llama generalmente de acuerdo a lo materiales que se utilizan para la construcción. Las hay de un solo uso como por ejemplo:

- Zinc-Carbón
- Alcalinas
- Litio
- etc.

También las hay recargables, las cuales una vez que se descargan pueden ser recargadas una vez más conectándoles un voltaje ligeramente al voltaje nominal de la batería: Ejemplos de baterías recargables:

- Nickel-Cadmio
- Plomo-Acido
- Alcalina recargable
- Tipo Gel

En si una batería o "celda" consiste de dos placas metálicas separadas por un electrolito el cual va a provocar una reacción química y generando un voltaje o diferencia de potencial entre las dos placas. Ese voltaje es muy pequeño, así que para obtener voltajes más altos, se conectan varias celdas en serie o en batería, siendo esta la razón por la cual se les llama baterías.

A continuación damos los voltajes por celda de diversos tipos de batería:

- Zinc-Carbón	1.50 volts
- Alcalina	1.50 volts
- Plomo-Acido	2.0 volts
- Litio	3.0 volts
- Nickel-Cadmio	1.2 volts

Por ejemplo las baterías de automóvil que necesitan 12 voltios constan en su interior de 6 celdas conectadas en serie. Lo cual podemos constatar al ver los 6 tapones de respiración que contiene.

Hace unos 20 años, las baterías utilizadas para UPS eran de Plomo-Acido pero representaban una serie de problemas ya que contienen el ácido en forma líquida y dicho ácido (ácido sulfúrico) al entrar en contacto con el aire, cuando se provoca algo de evaporación, genera una sulfatación la cual corroe el contenido metálico donde se alojaban las baterías. De tal manera que se tenía que dar mantenimiento de limpieza a dichas baterías una o dos veces al año. Ahora se tienen las baterías tipo Gel, las cuales son también de Plomo-Acido pero el ácido está contenido en forma de gelatina y de esta manera la batería no tiene líquido que derramar aparte de otras ventajas. Pero eso lo veremos más a fondo en otro capítulo dedicado exclusivamente a las baterías.

La batería de tipo Gel así como la batería de Plomo-Acido tienen un voltaje por celda de 2.0 volts; este es su voltaje nominal.

Voltaje de flotación: La batería con el tiempo se puede descargar aún y cuando no se utilice debido a que hay una corriente de descarga mínima entre las placas, debido a ello, es necesario dar a las baterías un voltaje llamado de flotación, que es un nivel ligeramente mayor al nominal y de esta manera evitamos que la batería se descargue y esté 100% cargada. El voltaje de flotación para las baterías de Gel es de 2.25 volts por celda (VPC)

En las baterías que tienen líquido como las de auto, una vez descargadas es necesario darles un voltaje de recarga el cual es ligeramente mayor al de flotación siendo del valor de 2.33 VPC. Pero en las baterías tipo Gel no se recomienda darles voltaje de igualación una vez que se descarga la batería. Con el voltaje de flotación es suficiente para recargarlas.

Fin de la descarga: Cuando estamos pidiendo corriente a la batería, se dice que la estamos descargando. El mínimo voltaje en la batería cuando la descargamos es de 1.75 VPC o 10.5 volts para baterías de 12 volts.

Si descargamos la batería a un valor menor a 10.5 volts, hay peligro de que la batería ya no se pueda recargar y se daña, teniendo que reemplazarla.

Por tal razón la lógica del UPS debe cuidar de desconectar la batería cuando llegue a 10.5 volts.

Control

Finalmente, el UPS está controlado por una tarjeta lógica donde generalmente encontramos un Microcontrolador o un microprocesador que sería el que toma decisiones tales como las siguientes:

- Apagado del UPS por bajo voltaje de batería
- Detección del nivel de voltaje de Batería para que aún y cuando el voltaje varíe, el Inversor entregue un voltaje regulado a la carga.
- Detección del voltaje de Entrada para encender el Inversor
- Detección de regreso de voltaje de Entrada a niveles Normales para apagar el Inversor y comenzar a recargar la batería
- etc.

Hay equipos UPS desde 250 Volt-amperes hasta 1000 Kva, así es que obviamente la Lógica de Control del equipo varía grandemente dependiendo del UPS y la capacidad.

Hasta aquí terminamos en lo que es una pequeña introducción al tema de los UPS, en próximos tutoriales cubriremos los siguientes temas:

Tecnologías de UPS

- Off-Line
- Línea Interactiva
- On Line
- etc.

Las Baterías

El Inversor

- Onda cuadrada
- Onda Cuasisenoidal
- Modulación PWM
- Onda Senoidal

Topologías de UPS

Topologías de UPS (Off Line (fuera de línea) o Stand-By)

[Off line, stand-by o fuera de línea, filtros, la batería](#)

TOPOLOGIAS DE UPS

Existen diversos tipos de Topología de UPS y cada una de ellas tiene sus ventajas y desventajas, es necesario conocerlas si deseamos aprender a reparar un UPS ó si deseamos tener los suficientes conocimientos para seleccionar el equipo más adecuado para nuestras necesidades.

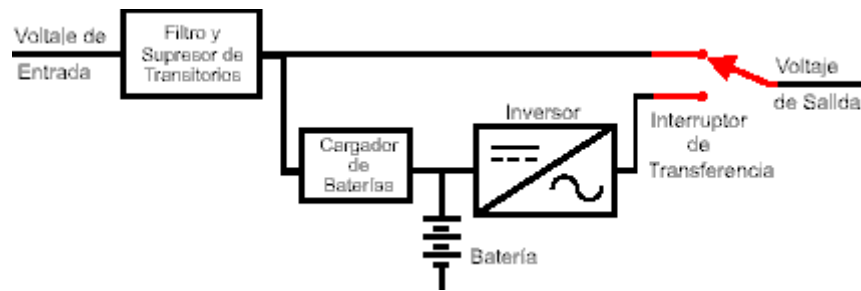
A continuación enumeraremos cada una de estas topologías y la discutiremos ampliamente:

I.- Off Line (Fuera de Línea) ó Stand-By

Se le llama Off-Line porque el Inversor se encuentra fuera del camino principal de la corriente, y se le llama Stand-By porque el Inversor se encuentra apagado “en espera” de que sea requerido para encender.

El UPS Off-Line es el tipo de UPS más económico ya que integra muy pocos componentes, el nivel de protección obtenido con este tipo de equipos también es muy limitado pero en general considero que es muy adecuado para protección de la computadora en el hogar ya que la inversión es muy baja (alrededor de unos 70 a 100 dólares) y aún así tenemos protegida nuestra computadora.

A continuación un diagrama a bloques del UPS Off-Line:



Ahora describiremos cada uno de los bloques que lo componen:

A.- Filtro y Supresor de Transitorios: El **Filtro de Línea** reduce las variaciones transitorias de voltaje debidas al encendido y apagado de ciertos aparatos como por ejemplo motores eléctricos, además reduce el ruido eléctrico que viene con el Voltaje de Alimentación del UPS para que aparezca en niveles más seguros en la Carga. Cabe hacer la aclaración que el Filtro de Línea sólo reduce problemas de variación de voltaje que son de tiempo muy corto; por el rango de los milisegundos y nanosegundos. No es su función regular el voltaje.

El Filtro de Línea consiste en Bobinas las cuales rechazan voltajes de alta frecuencia y capacitores conectados a Tierra para que cualquier alta frecuencia sea drenada a Tierra.

El **Supresor de Transitorios** lo que hace es Recortar los picos de voltaje que aparecen en la Línea a niveles más seguros. Un Transitorio de voltaje usualmente anda por el orden de los milisegundos a los nanosegundos y en valor, puede alcanzar desde los 200 hasta varios miles de volts. Consiste esta etapa generalmente de los llamados

Varistores de Oxido Metálico (MOV). Al Supresor de Picos se le llama comúnmente TVSS que significa Supresor de Voltaje Transitorio por sus siglas en inglés (Transient Voltage Surge Supresor).

El nivel de protección del filtro de Entrada de este tipo de equipos es limitado.

B.- La Batería.- La batería es uno de los componentes más importantes en un UPS, es la que va a hacer posible que nuestra computadora continúe encendida aún y cuando haya un corte de energía. La mayoría de las baterías utilizadas en los UPS son del tipo Selladas ó tipo Gel ó VRLA.

Una batería sellada funciona de la misma manera que una de auto, consiste en placas de Plomo y Antimonio sumergidas en un electrolito que en este caso es ácido sulfúrico. La batería tiene un voltaje de 2.0 volts por cada celda y si es una batería de 6 celdas, entonces es de 12 volts.

Cuando la batería está desconectada y medimos su voltaje con un multímetro, veremos dicho valor de 12 volts. Sin embargo la batería tiene una corriente de fuga entre las placas de tal manera que su valor con el paso de las horas va a ir disminuyendo y entonces cuando requiramos utilizarla, no nos dará el tiempo suficiente ya que no está cargada al 100%. Por tal razón requerimos aplicarle un voltaje llamado de flotación y es para baterías tipo Gel ó selladas de 2.25 VPC (Volts Por Celda) así es que para nuestra batería de 12 volts, requerimos aplicarle un voltaje de 13.50 volts de manera constante para asegurar que siempre la batería esté cargada.

Una vez que empezamos a tomar corriente de la batería, su valor de voltaje irá bajando con cierta rapidez desde los 13.50 volts hasta llegar al valor de voltaje nominal que es de 12.0 volts y entonces el valor permanecerá casi constante; cuando el tiempo de respaldo de la batería vaya terminando, el voltaje irá bajando de los 12 volts lentamente hasta llegar a los 1.75 VPC que para este caso de batería de 12 volts, serían 10.50 volts. Si seguimos descargando la batería, llegará un momento en que el voltaje bajará rápidamente e incluso los fabricantes recomiendan que no se descargue la batería a menos de este valor ya que se corre peligro que la batería no se pueda recargar nuevamente y por consiguiente la batería está dañada y hay

que reemplazarla. En resumen el voltaje de la batería inicia en 2.25 VPC (batería cargada al 100%) y termina en 1.75 VPC (batería totalmente descargada).

