

# Introducción a la electrónica

Esteve Gené Pujols

25 horas

## Tabla de contenidos

Módulos	Contenidos
1. Circuitos eléctricos	1. 1 Magnitudes fundamentales de los circuitos eléctricos 1.2 La alimentación del circuito: generadores 1.3 La ley de Ohm 1.4 Asociación de elementos básicos 1.5 Las leyes de Kirchhoff
2. Elementos pasivos	2.1 El condensador. Tipo, aplicaciones, asociación 2.2 La bobina. Aplicaciones 2.3 El diodo. Tipo, aplicaciones
3. Herramientas de análisis y simulación	3.1 Multímetro y osciloscopio 3.2 El uso de placas <i>protoboard</i> para ensayar circuitos 3.3 Simulación SPICE

## 0. Introducción

La electrónica es el campo de la ingeniería y de la física aplicada relativo al diseño y aplicación de dispositivos, en general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción y almacenamiento de información, entre otros. Esta información puede consistir en voz o música en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión o en números u otros datos en un ordenador o computadora.

## 1. Los circuitos eléctricos

### 1.1 Magnitudes fundamentales de los circuitos eléctricos

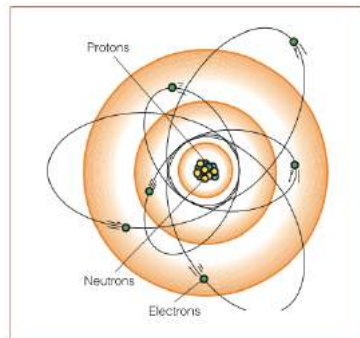
¿Qué es la electricidad? ¿Cómo se produce? ¿Cuál es su naturaleza? Intentaremos responder a todas estas preguntas en este módulo. El átomo será el elemento básico de todo el proceso; por eso, hay que empezar con el estudio de su estructura.

La palabra *átomo* significa indivisible en griego y así se consideró durante mucho tiempo. Posteriormente, los trabajos de Rutherford, Bohr y otros investigadores revelaron que está formado por partículas subatómicas mucho más pequeñas, como por ejemplo los electrones, los protones, los neutrones, los positrones, los mesones, los neutrinos o los antiprotones. Aun así, los más importantes son los tres primeros:

- **Electrones:** giran a gran velocidad alrededor del núcleo, describen órbitas elípticas y se mantienen en esas órbitas gracias a la atracción del núcleo. A diferencia del sistema planetario, esta fuerza no es gravitatoria sino eléctrica. La carga eléctrica de los electrones es negativa.
- **Protones:** forman el núcleo del átomo. El valor absoluto de su carga eléctrica es igual al del electrón, pero es positiva. Su masa es 1.836,11 veces superior a la del electrón.

- **Neutrones:** son partículas elementales sin carga, situadas en el núcleo del átomo y con una masa aproximadamente igual a la del protón.

Cada átomo tiene el mismo número de electrones que de protones. Si la carga del electrón es igual a la del protón, podemos considerar el átomo eléctricamente neutro.



Estructura de un átomo de carbono

Cuando las cargas eléctricas circulan por un conductor, existe una **corriente eléctrica**.

**La cara eléctrica:** es una propiedad de la materia que se traduce o que provoca que los cuerpos se atraigan o se repelan (se rechacen) entre sí en función de la aparición de campos electromagnéticos generados por las mismas cargas. Se dice entonces que es una propiedad intrínseca de la materia que se presenta en positiva y negativa, de forma que dos cargas positivas o negativas se van a repeler y dos cargas una positiva y una negativa se van a atraer; se trata de la carga de un electrón (negativa) o la carga de un protón (idéntica en magnitud, pero positiva). También se supone que la carga eléctrica del universo es finita (es decir, que hay un número finito de electrones y protones) y que es neutra (que hay tantos protones como electrones), pero esto es un poco especulativo. La unidad utilizada para medir la carga eléctrica es el culombio (C).