Físicamente la batería es un vaso ó cubierta de plástico donde se pueden observar las 6 válvulas en el caso de una batería de 12 volts y 3 válvulas en el caso de baterías de 6 volts; además se puede observar las dos terminales de voltaje, una de ellas marcada con color rojo ó con un símbolo (+) y la otra marcada con color negro ó un símbolo (-).

Topologías de UPS (el cargador de baterías)

Cargador de baterías - el inversor - Interruptor de transferencia

III.- El Cargador de Baterías.- El cargador de baterías es una fuente de voltaje que tendrá dos funciones:

1.- Dar a la batería el voltaje de flotación necesario para asegurar que la batería está cargada al 100%.

2.- Recargar la batería después que fue utilizada al haber un corte de energía. Es decir, al regresar la energía comercial, el cargador de baterías aplicará el mismo voltaje de flotación y la batería se empezará a recargar; una vez que la batería esté recargada completamente la corriente que fluya del cargador de baterías hacia la batería será mínima.

Hay otros tipos de cargadores muy utilizados en la actualidad que no siempre están dando voltaje a la batería sino que están encendiendo y apagando a intervalos y de esta manera logran aumentar la vida útil de la batería.

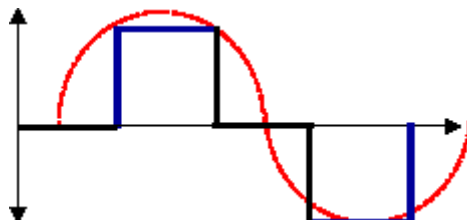
Físicamente el cargador de Baterías consiste en un devanado adicional del transformador de Salida además de un puente de diodos para convertir la CA en CD y un Mosfet el cual conecta y desconecta la "Carga" a las baterías y esto comandado por la tarjeta de Control. El mosfet generalmente tiene disipador de calor.

C.- El Inversor.- El Inversor el se representa por un bloque donde le entra Corriente Directa y sale Corriente Alterna:



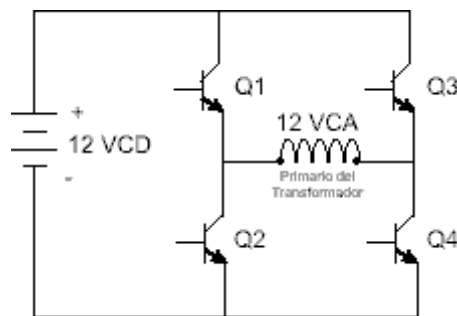
En el Tutorial de Sistemas de Fuerza Ininterrumpible ya se había mostrado la forma en que se logra la conversión de Corriente Directa a Corriente Alterna mediante el "switchero" de 4 transistores en configuración tipo Puente Inversor.

La forma de Onda que se utiliza en UPS del tipo Off-Line es la Cuasisenoidal y es de la siguiente forma:



La Forma de Onda Cuasisenoidal es la de color Negro y antepusimos una Senoidal para que se pueda comparar ambas ondas. Esta forma de Onda es recomendada para Equipo electrónico y de cómputo aunque si el equipo es muy delicado por ejemplo para equipos PLC se recomienda que la forma de onda del inversor sea Senoidal

Como este tipo de UPS es económico, se utiliza siempre la Forma de Onda Cuasisenoidal.



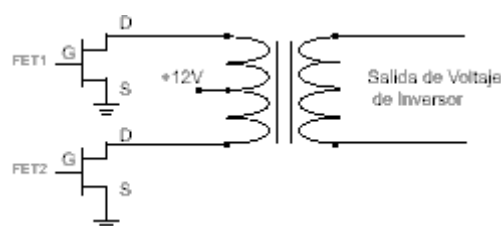
Recordando el diagrama del Inversor, Para generar el semiciclo Positivo de la onda, se tiene que mandar encender el transistor Q1 y Q4, después hay un tiempo en que no hay voltaje (aprox. 4 mseg.) Y en este caso los 4 transistores se encuentran apagados. Después generamos el semiciclo negativo encendiendo los transistores Q2 y Q3 y otra vez requerimos apagarlos para obtener un tiempo de voltaje cero.

Si generamos el semiciclo Positivo durante 4 mseg. Después 4 mseg. De voltaje cero, después 4 mseg. De voltaje negativo y finalmente 4 mseg. De voltaje cero; esta es la descripción de un ciclo en una forma de onda a 60Hz.

Para obtener un voltaje de 120 volts del inversor, basta con alimentar la onda obtenida a un transformador elevador (en el diagrama se representa sólo el primario de dicho transformador). El Voltaje de Pico de la señal obtenida deberá ser de 120 volts por 1.41 que es la raíz cuadrada del número dos. Es decir que para obtener 120 volts a la salida el pico de la señal obtenida deberá ser de +/- 170 volts.

En equipos más sofisticados, se regula el voltaje del inversor ya que el voltaje puede variar al estar bajando el voltaje de la batería y esto se logra aumentando un poco el ancho de los pulsos de voltaje y disminuyendo de la misma manera el ancho de los pulsos de voltaje cero para conservar el mismo tiempo de 16.6 mseg. Por cada ciclo a 60Hz.

Hay además otros diseños más sencillos de Inversor donde se utilizan tan solo dos transistores incorporando un transformador:



En el Diagrama anterior, si encendemos FET1, se hace pasar corriente en un sentido en el primario del transformador, y si encendemos FET2, hacemos pasar la corriente en el sentido contrario. De esta manera se consigue obtener la corriente Alterna en el secundario del transformador y con sólo dos transistores.

Para este tipo de equipos, el Inversor generalmente incorpora Mosfets ya que son más eficientes, es decir que producen menos calor. Si se necesita obtener más potencia de un Inversor, es práctica muy común que cada Mosfet en realidad consista de dos, tres, ó hasta 10 ó mas mosfets en paralelo para poder manejar más corriente.

El Inversor lo podemos identificar en un UPS porque consiste de varios transistores ó mosfets montados con su disipador de calor de grandes dimensiones ya que el Inversor es el elemento que genera más calor en el UPS. En ocasiones se incorpora un ventilador para ayudar al enfriamiento del Inversor.

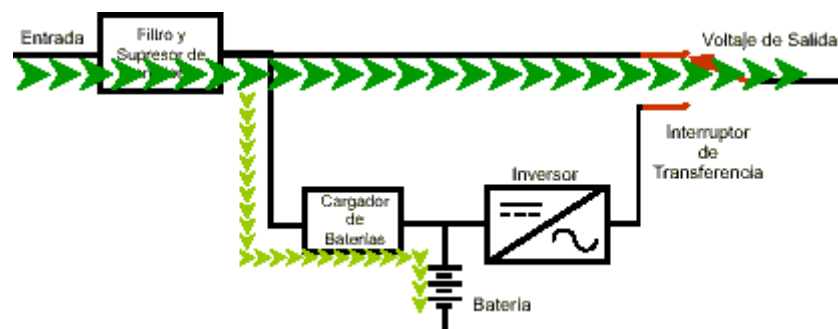
D.- El Interruptor de Transferencia.- Cuando hay un corte de energía ó el voltaje es muy alto ó muy bajo a niveles inadecuados para seguir operando la carga, requerimos desconectar el voltaje de Entrada que en este momento va hacia la carga y ahora requerimos encender el Inversor y rápidamente conmutar el voltaje de Inversor a la carga. Esto tiene que ser muy rápido para que la carga no se dé cuenta que el voltaje se interrumpió, esta es la función del interruptor de transferencia que generalmente es un relevador; el tiempo de transferencia típicamente es de 4 mseg. Pero en ocasiones dependiendo del fabricante puede ser hasta de 10 mseg.; Estos valores de tiempo de transferencia se consideran adecuados para la mayoría de las cargas electrónicas. Sin embargo hay cargas muy delicadas que aún un tiempo tan corto de interrupción puede hacer que operen incorrectamente por lo que este tipo de UPS no es adecuado para este tipo de cargas.

Topologías de UPS (funcionamiento normal y baterías)

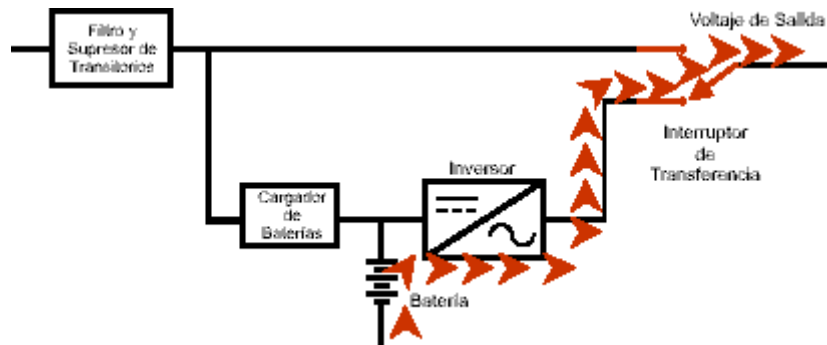
[Funcionamiento - Modo Normal / baterías - Ventajas, desventajas](#)

FUNCIONAMIENTO

MODO NORMAL: En el modo Normal de operación, el voltaje de alimentación es de un nivel tal que no hay necesidad que entre el Inversor a funcionar; por lo tanto el voltaje de Entrada pasa por el filtro y después energiza la carga a través del Switch de Transferencia el cual está Normalmente cerrado tomando en cuenta que es un relevador. La corriente fluye desde la Entrada y hacia la carga y una pequeña cantidad de corriente es rectificada por el cargador de baterías y utilizada para mantener la batería en “flotación”. El Inversor se encuentra apagado (en stand-by).



MODO BATERIAS: Cuando el voltaje de alimentación del UPS se sale de la ventana predeterminada de operación, el UPS se va a Modo Baterías. El voltaje de Entrada tiene una ventana “aceptable de operación” que suele ser de un +/-15% aproximadamente, esta ventana se escoge tomando en cuenta que voltaje es adecuado para alimentar la carga. Siendo el voltaje nominal de 120 volts, la ventana iría desde 102 volts y hasta 138 volts, dentro de este rango de voltaje, el UPS entregará ese mismo voltaje a la salida solamente acondicionado por el Filtro. Si el voltaje de Entrada es menor a 102 volts ó mayor a 138 volts, entonces el Control del UPS enciende inmediatamente el Inversor al mismo tiempo que manda energizar el relevador de transferencia, cuando el relevador conmuta el Inversor ya está encendido y listo para energizar la carga. Es importante hacer notar que el voltaje del Inversor es regulado y entrega un voltaje de 120 VCA +/-3% a 60.0 Hz (la frecuencia controlada por cristal) aún y cuando inicialmente el voltaje de baterías inicia en unos 14.0 volts y cuando la batería está totalmente descargada el voltaje es de 10.5 volts. (Esto para en caso de que la batería del UPS sea solamente una de 12 volts).



REGRESO A OPERACION NORMAL: Una vez que el voltaje regresa a los límites permitidos, el switch de transferencia ó relevador de transferencia se desenergiza y el UPS regresa a operación Normal donde la carga es nuevamente alimentada por el voltaje de Entrada. El Inversor se apaga al mismo tiempo y la batería se comienza a recargar hasta que llegue nuevamente a su estado de cargada al 100%. El tiempo que tarde en recargarse al 100% la batería depende del tiempo que el equipo duró en baterías y generalmente es de 10 veces el tiempo que duró la descarga, es decir que si el UPS estuvo por 5 minutos en baterías la batería estará casi totalmente recargada en unos 50 minutos. Esto varía un poco dependiendo del fabricante del UPS.

A continuación listamos las ventajas y desventajas del UPS Off-Line:

VENTAJAS

- Es muy económico
- Consume muy poca energía
- Es ligero
- Es el mas adecuado para el usuario personal

DESVENTAJAS

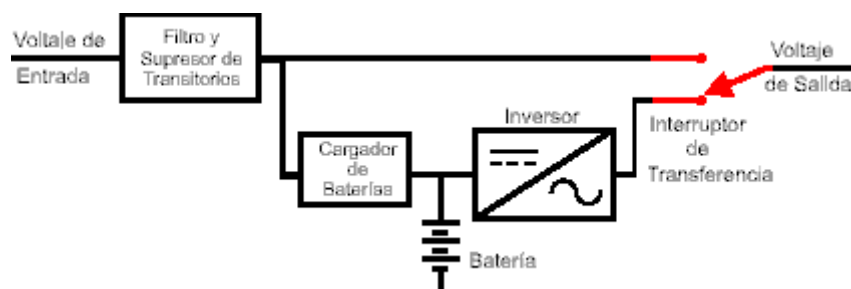
- No tiene regulación de voltaje
- No tiene regulación de frecuencia
- La protección a la carga es limitada
- La vida de la batería es corta (de 2 a 4 años)
- Hay una interrupción en el voltaje de 4 a 10 milisegundos cuando se va a baterías.
- La forma de onda cuasisenoidal no es compatible para todo tipo de cargas.

Topologías de UPS (UPS Stand-By con regulación de voltaje)

II.- UPS Stand-By con regulación de voltaje. Este tipo de equipos es muy similar al Stand-By pero con la característica adicional de que incorpora además una etapa de regulación de voltaje por lo que se obtienen dos ventajas:

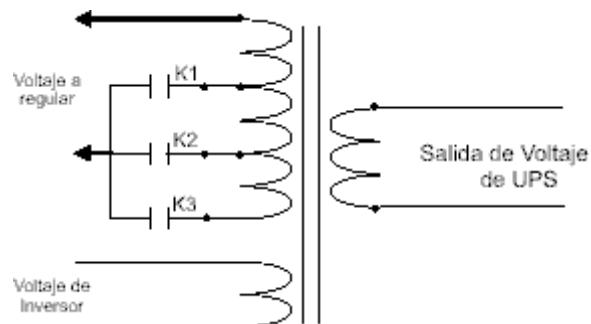
- A) Se alimenta a la carga un voltaje regulado por lo que está más protegida
- B) El rango de voltaje de Entrada que acepta el UPS sin ir a baterías es mayor

A continuación el diagrama a bloques:



Si comparamos el diagrama anterior observaremos que es muy similar al UPS Stand-By y la única diferencia es la etapa de regulación de voltaje.

Dicha etapa consiste en un transformador con varios "taps" de entrada y uno de salida de la siguiente forma:



Como se puede observar, el transformador tiene dos devanados primarios, uno con taps para realizar la regulación de voltaje y el otro primario es el que se va a alimentar con el voltaje de Inversor para elevarlo y obtener los 120 VCA.

Refiriéndonos a la regulación de voltaje, existe un común en la alimentación que va conectado al Neutro de Entrada y después tenemos los tres "taps" del transformador cada uno de los cuales está alimentado por el contacto Normalmente Abierto de un relevador. Aquí para la explicación utilizamos relevadores pero también se pueden utilizar Triacs en lugar de los relevadores.

Si cerramos el contacto del relevador K2, la relación de vueltas entre primario y secundario es de 1 lo que quiere decir que el voltaje que entra es el mismo que obtendremos a la salida.

Si cerramos el relevador K3, la relación ahora es menor a 1 de tal manera que el voltaje de salida será menor al de entrada.

Finalmente si cerramos el relevador K1 la relación de vueltas ahora es un poco mayor a 1 y el voltaje de salida será un poco mayor que el de entrada.

Obviamente sólo un relevador puede estar energizado al mismo tiempo. Si el voltaje de Entrada está en niveles desde 115 hasta 125 volts (valores de ejemplo) se considera que el voltaje es adecuado y entonces se energiza el relevador K2 para que el voltaje de Entrada sea igual que el de Salida. Si el voltaje de Entrada baja y llega a ser menor a 115 volts, entonces se desenergiza K2 y se energiza K1 y de esta manera el voltaje de salida lo elevamos para obtener un valor más cercano a los 120 volts. Ahora si el voltaje de Entrada sube hasta ser mayor a 125 volts, entonces se energiza K3 y el voltaje que obtenemos a la salida es menor aproximándose a los 120 volts.

De tal manera que el control está constantemente "sensando" el voltaje de Entrada para decidir si energizamos K1, K2 ó K3; el relevador que sea necesario para obtener a la salida un voltaje lo más cercano al nominal de 120 volts.

¿¿Qué sucede si el voltaje baja aún mas que aún con el Tap más alto no podemos obtener un voltaje adecuado??

¿¿Qué sucede si el voltaje sube tanto que aún y con el Tap más bajo no podemos obtener un voltaje adecuado??

En cualquiera de ambos casos se apagan los tres relevadores y enciende el Inversor, es decir que el UPS se va a modo de baterías.

Como verán, el funcionamiento de este tipo de UPS es muy similar al anterior pero como tenemos regulación de voltaje incorporada, si varía el voltaje primero que nada lo regulamos mediante los Taps del transformador y si el voltaje se sale completamente del rango en que podemos regularlo ya sea para arriba ó para abajo, entonces entra el Inversor para seguir protegiendo la carga.

Hay equipos Stand-By con regulador tan económicos que para simplificar el diseño no incorporan regulación por alto voltaje, sólo por bajo voltaje. Incluso hay equipos **“Stand By” y “Stand-By con regulador”** de ciertos fabricantes en los cuales el UPS no se va a baterías por alto voltaje. Es decir que estos equipos tienen protección de baterías por bajo voltaje mas no por alto voltaje; y eso es grave porque si hay una elevación en el voltaje nuestra computadora no estará protegida y pudiera dañarse.

Hay un tipo de topología que incorpora un Inversor “bidireccional” llamado **Línea Interactiva**, hay en realidad pocos equipos de esta tecnología en el mercado pero se ha creado un poco de confusión ya que al equipo Stan-By con regulador le llaman Línea Interactiva. Por ello cuando veamos que un fabricante le llama a su equipo **Línea Interactiva**, en realidad lo más seguro es que se trate de un equipo **Stand-By con Regulador**.

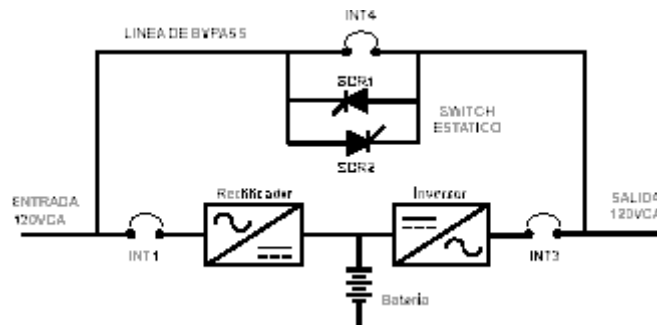
Este tipo de equipos es muy popular en capacidades desde 500 VA hasta 5 KVA y realmente son buenos equipos recomendados incluso para alimentar servidores y equipo delicado.

Hay incluso equipos “Línea Interactiva” (Stand-By con regulador) en los que la forma de onda del Inversor es senoidal, son un poco mas caros pero vale la pena ya que la onda senoidal es compatible con cualquier tipo de carga.

Topologías de UPS (UPS On Line - En línea)

.III.- UPS On Line (En Línea). Este tipo de equipos es llamado “En Línea” debido a que el Inversor se encuentra dentro de la línea principal de energía ya que siempre se encuentra operando. Esta tecnología es la más cara de todas pero es la que ofrece el mayor nivel de protección.

A continuación el diagrama a bloques



Esta topología es muy diferente a las anteriores. El voltaje de Entrada pasa por medio del Interruptor “INT1” al primer bloque que es el rectificador.

Rectificador.- El Rectificador del UPS On Line consiste de la etapa de rectificación con SCR generalmente con el objeto de poder variar el ángulo de disparo de los SCR y de esta manera poder regular el voltaje de CD a obtener a la salida, obviamente después de ser rectificado el voltaje de Entrada se filtra con Capacitores para obtener un voltaje continuo y regulado. El voltaje regulado de corriente directa obtenido en el Rectificador, tiene dos objetivos:

! El primero es mantener las baterías en flotación e incluso recargarlas después de un corte de energía.