**La resistencia:** la resistencia eléctrica es la mayor o menor capacidad de un material para permitir el paso de la corriente eléctrica. Se expresa en ohmios ( $\Omega$ ).

**La intensidad:** la intensidad de una corriente eléctrica se define como la cantidad

de cargas eléctricas que pasan por una sección del conductor en un tiempo determinado. Esta magnitud se representa con la letra  $I$  y se mide en amperios (A).

**La tensión eléctrica:** indica la diferencia de energía entre dos puntos de un circuito. La tensión o voltaje que es capaz de proporcionar un generador es la energía transferida a cada culombio de carga para que recorra el circuito. Se representa por la letra  $V$  y se mide en voltios (V).

**La potencia eléctrica:** es la cantidad de energía liberada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado ( $p = dW / dt$ ). La unidad en el sistema internacional es el vatio (W). La potencia se relaciona con el voltaje y la corriente eléctrica de la siguiente manera:

$$P = V \cdot I$$

El producto del voltaje por la intensidad eléctrica.

## 1.2 Alimentación del circuito: generadores

Un **generador eléctrico** es un ingenio capaz de transformar en electricidad otro tipo de energía, que puede ser química, mecánica o luminosa. Un generador eléctrico es todo aquel dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre dos puntos, denominados polos o bornes.

Los generadores se clasifican en dos tipos fundamentales:

- **Primarios:** los generadores primarios son aquellos que convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza o tipo que reciben o de la que disponen inicialmente.
- **Secundarios:** liberan una parte de la energía eléctrica que han recibido previamente. Se agruparán los dispositivos concretos conforme al proceso físico que les sirve de fundamento.

Según de dónde aparece la energía primaria, podremos distinguir:

- **Químicos:** tales como las pilas y baterías, puesto que convierten en electricidad la energía de ciertas reacciones químicas.
- **Mecánicos:** los aerogeneradores y las centrales hidroeléctricas, incluyen alternadores, antiguamente dinamos, que transforman la energía mecánica en energía eléctrica. Se basan en el fenómeno de la inducción electromagnética.
- **Fotovoltaicos:**



Ejemplo de instalación fotovoltaica

Las placas fotovoltaicas generan electricidad a partir de la luz.

### 1.3 La ley de Ohm

La **ley de Ohm** establece que la corriente que atraviesa un circuito eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial que hay entre sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.

En términos matemáticos, esta ley se expresa por medio de la ecuación siguiente:

$$V = R \cdot I$$

donde  $V$  es el voltaje o diferencia de potencial,  $I$  es la corriente o intensidad eléctrica y  $R$ , la resistencia eléctrica del circuito.

Tal como se ha determinado en apartados anteriores, en el sistema internacional de unidades, la unidad utilizada por la corriente es el **amperio** (simbolizado como **A**), para el voltaje es el **voltio** (simbolizado como **V**) y para la resistencia se utiliza el **ohmio** (simbolizado por  $\Omega$ ).

Aislando la resistencia se obtiene  $R = \frac{V}{I}$

Aislando la intensidad se obtiene  $I = \frac{V}{R}$

Algunos ejemplos de la aplicación de la ley de Ohm podrían ser los siguientes:

### Ejemplo 1

Si se monta un circuito con una resistencia de  $1.000 \Omega$  y se quiere que circule una corriente de  $0,2 \text{ A}$  de intensidad.

¿Qué voltaje se necesita?

$$V = R \cdot I = 1000 \cdot 0,2 = 200V$$

### Ejemplo 2

Si se monta un circuito con una resistencia de  $250 \Omega$  y una pila de  $1,5 \text{ V}$ .

¿Qué valor tendrá la intensidad?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1,5}{250} = 0,006A = 6mA$$

### Ejemplo 3

Si se monta un circuito con una batería de  $24 \text{ V}$  y se quiere que circule una corriente de  $0,8 \text{ A}$ .

¿Qué resistencia se necesita?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{24}{0.8} = 30\Omega$$

#### 1.4 El circuito eléctrico. Asociación de elementos básicos

Un **circuito eléctrico** está formado por un generador (pila o acumulador) que proporciona la energía necesaria, el receptor (lámpara, motor) y los conductores que unen los diferentes componentes.

- Los **generadores** son los aparatos que transforman el trabajo o cualquier otro tipo de energía en energía eléctrica.
- Los **receptores** eléctricos transforman la energía eléctrica en otra forma de energía cualquiera, es decir, realizan la función inversa de la de los generadores.
- El **conductor eléctrico** es cualquier sistema material que tenga las propiedades siguientes: que no ofrezca resistencia apreciable al paso de la corriente y que no aparezca ninguna diferencia de potencial entre sus extremos cuando circule una corriente eléctrica.

Para poder gobernar los circuitos, se necesitan unos elementos llamados **aparatos de mando**, los más importantes de los cuales son los interruptores, los pulsadores y los conmutadores. Todos los componentes de un circuito eléctrico se representan gráficamente mediante símbolos elementales, que han sido normalizados para que sea idéntica su interpretación por parte de todo el mundo.

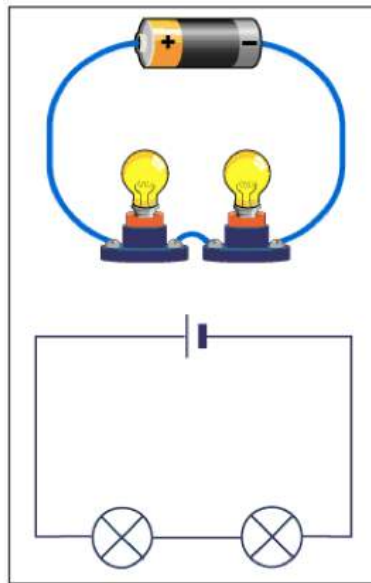
En la tabla siguiente, se muestran los símbolos eléctricos más frecuentes utilizados en electrotecnia y normalizados según las normas UNE (norma española) y otras normas internacionales (DIN, ANSI, CEI).



<i>Naturalesa del corrent</i>		<i>Generadors</i>	
Corrent continu		Pila	
Corrent altern		Bateria d'acumuladors o piles	
Funcionament indiferent en corrent continu o altern		Generador de corrent continu (dínamo)	
		Generador de corrent altern (alternador)	
		Font d'intensitat	
<i>Conductors, terminals i connexions</i>		<i>Aparells de mesura</i>	
Conductor		Voltímetre	
Línia trifàsica, 3 conductors		Amperímetre	
n conductors		Òhmmetre	
Terminal o connexió de conductors		Wattímetre	
Derivació		Freqüencímetre	
Encreuament sense connexió		Fasímetre	
<i>Altres símbols</i>		Comptador (símbol general)	
Terra, presa de terra		<i>Components elèctrics passius</i>	
Massa, presa de massa		Resistor	
Fusible		Impedància	
Motor		Inductància, bobina	
Làmpada		Condensador	
Timbre		Condensador electrolític polaritzat	
Interruptor		Transformador	
Commutador		Resistor variable	
Contacte normalment obert		Condensador variable	
Contacte normalment tancat		Resistor ajustable	
Connexió en triangle		Condensador ajustable	
Connexió en estrella			

Tabla de símbolos eléctricos

Cuando tenemos dos o más elementos conectados el uno detrás del otro, de forma que circula la misma corriente eléctrica, decimos que **están conectados en serie**.



Si se trata de dos o más bombillas iguales, la tensión o voltaje queda repartido entre ellas y si falla una bombilla el circuito queda abierto, es decir, interrumpido. Siguiendo el recorrido de la corriente en los esquemas, podemos deducir que las características de funcionamiento de los receptores conectados en serie son las siguientes:

La intensidad que circula por cada receptor es la misma, por lo tanto, si se desconecta un receptor el circuito queda abierto, se interrumpe la corriente y dejan de funcionar todos los receptores.

$$\mathbf{I \text{ total} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n}$$

La tensión del generador se reparte entre todos los receptores de manera directamente proporcional a su resistencia.

$$\mathbf{V \text{ total} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}$$