! El segundo es alimentar al Inversor para que este a su vez convierta la corriente directa del rectificador en corriente alterna.

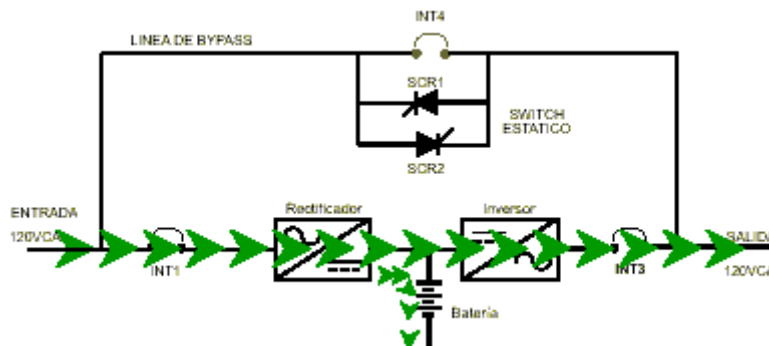
OPERACION

Modo Normal: En el Modo Normal, “INT1” está cerrado alimentando el Rectificador, éste a su vez proporciona un voltaje de CD Regulado para alimentar el Inversor y a su vez mantener las Baterías en flotación. El voltaje del Rectificador es convertido por el Inversor en un voltaje de Corriente Alterna Regulado en Voltaje y en Frecuencia para por medio de “INT3” alimentar la carga. En este instante el “INT4” está abierto y el “Switch Estático” está apagado.

Como podemos observar, el voltaje de la Línea Comercial es descompuesto al ser convertido en Corriente Directa y cualquier variación de Voltaje, Frecuencia, Pico de Voltaje, etc. es eliminado durante la conversión a Corriente Directa.

El Inversor a partir de esta Corriente Directa genera una nueva señal de voltaje de 120 vca la cual es totalmente diferente a la que entró al UPS de la Línea Comercial y es por eso que aún y cuando haya en la entrada todo tipo de problemas de variación de voltaje ó picos de voltaje, en la salida no se verán reflejados porque el voltaje de salida es un voltaje nuevo creado por el Inversor.

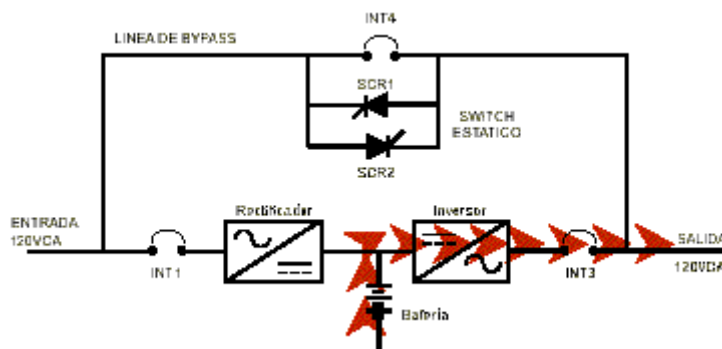
En el diagrama siguiente podemos observar la trayectoria de la corriente, la línea más gruesa representa el camino por el cual circula la corriente hacia la carga y la línea más delgada representa la corriente de flotación para mantener cargadas las baterías.



Modo Baterías: Cuando el voltaje a la entrada del rectificador es lo suficientemente alto ó bajo como para que ya no pueda seguir entregando un voltaje de CD regulado, el Rectificador se apaga pero como en paralelo tenemos conectadas las baterías, el Inversor sólo detecta cuando el voltaje baja ya que está operando ahora la batería; sin embargo esa variación de voltaje no importa ya que el Inversor regula el voltaje y en la carga el voltaje permanece sin variación e incluso no hay ningún instante en el que se interrumpa el voltaje como sucede en la topología Off-Line.

Si el corte de energía se prolonga tanto de tal manera que las baterías se descarguen completamente, entonces el UPS se apaga al no tener ya manera de seguir alimentando la carga.

Si antes de que se terminen las baterías, el voltaje de entrada del Rectificador vuelve a la normalidad; entonces el Rectificador enciende y alimenta nuevamente el Inversor y a la vez comienza a recargar las baterías. Este cambio de operación Baterías a operación Normal también es transparente para la carga y permanece en todo momento alimentada sin interrupción alguna.



En el diagrama anterior se puede observar el camino de la corriente desde las baterías pasando por el Inversor y hacia la carga, el rectificador se representa en color gris para hacer notar que está apagado

Topologías de UPS (Modo Bypass)

MODO BYPASS: Existe la posibilidad de que por algún motivo el Inversor no pueda seguir alimentando la carga, las principales razones son las siguientes:

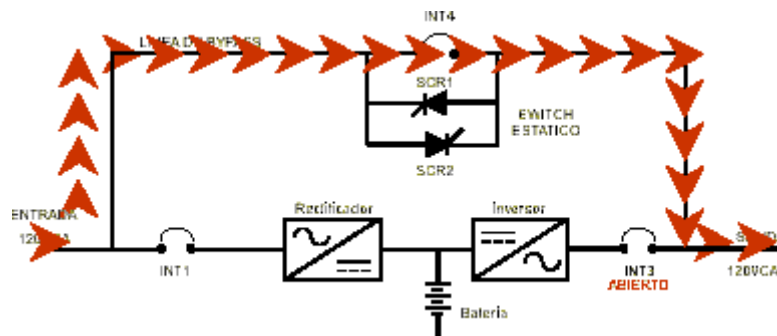
- Hay un daño en el Inversor
- Hay una sobrecarga en el Inversor
- Hay sobretemperatura en el equipo
- Hay un daño en la lógica del equipo

Por tal motivo, el UPS On-Line incorpora lo que se llama la línea de Bypass que no es mas que una forma de alimentar la carga con la Línea Comercial. Cuando el UPS está en Bypass el "INT3" se encuentra abierto para desconectar el Inversor de la carga, el "INT4" está cerrado para alimentar la carga directamente de la Línea Comercial. Cuando la lógica detecta que por alguno de los motivos mencionados anteriormente el Inversor no puede seguir alimentando la carga, ejecuta una transferencia de la carga a Bypass de la manera siguiente:

- Manda encender el **Switch Estático** el cual consiste en dos SCR en paralelo inverso para poder conducir Corriente Alterna.
- Manda cerrar INT4 el cual consiste en un contactor ó un Interruptor operado por Motor.
- Manda apagar el Switch Estático.
- Manda abrir INT3 que también consiste en Contactor ó Interruptor operado por Motor.

Ahora la carga está soportada por la Línea Comercial a través de INT4 y no a través del Inversor.

Es importante hacer notar que cuando se transfiere a Bypass en un instante quedan en paralelo Inversor y Línea Comercial eso para evitar desconectar el voltaje a la carga. Además hay que notar que siempre va a haber sólo un interruptor cerrado al mismo tiempo INT3 ó INT4 con excepción de cuando se hace una transferencia. Cuando se requiere transferir a Bypass se necesita una gran velocidad y por ello se utiliza el Switch Estático el cual al ser electrónico es de muy alta velocidad.



En el diagrama anterior se puede observar la trayectoria de la corriente en Modo Bypass, el Rectificador y el Inversor pueden o no estar encendidos. Cuando el UPS está en el modo Bypass, no hay protección alguna para la carga.

El modo Bypass lo utiliza el UPS para evitar al máximo que el voltaje se vea interrumpido en la carga, por tal razón inmediatamente manda una alarma para alertar que se está en modo Bypass y que la carga esta desprotegida incluso si hay corte de energía no habrá protección de Baterías en virtud de que la carga no está por el Inversor.

Comentarios finales: El UPS On-Line hará todo lo posible por evitar una interrupción de voltaje a la carga, si no es posible como por ejemplo un daño al equipo, transferirá la carga a Bypass. Si se fué a Bypass por sobrecarga (por pedir al Inversor mas Kilowatts de los que puede alimentar) el UPS intentará regresar al cabo de unos segundos, si ya puede con la carga quedará en Normal, si la sobrecarga persiste regresará a Bypass y se quedará en Bypass para obligar a que se revise la razón de la sobrecarga.

El UPS On-Line representa la mejor calidad de equipo porque la carga siempre está alimentada por el Inversor y por tal razón el voltaje permanece estable a 120 volts \pm 1%. La frecuencia permanece estable en \pm 1 Hz. La forma de onda del Inversor en el UPS On-line es senoidal.

Hay equipos On-Line desde 1 Kva hasta 1000Kva, si se requiere más capacidad, se pueden emparelar

módulos para obtener 4000 ó 5000 KVA.

Hay equipos monofásicos a 120 volts, monofásicos a 208 volts y trifásicos a 208, 480 y 600 volts.

Hay otras topologías de UPS que no se discutieron como por ejemplo Delta Conversion On-Line que es un diseño exclusivo de la marca APC. También hay los equipos Ferroresonantes que son un diseño Off-Line con regulación por transformador Ferroresonante.

Cualquier duda acerca de este tutorial ó cualquier duda de los UPS los invito a visitar el Foro de "[Sistemas de Fuerza Ininterrumpible](#)" donde se podrán hacer todo tipo de consultas de los UPS y de esta manera todos nos podremos beneficiar y aprender.

El tema de los UPS es bastante extenso, por ello hay muchísima información que faltaría agregar, sin embargo estoy a sus órdenes para cualquier duda acerca de algún UPS específico ó de cómo reparar uno.