La resistencia total del circuito es la suma de todas las resistencias parciales

$$\mathbf{R \text{ total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}$$

Si se trata de dos o más generadores, la tensión que suministran conectados en serie es la suma de cada uno y hay que conectar sucesivamente el polo positivo de uno con el negativo del otro, de forma que el polo positivo del primero y el negativo del último constituirán los dos terminales de la asociación en serie. La tensión suministrada al circuito será la suma de cada uno de los generadores, así aumentará la tensión del circuito. Si se trata de dos o más interruptores en serie, hay que accionarlos todos a la vez para que el circuito quede cerrado.

Cuando en un circuito hay elementos que se conectan, de forma que a partir de un punto la corriente se reparte y se vuelve a unir a la salida, hablamos de **conexiones en paralelo**. Si son generadores, hay que conectar todos los polos positivos por un lado y todos los negativos por el otro. Así se aumenta la vida útil del conjunto de forma que las pilas tardan más en agotarse.

$$\mathbf{I \text{ total} = I1 + I2 + I3}$$

Cuando se conectan generadores de igual tensión, la tensión suministrada en conjunto será la misma que uno solo y, si las tensiones son diferentes, prevalece aquella que es más elevada. La intensidad se reparte de forma directamente proporcional a cada una de las resistencias.

Si el circuito alimenta dos o más receptores, la corriente se reparte entre todos ellos, de forma que el circuito se puede cerrar para cada uno de ellos. Cuando falla un receptor, el circuito no queda interrumpido y los demás siguen funcionando. Cada receptor recibe la misma tensión, que es la del generador.

$$\mathbf{V \text{ total} = V1 = V2 = V3}$$

La resistencia total del circuito será:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Si son interruptores, el circuito se cierra si cualquiera de ellos está en posición de trabajo.

Cuando los elementos están distribuidos en un mismo circuito en grupos en serie o bien en paralelo tenemos una **asociación mixta**.

## 1.5 La leyes de Kirchhoff

Las **leyes de Kirchhoff** permiten resolver de manera sistemática el cálculo de circuitos eléctricos que no se podrían solucionar aplicando directamente la ley de Ohm. Su aplicación no es complicada, basta con tener claros los conceptos de **nudo**, **rama** y **mall** en un circuito eléctrico y aplicar dos leyes.

### Definicions

#### Malla:

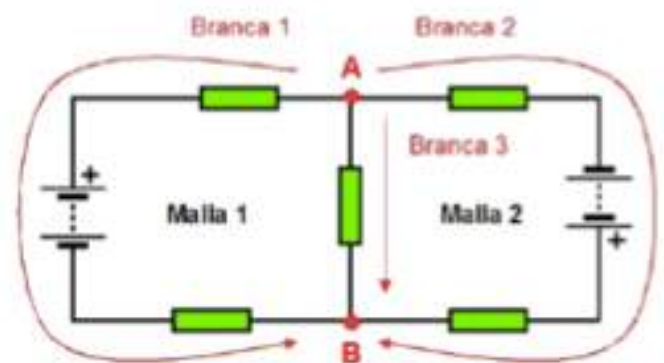
Qualsevol recorregut elèctric tancat

#### Nus:

Punt del circuit en el que conflueixen dues o més intensitats

#### Branca:

Tot trajecte que pot recórrer una intensitat entre dos nusos



### Lleis de Kirchhoff

#### 1ª llei. Llei dels nusos:

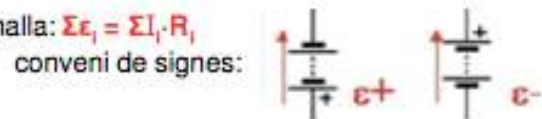
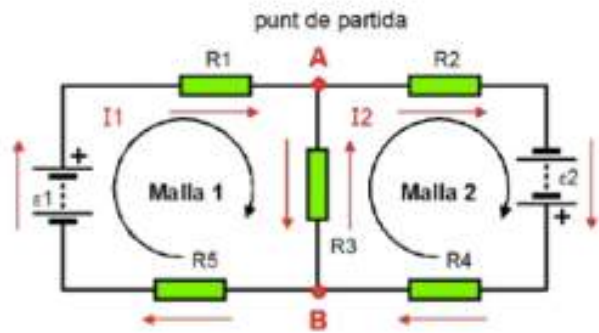
En tots els nusos  $\sum I_i = 0$

#### 2ª llei. Llei de les malles:

En totes les malles  $\sum \varepsilon_i = \sum I_i \cdot R_i$

**Procediment de resolució**

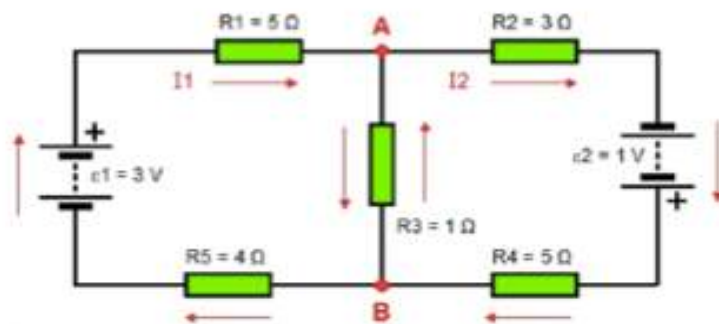
1. Es marquen els nusos, s'identifiquen les malles i s'indica la polaritat dels generadors.
2. S'assigna un sentit arbitrari del corrent en cada malla.
3. Escollim un punt de partida en la malla i la recorrem en el sentit que hem establert per al corrent.
4. Apliquem la 2ª llei de Kirchhoff en cada malla:  $\sum \varepsilon_i = \sum I_i \cdot R_i$



<b>Malla 1.</b>	$-\varepsilon_1 = (I_1 - I_2) \cdot R_3 + I_1 \cdot R_5 + I_1 \cdot R_1$
<b>Malla 2.</b>	$-\varepsilon_2 = I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot R_4 + (I_2 - I_1) \cdot R_3$

Amb aquest sistema de 2 equacions ja podem calcular les intensitats que recorren el circuit.

**Posem valors** per calcular les intensitats per cada branca del circuit:

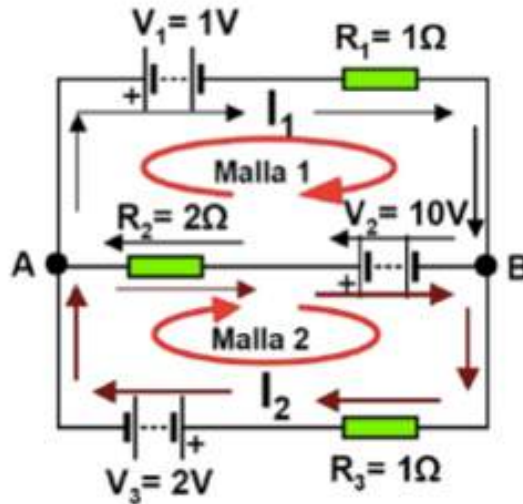


<b>Malla 1.</b>	$-\varepsilon_1 = (I_1 - I_2) \cdot R_3 + I_1 \cdot R_5 + I_1 \cdot R_1 \Rightarrow -3V = (I_1 - I_2) \cdot 1\Omega + I_1 \cdot 4\Omega + I_1 \cdot 5\Omega$
<b>Malla 2.</b>	$-\varepsilon_2 = I_2 \cdot R_2 + I_2 \cdot R_4 + (I_2 - I_1) \cdot R_3 \Rightarrow -1V = I_2 \cdot 3\Omega + I_2 \cdot 5\Omega + (I_2 - I_1) \cdot 1\Omega$