Ing. Miguel A. Estrada Vidales

mestrada@intercable.com.mx

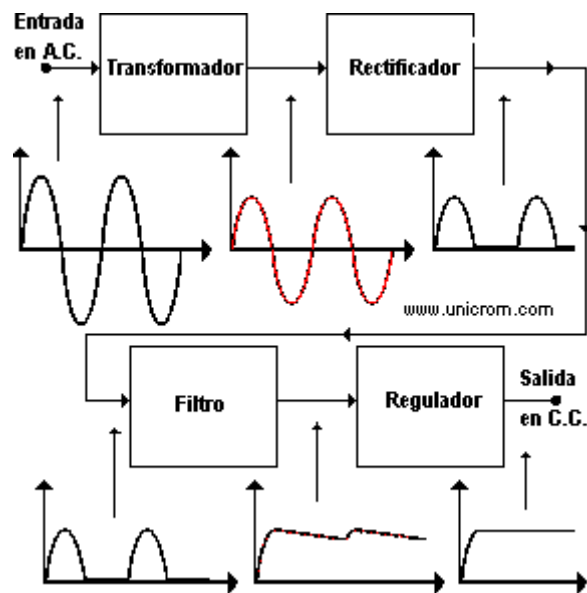
mikeestrada@yahoo.com

Fuentes de alimentación

Fuente de poder, fuente de alimentación: diagrama de bloques

Muchos circuitos necesitan para su funcionamiento, una alimentación de corriente continua (C.C.), pero lo que normalmente se encuentra es alimentación de corriente alterna (C.A.)

En el gráfico siguiente se ve el funcionamiento de una fuente, con ayuda de un diagrama de bloques y las formas de onda esperadas al inicio (entrada), al final (salida) y entre cada uno de ellos.



- La señal de entrada, que va al primario del transformador, es una onda senoidal cuya amplitud dependerá del lugar en donde vivimos (110 / 220 Voltios c.a. u otro).

- El transformador entrega en su secundario una señal con una amplitud menor a la señal de entrada y ésta deberá tener un valor que esté de acorde a la tensión (voltaje) final de corriente continua que se desea obtener.

Por ejemplo si se desea obtener una tensión final en corriente directa de 12 Voltios, el secundario del transformador deberá tener una tensión en c.a. no menor a los 9 voltios, quedando este valor muy ajustado (recordar que el valor pico en el secundario es: $V_p = 1.41 \times V_{rms} = 1.41 \times 9 = 12.69$ Voltios). Si se toman en cuenta las caídas de tensión en las diferentes etapas (bloques) de la fuente de poder, posiblemente ya no se puedan obtener los 12 voltios esperados. En este caso se escogería un transformador con una tensión en el secundario de 12 voltios c.a.. Con esta tensión en c.a. se obtiene una tensión pico: $V_p = 1.41 \times 12 = 16.92$ voltios.

- El rectificador convierte la señal anterior en una onda de corriente continua pulsante, y en el caso del diagrama, se utiliza un rectificador de 1/2 onda (elimina la parte negativa de la onda.)

- El filtro, formado por uno o más condensadores (capacitores), alisa o aplanar la onda anterior eliminando el componente de corriente alterna (c.a.) que entregó el rectificador. Los capacitores se cargan al valor máximo de tensión entregada por el rectificador y se descargan lentamente cuando la señal pulsante desaparece. (ver el diagrama)

- El regulador recibe la señal proveniente del filtro y entrega una tensión constante sin importar las variaciones en la carga o del voltaje de alimentación.

- Los transformadores se utilizan para disminuir o elevar voltajes de corriente alterna.
- Los rectificadores están formados por diodos y se utilizan el proceso de transformación de una señal de corriente alterna a corriente continua, permitiendo el paso o no de los semiciclos de ondas de corriente alterna.
- Los filtros, pueden ser de varios tipos y se utilizan para eliminar los componentes de C.A. no deseados.
- Los reguladores son un grupo de elementos o un elemento electrónico.

El rectificador de media (1/2) onda. Fuente de alimentación no regulada

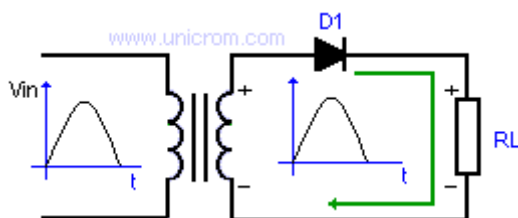
La corriente y voltaje que las compañías distribuyen a nuestras casas, comercios u otros es alterna. Para que los artefactos electrónicos que allí tenemos puedan funcionar adecuadamente, la corriente alterna debe de convertirse en corriente continua.

Para realizar esta operación se utilizan diodos semiconductores que conforman circuitos rectificadores. Inicialmente se reduce el voltaje de la red (110 / 220 voltios u otro) a uno más bajo como 12 o 15 Voltios con ayuda de un transformador. A la salida del transformador se pone el circuito rectificador.

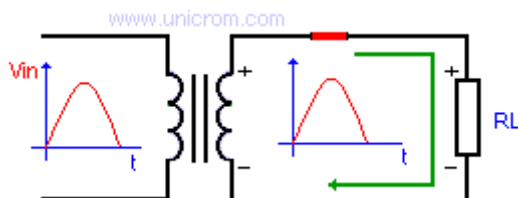
La tensión en el secundario del transformador es alterna, y tendrá un semiciclo positivo y uno negativo

Polarización del diodo en sentido directo

Durante el semiciclo positivo el diodo queda polarizado en directo, permitiendo el paso de la corriente a través de él. Ver gráfico.

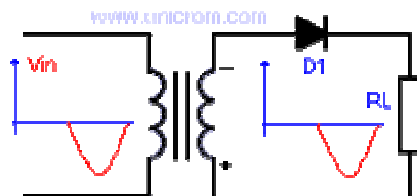


Si el diodo es considerado como ideal, este se comporta como un cortocircuito, (ver gráfico), entonces toda la tensión del secundario aparecerá en la resistencia de carga.

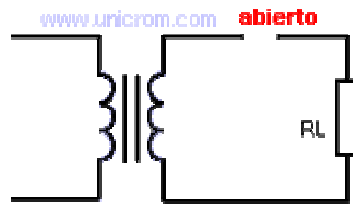


Polarización del diodo en sentido inverso

Durante el semiciclo negativo, la corriente suministrada por el transformador querrá circular en sentido opuesto a la flecha del diodo. Si el diodo es considerado ideal entonces este actúa como un circuito abierto y no habrá flujo de corriente,



La forma de onda de salida de un rectificador de 1/2 onda será como se muestra en la siguiente figura.



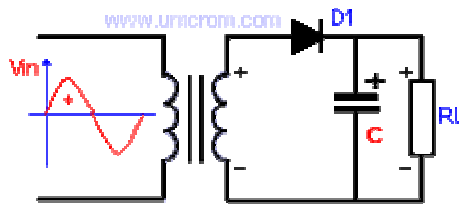
Filtrado con capacitor (condensador)

La tensión de salida del rectificador de 1/2 onda anterior (una onda pulsante) no muestra con claridad un voltaje en corriente continua que se pueda aprovechar (no es constante). Pero si incluimos a la salida de este y antes de la carga un condensador (capacitor), este ayudará a aplanar la salida.

Cuando el diodo conduce (semiciclo positivo) el capacitor se carga al valor pico del voltaje de entrada.

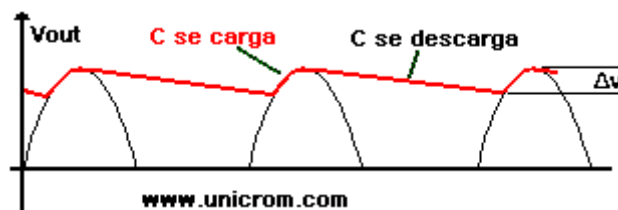
En el siguiente semiciclo, cuando el diodo está polarizado en inversa y no hay flujo de corriente hacia la carga, es el condensador el que entrega corriente a la carga (el condensador se descarga a través de la resistencia de carga).

El condensador al entregar corriente a la carga se descarga (disminuye el voltaje en sus terminales) Ver la figura



La tensión de rizado

A la variación del voltaje (Δv) en los terminales del condensador debido a la descarga de este en la resistencia de carga se le llama tensión de rizado. La magnitud de este rizado dependerá del valor de la resistencia de carga y al valor del capacitor.



En el semiciclo positivo el transformador entrega corriente (a través del diodo) al condensador C y a la resistencia RL, en el semiciclo negativo es el capacitor el que entrega corriente a la resistencia (se descarga).

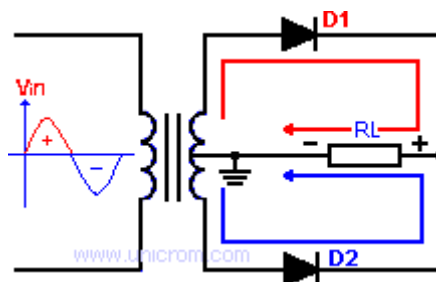
Si el capacitor es grande significa menos rizado, pero aún cumpliéndose esta condición el rizado podría ser grande si la resistencia de carga es muy pequeña (corriente en la carga es grande)

Rectificador onda completa con transformador de derivación central

Esta es una fuente de alimentación no regulada

Para poder comprender bien lo que se plantea en este tutorial, es conveniente que ya se haya leído por lo menos [El rectificador de media onda](#). Si ya lo hizo o considera que no es necesario continúe.

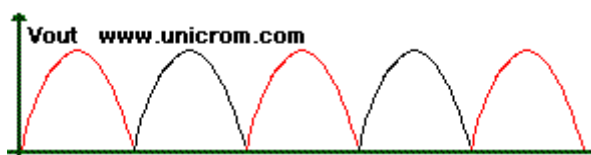
Este tipo de rectificador necesita un transformador con derivación central. La derivación central es una conexión adicional en el bobinado secundario del transformador, que divide la tensión (voltaje) en este bobinado en dos voltajes iguales. Esta conexión adicional se pone a tierra. Ver gráfico



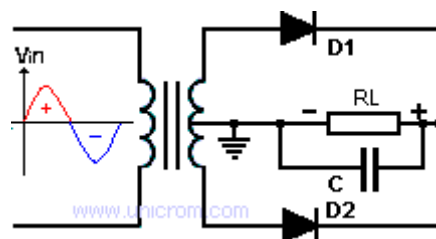
Durante el semiciclo positivo (ver V_{in} color rojo) el diodo $D1$ conduce. La corriente pasa por la parte superior del secundario del transformador, por el diodo $D1$ por R_L y termina en tierra. El diodo $D2$ no conduce pues está polarizado en inversa

Durante el semiciclo negativo (ver V_{in} color azul) el diodo $D2$ conduce. La corriente pasa por la parte inferior del secundario del transformador, por el diodo $D2$ por R_L y termina en tierra. El diodo $D1$ no conduce pues está polarizado en inversa.