$$\left. \begin{aligned} -3 &= 10 \cdot I_1 - I_2 \Rightarrow I_1 = (I_2 - 3) / 10 \\ -1 &= 9 \cdot I_2 - I_1 \Rightarrow I_1 = 9 \cdot I_2 - 1 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} I_2 - 3 &= 90I_2 - 10 \Rightarrow I_2 = -13 / 89 = -0,146 \text{ A} \\ I_1 &= 9 \cdot (-0,15) + 1 = -0,315 \text{ A} \end{aligned}$$

els signes negatius indiquen que el sentit del corrent és contrari al suposat

**Un altre exemple.** Calculem les intensitats per cada branca del circuit:



**Aplicuem la 2ª Llei de Kirchhoff:**

**Malla 1.**  $\epsilon_1 - \epsilon_2 = I_1 \cdot R_1 + (I_1 - I_2) \cdot R_2 \Rightarrow -9V = I_1 \cdot 1\Omega + (I_1 - I_2) \cdot 2\Omega$

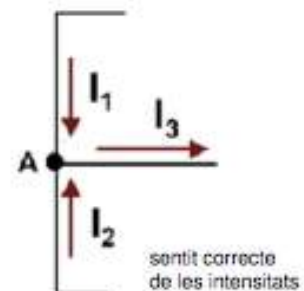
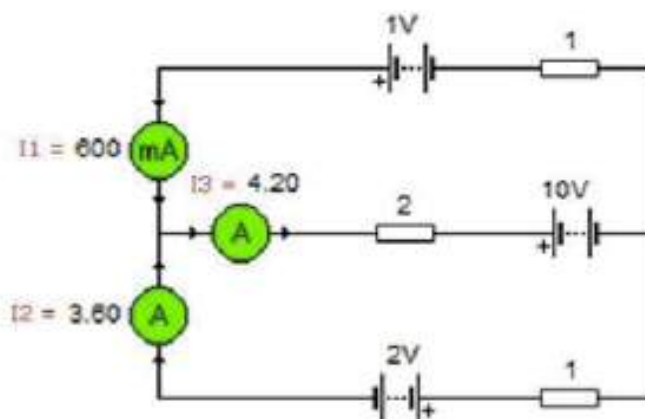
**Malla 2.**  $\epsilon_2 + \epsilon_3 = (I_2 - I_1) \cdot R_2 + I_2 \cdot R_3 \Rightarrow 12V = (I_2 - I_1) \cdot 2\Omega + I_2 \cdot 1\Omega$

$$\left. \begin{aligned} -9 &= 3 \cdot I_1 - 2 \cdot I_2 \Rightarrow I_1 = (2 \cdot I_2 - 9) / 3 \\ 12 &= 3 \cdot I_2 - 2 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = (3 \cdot I_2 - 12) / 2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} 4 \cdot I_2 - 18 &= 9 \cdot I_2 - 36 \Rightarrow I_2 = 18 / 5 = \mathbf{3,6 A} \\ I_1 &= ((2 \cdot 3,6) - 9) / 3 = \mathbf{-0,6 A} \end{aligned}$$

els signes positius indiquen que el sentit suposat del corrent és correcte

**Aplicuem la 1ª llei de Kirchhoff:**

Al nus A:  $I_3 = I_1 + I_2 \Rightarrow I_3 = 0,6 A + 3,6 A = \mathbf{4,2 A}$



## 2. Elementos pasivos

Son los elementos que transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía como, por ejemplo, la luminosa si se trata de una bombilla, la térmica si se trata de una estufa, la mecánica si se trata de un motor. Así pues, hablamos de resistencias, condensadores (elementos que acumulan carga eléctrica entre dos placas metálicas separadas por un material aislante), motores, transformadores, bobinas (es un hilo enrollado alrededor de un eje; cuando por él circula corriente continua se comporta como un imán, mientras que con corriente alterna permite inducir corriente a circuitos cercanos).

### 2.1 El condensador

Un **condensador** es un dispositivo que almacena energía en el campo eléctrico que se establece entre un par de conductores que están cargados, pero con cargas eléctricas opuestas. Históricamente, los condensadores han adoptado la forma de un par de armaduras de metal, ya sean planas o enrolladas en un cilindro, pero de todos modos entre cualquier par de conductores en cualquier disposición siempre se da el fenómeno de la capacitancia.