Ambos ciclos del voltaje de entrada son aprovechados y el voltaje de salida se verá como en el siguiente gráfico



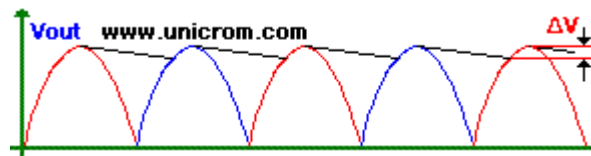
La tensión de rizado



Si a R_L se le pone en paralelo un condensador, el voltaje de salida se verá como en la siguiente figura (línea negra).

A la variación del voltaje (Δv) en los terminales del condensador debido a la descarga de este en la resistencia de carga se le llama tensión de rizado. La magnitud de este rizado dependerá del valor de la resistencia de carga y al valor del capacitor.

Si se compara este diagrama con su correspondiente de rectificación de 1/2 onda, se puede ver que este circuito tiene un rizado de mayor frecuencia (el doble), pero es menor. Ver ΔV en [el rectificador de 1/2 onda](#)



En cada semiciclo el transformador entrega corriente (a través de los diodos D1 y D2) al condensador C y a la resistencia RL. Esto sucede mientras las ondas aumentan su valor hasta llegar a su valor pico (valor máximo), pero cuando este valor descende es el condensador el que entrega la corriente a la carga (se descarga).

Si el capacitor es grande significa menos rizado, pero aún cumpliéndose esta condición el rizado podría ser grande si la resistencia de carga es muy pequeña (corriente en la carga es grande)

Nota: Hay que tomar en cuenta que el voltaje máximo que se podrá obtener dependerá del voltaje que haya entre uno de los terminales del secundario del transformador y el terminal de la derivación central

Rectificador de onda completa con puente de diodos

Esta es una fuente de alimentación no regulada

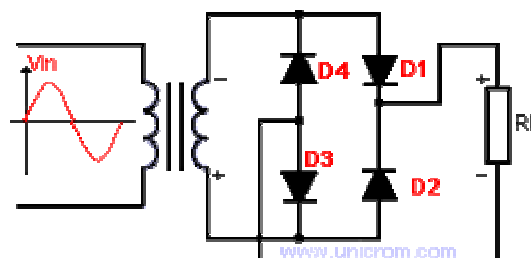
Para poder comprender mejor lo que se plantea en este tutorial se recomienda que vea primero:

[El rectificador de media onda](#)

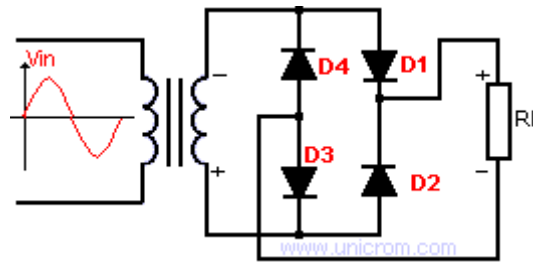
[El rectificador de onda completa con transformador con derivación central](#)

Si ya lo hizo o considera que no es necesario, continúe.

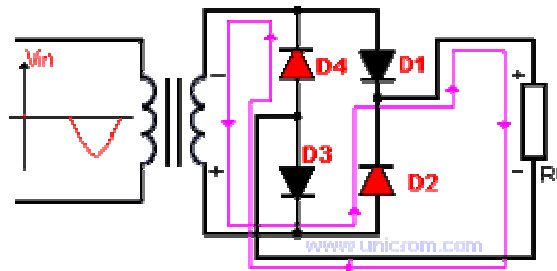
El circuito rectificador de onda completa de la figura que se muestra, es el que se utiliza si, lo que se desea es utilizar todo el voltaje del secundario del transformador (en el caso de un transformador con derivación central). En el circuito con transformador con derivación central, la tensión de salida depende de la mitad de la tensión del secundario



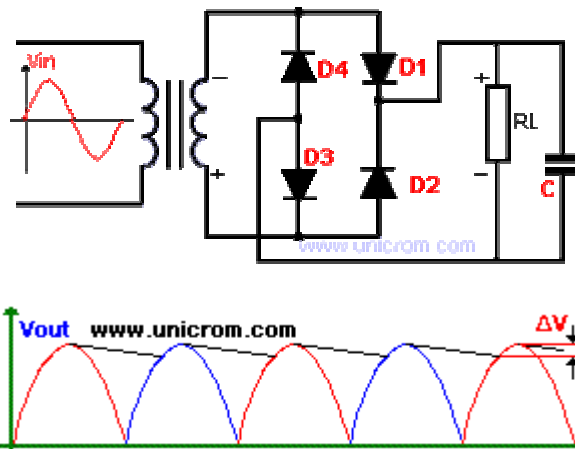
En este circuito con puente de diodos, los diodos, D1 y D3 son polarizados en directo en el semiciclo positivo, los diodos D2 y D4 son polarizados en sentido inverso. Ver que la corriente atraviesa la carga RL.



En el semiciclo negativo, la polaridad del transformador es el inverso al caso anterior y los diodos D1 y D3 son polarizados en sentido inverso y D2 y D4 en sentido directo. La corriente como en el caso anterior también pasa por la carga R_L en el mismo sentido que en el semiciclo positivo.



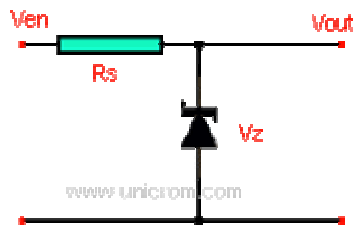
La salida tiene la forma de una onda rectificada completa. Esta salida es pulsante y para "aplanarla" se pone un condensador (capacitor) en paralelo con la carga. Este capacitor se carga a la tensión máxima y se descargará en R_L mientras que la tensión de salida del secundario del transformador disminuye a cero ("0") voltios, y el ciclo se repite. Ver las figuras.



Regulador con diodo Zener

Un diodo zener puede utilizarse para regular una fuente de tensión Ver el siguiente circuito:

Voltaje de entrada
(no regulado)



Esquema de regulador
con diodo Zener

Voltaje de salida
(regulado)

El diodo zener se fabrica en una amplia variedad de voltajes y potencias. Estos van desde menos de 2 voltios hasta varios cientos de voltios, y la potencia que pueden disipar va desde 0.25 watts (vatios) hasta 50 watts (vatios) o más

La potencia que disipa un diodo zener es simplemente la multiplicación del voltaje para el que fue fabricado por la corriente que circula por el.

Esto significa que la máxima corriente que puede atravesar un diodo zener es: $I_z = P_z / V_z$.

Donde:

- I_z = Corriente que pasa por el diodo Zener
- P_z = potencia del diodo zener (dato del fabricante)
- V_z = Voltaje del diodo zener (dato del fabricante)

Ejemplo: La corriente máxima que un diodo zener de 10 Voltios y 50 Watts (vatios), podrá aguantar será: $I_z = P_z / V_z = 50 / 10 = 5$ Amperios

Cálculo de la resistencia limitadora R_s .

El cálculo de R_s está determinado por la corriente que pedirá la carga (lo que vamos a conectara a esta fuente). Esta resistencia (resistor) se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$R_s = [V_{en} (\text{min}) - V_z] / 1.1 \times I_L (\text{máx})$$

donde:

- $V_{en} (\text{min})$: es el valor mínimo del voltaje de entrada. (acordarse que es un voltaje no regulado y puede variar)
- $I_L (\text{max})$: es el valor de la máxima corriente que pedirá la carga.

Una vez que se obtuvo R_s , se obtiene la potencia máxima del diodo zener, con ayuda de la siguiente fórmula:

$$P_D = [[V_e (\text{min}) - V_z] / R_s - I_L (\text{min})] \times V_z$$

Ejemplo de un diseño:

Una fuente de 15 voltios debe alimentar una carga con 9 Voltios, que consume una corriente que varía entre 200 y 350 mA. (mili amperios). Se escoge un diodo zener de 9.1 voltios pues no hay de 9 y...:

- Calculo de R_s : $R_s = (15 - 9.1) / (1.1 \times 0.35) = 15$ ohmios (ohms)

- Cálculo de la potencia del diodo zener: $P_D = [(15 - 9.1) / 15] \times 9.1 = 3.58$ watts o vatios.

Como no hay un diodo zener de 3.58 Vatios, se escoge uno de 5 vatios que es el más cercano

- Potencia de R_s : Un cálculo adicional es la potencia de la resistencia R_s . Este se hace con la fórmula: $P = I^2 \times R$

Los datos actuales son: I (max) = 350 miliamperios = 0.35 amperios y $R_s = 15$ Ohmios (ohms)

aplicando la fórmula, $P_{R_s} = 0.35^2 \times 15 = 1.84$ Watts (vatios)

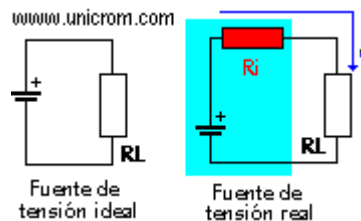
Esto significa que a la hora de comprar esta resistencia (resistor) deberá ser de 2 Watts o más

La resistencia interna en las fuentes de tensión

Las fuentes de tensión, sean estas baterías, generadores, etc. no son ideales (perfectas).

Una fuente de tensión real está compuesta de una fuente de tensión ideal en serie con una resistencia (llamada resistencia interna). Esta resistencia interna, no existe en la realidad de manera de que nosotros la podamos ver. Es una resistencia deducida por el comportamiento de las fuentes de tensión reales.

Ver diagramas de fuente de tensión ideal y de fuente de tensión real.



- V_i = Voltaje en la resistencia interna
- V_L = Voltaje en la resistencia de carga
- R_i = Resistencia interna
- R_L = Resistencia de carga

Tomando los siguientes valores:

- $I = 4$ Amperios
- $R_i = 3$ Ohmios
- $R_L = 5$ Ohmios

En cada una de las resistencias habrá una caída de tensión.