Diferentes ejemplos de condensadores

La capacitancia,  $C$ , es una medida de la cantidad de carga eléctrica almacenada en cada una de las armaduras para un voltaje dado

$q(t) = Cv(t)$ ,  
donde

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

para un condensador ideal de armaduras

donde

$C$  es la capacitancia en faradios, F

$\epsilon$  es la permisividad del dieléctrico utilizado

$A$  es el área de cada placa, medida en metros cuadrados

$d$  es la separación entre las armaduras, medida en metros

En unidades del sistema internacional, la capacitancia se mide en faradios, un condensador tendrá una capacitancia de un faradio cuando un culombio de carga produzca una diferencia de potencial de un voltio entre las armaduras. Debido a que el faradio es una unidad muy grande, el valor de un **condensador** se expresa a menudo en microfaradios ( $\mu\text{F}$ ), nanofaradios (nF) o picofaradios (pF). En general, la capacitancia será más grande si las armaduras son muy grandes y la distancia que las separa es muy pequeña. La calidad del dieléctrico que hay entre las armaduras es determinante para la capacitancia del condensador dado que sus moléculas quedan polarizadas de forma que se reduce el campo eléctrico interno y, por lo tanto, el voltaje.

Un condensador está formado por dos electrodos, o armaduras, separados por un dieléctrico que evita que las cargas eléctricas pasen de un electrodo al otro. Las cargas pueden llegar a las armaduras por otros caminos, por ejemplo, procedentes de una batería, pero si se saca la batería las cargas seguirán en las armaduras. De acuerdo con la ley de Coulomb, las cargas separadas por el dieléctrico se atraen entre sí y se crea un campo eléctrico entre las armaduras. El condensador más simple consiste en dos armaduras anchas separadas por una capa delgada de material dieléctrico.



En los condensadores reales, los condensadores comerciales, además de las características ideales, se tienen que tener en cuenta otros factores como por ejemplo la tensión.

**Máxima de funcionamiento**, determinada por el tipo de material aislante utilizado como dieléctrico (si se sobrepasa, se llegaría a la tensión de ruptura y se destruiría el condensador), la resistencia y la inductancia parásita, la respuesta en función de la frecuencia y las condiciones ambientales de funcionamiento (**deriva térmica**). También está la pérdida dieléctrica, que es la cantidad de energía que se pierde en forma de calor en un dieléctrico no ideal. También encontramos la **corriente de escape**, que es la corriente que fluye a través del dieléctrico y que en un condensador ideal sería nula.

En el mercado, hay muchos tipos de condensadores, con capacidades que van desde pocos picofaradios hasta varios faradios y con varias tensiones de funcionamiento, que van desde pocos voltios hasta tensiones muy elevadas. En general, cuanto mayor sea el voltaje y la capacidad, más grande es el tamaño, el peso y el coste de los condensadores. El valor nominal de la capacidad presenta una cierta tolerancia o margen de posible desviación respecto del valor declarado. Los márgenes de tolerancia van del 1 al 50% en el caso de los condensadores electrolíticos. Los condensadores se clasifican según el material utilizado como dieléctrico, así hay dos grandes categorías: los condensadores con dieléctrico sólido (también se incluiría los que utilizan el aire como dieléctrico), que no presentan polarización, y los que utilizan un óxido metálico, llamados condensadores electrolíticos, que presentan una polaridad determinada que hay que respetar puesto que un error puede provocar una respuesta violenta que puede llegar a la explosión.