- $V_i = I \times R_i = 4 \text{ A} \times 3 \text{ W} = 12$ Voltios
- $V_L = I \times R_L = 4 \text{ A} \times 5 \text{ W} = 20$ Voltios

La caída total de tensión será: $V_i + V_L = 12 \text{ V} + 20 \text{ V} = 32$ Voltios (igual a la tensión de la fuente ideal) (ley de tensiones de Kirchoff).

Se puede ver con claridad que solamente 20 de los 32 voltios se aplican a la Carga (R_L), la tensión restante se pierde en la resistencia interna. Frecuentemente esta tensión (la de 20 Voltios) se llama tensión terminal, debido a que se mide en los terminales de la fuente de tensión.

Como se obtiene la resistencia interna?

- 1- Se mide la tensión en los terminales de una fuente de voltaje sin carga (sin R_L). El voltaje medido será V_{sc} (voltaje sin carga)
- 2- Se conecta una carga y se mide el voltaje en esta. El voltaje medido será V_{cc} (voltaje con carga)
- 3- Se mide la corriente al circuito con carga. La corriente medida será I

Una vez que se tienen estos valores se aplica la siguiente ecuación:

$$R_i = (V_{sc} - V_{cc}) / I$$

Ejemplo:

Si $V_{sc} = 12$ Voltios , $V_{cc} = 11.8$ Voltios e $I = 10$ Amperios

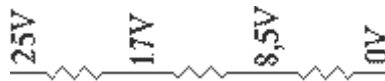
$R_i = 0.05$ Ohms

Con lo expuesto se puede concluir que a más corriente demande la carga (R_L), menor será el voltaje terminal, debido a la mayor caída en la resistencia interna (R_i).

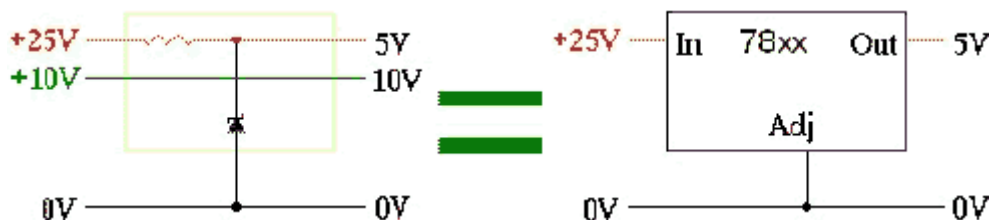
Elevación de la tensión de salida de reguladores 78XX (Parte 1)

¿Porqué se eleva la tensión de salida en un C.I. regulador cuando manipulo la base?

Recordemos que, cuando conectamos un grupo de resistencias en serie, cada una provoca una caída de tensión que es proporcional al valor de la resistencia. En el supuesto de que las resistencias sean iguales, la caída de tensión en cada resistencia será la misma



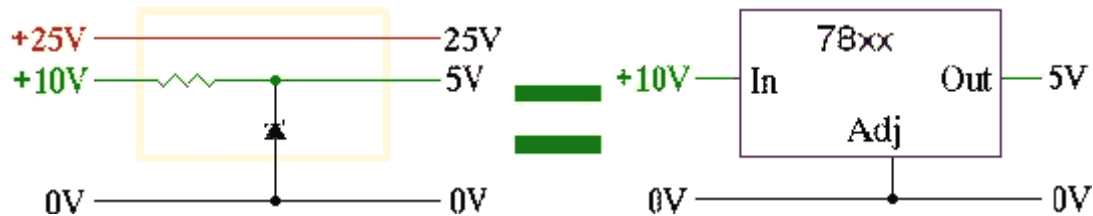
Los circuitos integrados reguladores, no son más que una fuente de alimentación estabilizada mediante un diodo zener, y este zener está colocado entre las patillas In y Adj del integrado. Para entender porqué realizamos la tensión de salida de un circuito integrado de este tipo, cuando en su entrada "Adj" colocamos un diodo o una resistencia, vamos a partir de un supuesto práctico, veamos el siguiente circuito



En el gráfico de la izquierda vemos una fuente de alimentación estabilizada mediante diodo zener, a fines de entender el supuesto que nos ocupa, hemos considerado un circuito en el que hay una línea común, los 0V, y dos positivas de +10V y +25V referenciadas a esos 0V. Si nosotros colocamos el zener entre la línea de +25V y la línea de 0V, tal y como vemos en el

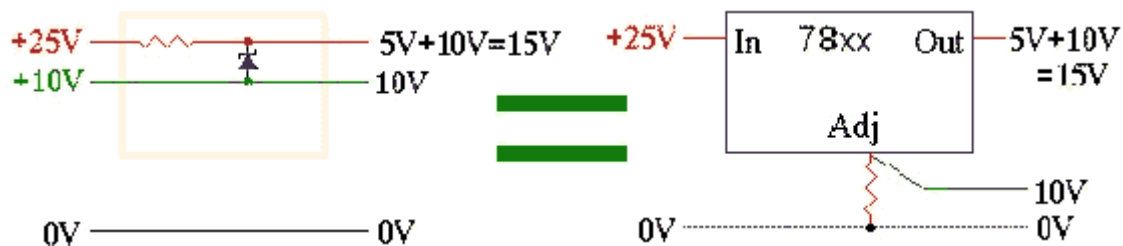
gráfico, las salidas que obtendremos serán de +5V y +10V (siempre referidas a la línea de 0V). El circuito equivalente con un integrado regulador lo vemos en la figura de la derecha.

Si, ahora, nosotros el zener lo disponemos entre la línea de 10V y la de 0V, obtendremos en la salida +25V y +5V. El esquema de este circuito y su equivalente con un integrado regulador lo vemos en la figura de abajo.



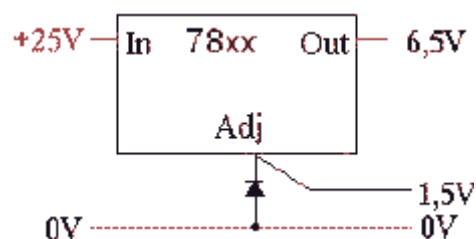
Elevación de la tensión de salida de reguladores 78XX (parte 2)

En el supuesto de que nosotros el zener lo coloquemos entre la línea de 25V y la de 10V, el diodo estabilizará la tensión de salida de estas dos líneas en 5V, pero las salidas que obtendremos serán de 10V, por un lado, ya que esta línea no la hemos tocado y de 15V por el otro. Estos 15V vienen determinados por la suma de los 10V de la línea anterior y los 5V que el zener ha estabilizado entre las dos líneas positivas:

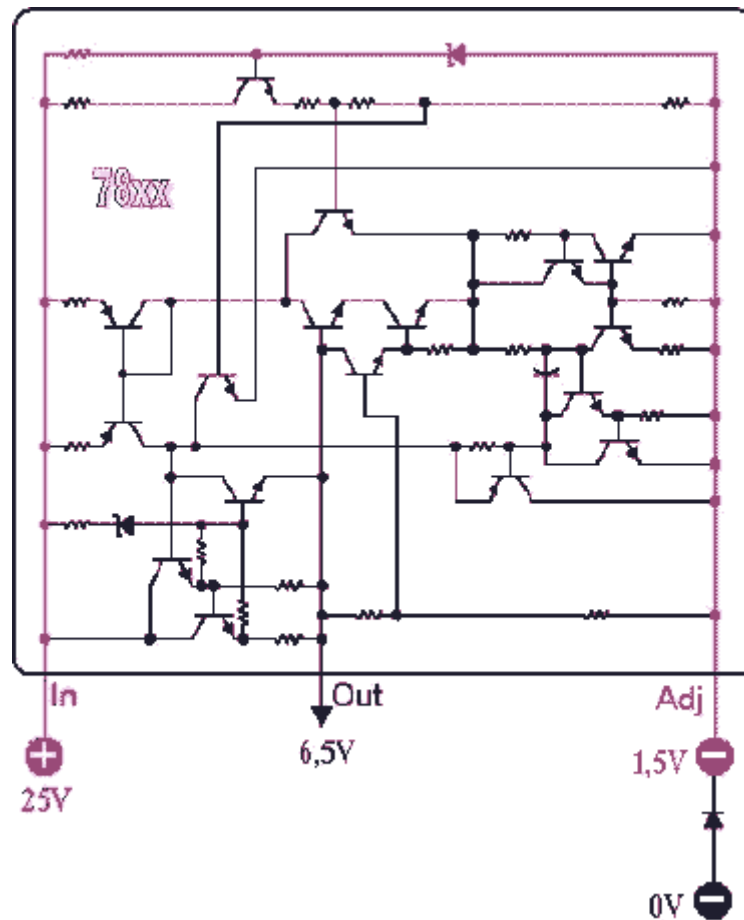


Teniendo en cuenta lo explicado al principio de este tutorial, de la caída de tensión en las resistencias en serie, si nosotros entre la línea 0V y la patilla "Adj" del integrado colocamos una resistencia, estamos colocando dos resistencias en serie entre la línea +25V y la de 0V (la resistencia del integrado más la resistencia que hemos añadido). Hemos, pues, creado una línea ficticia de 10V (en el ejemplo de arriba); la tensión de salida, como el caso del zener explicado en último lugar, será de 10V+5V=15V.

En el supuesto de que, en vez de una resistencia, entre esta entrada del integrado y masa (0V), colocamos un diodo, sabemos que los diodos provocan una caída de tensión (que por generalizar para este ejemplo, vamos a considerar de 1,5V). Estamos en el mismo supuesto que cuando colocábamos una resistencia, por lo que la tensión de salida será: 5V+1,5V= 6,5V



Para finalizar, vamos a ver este último supuesto sobre el esquema real del integrado regulador que nos facilita Texas Instruments

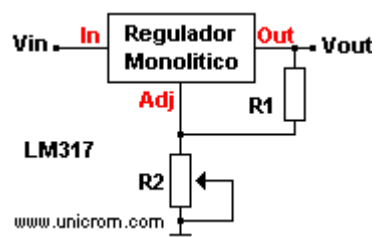


El regulador de tensión LM117 / LM217 / LM317

El LM317 / LM117 / LM217 regulador monolítico lineal de salida variable

El LM317 es un regulador de tensión positivo con sólo 3 terminales y con un rango de tensiones de salida desde los 1.25 hasta 37 voltios. Las patillas son: Entrada (IN), Salida (OUT), Ajuste (ADJ)

Para lograr esta variación de tensión sólo se necesita de 2 resistencias externas (una de ellas es una resistencia variable). Ver Figura.



Entre sus principales características se encuentra la limitación de corriente y la protección térmica contra sobrecargas.

La tensión entre la patilla ADJ y OUT es siempre de 1.25 voltios (tensión establecida internamente por el regulador) y en consecuencia la corriente que circula por la resistencia R1 es: $I_{R1} = V / R1 = 1.25/R1$

Esta misma corriente es la que circula por la resistencia R2. Entonces la tensión en R2: $V_{R2} = I_{R1} \times R2$. Si se sustituye I_{R1} en la última fórmula se obtiene la siguiente ecuación: $V_{R2} = 1.25 \times R2 / R1$.

Como la tensión de salida es

$V_{out} = V_{R1} + V_{R2}$, entonces:

$V_{out} = 1.25 V. + (1.25 \times R2 / R1)V.$ simplificando (factor común)

$V_{out} = 1.25 V (1+R2 / R1) V.$

De esta última fórmula se ve claramente que si modifica R2 (resistencia variable), se modifica la tensión Vout

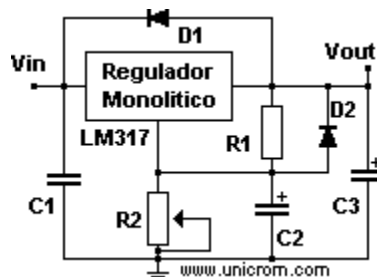
En la fórmula anterior se ha despreciado la corriente (I_{ADJ}) que circula entre la patilla de ajuste (ADJ) y la unión de R1 y R2. Esta corriente se puede despreciar. Tiene un valor máximo de 100 uA y permanece constante con la variación de la carga y/o de la tensión de entrada.

Con el propósito de optimizar la regulación el resistor R1 se debe colocar lo más cercano posible al regulador, mientras que el terminal que se conecta a tierra del resistor R2 debe estar lo más cercano posible a la conexión de tierra de la carga

Con el propósito de optimizar el funcionamiento del regulador se pueden incorporar al diseño algunos elementos adicionales: (ver diagrama inferior).

- Se pone un capacitor C1 de 0.1uF en la patilla de entrada (IN) si el regulador se encuentra alejado del bloque que se encarga de la rectificación.
- Se pone un capacitor C3 de 1 uF de tantalio o 25 uF electrolítico en la patilla de salida (OUT) con le propósito de mejorar la respuesta a transitorios
- Se pone un capacitor C2 de 10 uF electrolítico en paralelo con R2 con el propósito de mejorar el rechazo del rizado.
- Se pone un diodo D1 (1N4001) para proteger el regulador contra posibles cortos circuitos en la entrada del regulador.
- Se pone un diodo D2 (1N4001) para proteger al regulador contra posibles cortos circuitos en la salida al dar camino a la descarga de capacitores.

Nota: R1 = 240 Ohmios y R2 = 5 Kilohmios (potenciómetro)



Limitación de corriente en fuentes de tensión: introducción

Aviso Importante: No implementar ni aplicar este tutorial, debido a que esta siendo revisado por su autor.

Limitar y controlar la corriente máxima de un circuito es generalmente uno de los requisitos indispensables en cualquier fuente regulada, así como también en algunos circuitos, que, al igual, pueden sufrir un cortocircuito. No solamente buscamos prevenirlo (y confiar que durante el tiempo de alta corriente los componentes no sufrirán demasiado daño), sino también evitar excesos de corriente. Por ejemplo si diseñamos una fuente capaz de entregar un máximo de 2A, que viene limitado por la naturaleza de los componentes, y la carga es capaz de absorber mas de 2A, con un transformador en condiciones de entregarlo, el circuito (sea fuente u otro) dejaría pasar tal corriente, a menos que contemos con un método de limitarla a un cierto valor.

Introducción:

En este trabajo, examinaremos los medios de limitar la corriente en fuentes reguladas específicamente, pero los principios pueden ser trasladados a otros circuitos.

Comenzaremos mencionando dos de las formas de limitar: con componentes discretos, y con circuitos integrados (especialmente el LM723), pero estos últimos a modo de título, pues focalizaremos nuestra atención en la limitación con componentes discretos, dentro de los cuales analizaremos las dos posibilidades de control: con o sin ayuda de comparadores (amplificadores en bucle abierto).

Hasta aquí habremos mencionado a modo de título los dispositivos, para luego ahondar en cada uno de ellos analizando cada esquema con su diagrama correspondiente, resaltando ventajas y desventajas en cada montaje.

Seguiremos luego analizando los casos en los cuales el transistor de paso es del tipo PNP, puesto que en este trabajo todos los ejemplos analizados utilizan el tipo NPN como elemento de paso. Propondremos alternativas para aquel que desee utilizar un PNP como transistor de paso. también se analizarán supuestos en los cuales hay mas de un transistor de paso en paralelo.

Por ultimo concluiremos este trabajo realizando una recapitulación de hasta lo entonces mencionado, y resaltando ventajas y desventajas de cada dispositivo.

Existen diferentes métodos de limitar la corriente máxima de un circuito, mediante diferentes dispositivos que harán la tarea. Por un lado tenemos limitadores con elementos discretos, y por el otro con circuitos integrados. Por ultimo se puede encontrar una combinación de los dos.

En los limitadores que trataremos en este documento se busca limitar la corriente del circuito como ya dijimos, pero puntualmente aquella que pasa por el/los transistor/es de paso.

El transistor de paso es aquel que se coloca "sobre" el elemento de referencia y entre la entrada no regulada y la regulada. Entendemos por entrada no regulada la tensión filtrada y rectificada que viene desde el transformador, mientras que por salida regulada entendemos aquella cuya tensión esta a un cierto valor determinado por el elemento regulador o de referencia, el cual puede ser un diodo zener o un regulador integrado de la serie LM78XX o el bien conocido LM317. La diferencia entre los dos integrados es que el primer grupo es una serie de reguladores con una salida de tensión fija (tensión de referencia), que puede ser 5, 10, 15 Volts (también existen valores intermedios), mientras que el LM317 es un regulador integrado con una tensión de referencia de 1.2V que puede ser ajustada hasta un poco mas de 30V con seguridad aproximadamente, mediante una resistencia de programación.

Puesto que la regulación de tensión no es el tema central de nuestro trabajo, no profundizaremos mucho mas en el tema solo diremos que el transistor de paso es aquel que se coloca para 'ayudar' al regulador en tal forma que éste no tenga que soportar altas corrientes, sino mínimas, siendo el transistor es quien las soporte en su lugar.

Cálculo del factor de potencia para cargas inductivas

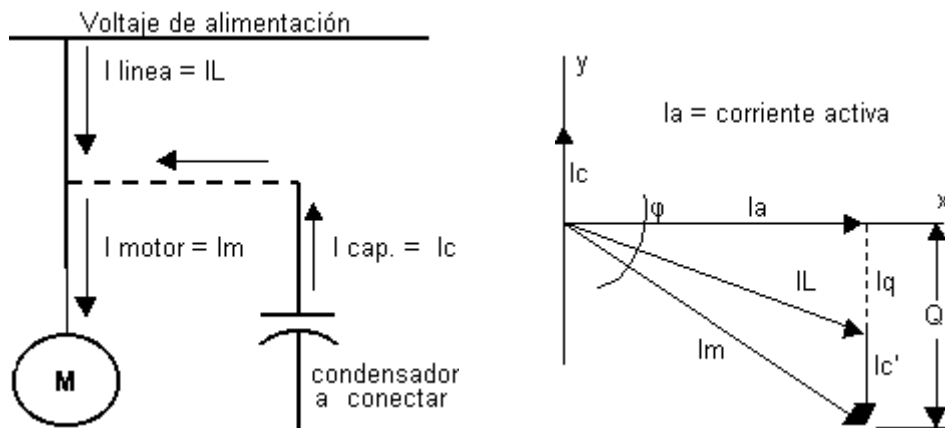
Cálculo del factor de potencia para cargas inductivas usando vectores de corrientes

En muchas instalaciones eléctricas de la industria, hay grandes consumos de corriente. Este consumo se agrava más cuando se trabaja con muchos motores (carga inductiva), que causan que exista un gran consumo de corriente reactiva que normalmente es penalizada por las empresas que distribuyen energía.

Cuando esta situación se presenta, se dice que tenemos un bajo factor de potencia.

El siguiente, es un método para lograr mejorar el factor de potencia, reducir el consumo de corriente y evitar cualquier penalización

Se coloca en paralelo con la carga a conectar (motor / motores) y directamente con la tensión de alimentación, un banco de capacitores (grupo o batería de capacitores) para compensar el efecto de la carga inductiva (los motores, etc)



donde:

- ϕ es el ángulo de desfase de la corriente del motor (I_m) con respecto al eje x
- Q es una corriente reactiva que produce pérdidas y no es deseable, por lo tanto hay que minimizarla

Entonces, tomando como ejemplo un motor trifásico ó monofásico (carga equilibrada arriba)

$$\begin{aligned} \text{Tenemos: } I_q &= \frac{I_m^2 - I_L^2 - I_c^2}{2 I_c} & I_a^2 &= I_L^2 - I_q^2 \\ \cos \phi &= \frac{\sqrt{I_L^2 - I_q^2}}{I_m} \end{aligned}$$

$$\text{Por tanto; } \cos \phi = \frac{\sqrt{I_L^2 - I_q^2}}{I_m}$$

Estos datos pueden tomarse en cuenta para la colocación de un banco de condensadores para corregir el factor de potencia y así reducir la corriente de alimentación o acometida principal como también cargas parciales.