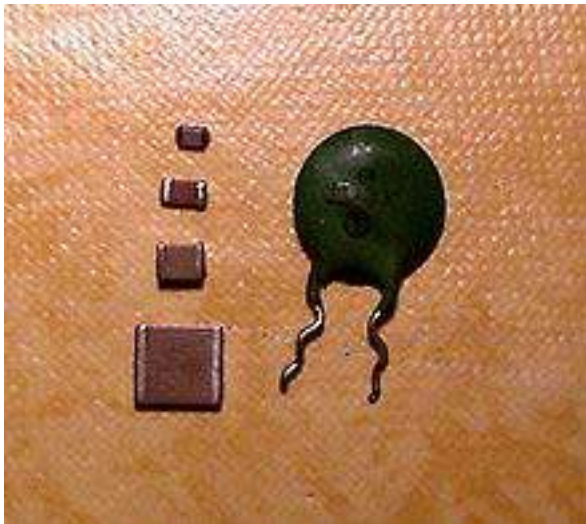
### **Condensadores con dieléctrico sólido o de aire**

Se fabrican siguiendo la definición clásica del condensador: un conductor metálico separado por un aislante. El aislante será escogido en función de la utilización a la

que se quiere destinar el condensador y determinará sus características.

Los condensadores que utilizan el aire como dieléctrico son muy resistentes a los arcos porque el aire ionizado se sustituye rápidamente, pero no permiten altas capacidades. Los condensadores variables de mayor tamaño son de este tipo y se utilizan en los circuitos resonantes de las antenas. Son sensibles a la humedad del ambiente, su capacidad varía en función de la humedad relativa del aire y esta característica se utiliza para construir sensores de humedad.

### Condensadores cerámicos



Diferentes condensadores cerámicos, uno de tipo radial (derecha) y cuatro para montaje superficial (izquierda)



Un antiguo condensador cerámico de 68 pF con la forma tubular habitual en las décadas de 1960 y 1970.

La cerámica es un material que presenta ventajas como proporcionar una inductancia extremadamente pequeña y una gran resistencia, por eso su utilización es muy amplia en la fabricación de condensadores. Tiene aplicaciones en alta frecuencia (hasta unos centenares de gigahercios), en alta tensión (circuitos con válvulas) o en condensadores miniaturizados para montaje superficial en circuitos impresos.

Pero la cerámica también presenta algunos inconvenientes como su fragilidad, la necesidad de disponer de cierta distancia entre las armaduras para evitar arcos (lo que hace que no sean adecuados para grandes capacidades, pero esto no es un inconveniente en altas frecuencias) o presentar una ligera histéresis de carga y generan un cierto ruido cuando hay una gran amplitud de la señal o la frecuencia es muy alta. Se trata de un ruido blanco con poco efecto sobre los circuitos de alta frecuencia dado que estos están sintonizados en un banda estrecha.

Hay muchos tipos de condensadores cerámicos, la temperatura es una variable habitualmente utilizada para clasificarlos (temperatura de trabajo, tolerancia a la variación de la temperatura):

- Las cerámicas de tipos C0G o NP0 presentan una gran estabilidad y tolerancia a la temperatura y baja corriente de escape, son utilizadas por aplicaciones de otra frecuencia y cuando hay una necesidad de buena estabilidad con la temperatura (los filtros son un ejemplo). Desgraciadamente, estos tipos de cerámica no tienen una constante dieléctrica demasiado grande y eso limita el valor de la capacidad (de 4,7 pF a 0,047  $\mu$ F, un 5%), los condensadores son de como máximo de algunos nanofaradios para los componentes para montaje en superficie. Suelen ser más caros y grandes que los de otros tipos de cerámica.
- Las cerámicas de tipos X7R tienen una estabilidad menor, en torno al 10% de variación entre -10°C y +60°C. Por eso, se suelen reservar para aplicaciones no críticas que no requieren una gran estabilidad. La constante dieléctrica es más

elevada y se pueden lograr valores de capacidad de algunos centenares de nanofaradios (nF), (de 3.300 pF a 0,33  $\mu$ F, un 10%).

- Las cerámicas de tipos Y4T y Z5U tienen variaciones de temperatura del orden del 50% en algunas gamas y se reservan para condensadores destinados a funciones de desacoplamiento. Aun así, es posible fabricar componentes para montaje superficial de algunos microfaradios.
- Las cerámicas especiales para las hiperfrecuencias presentan una gran estabilidad y un factor de escape muy pequeño y su precio es muy elevado.

### **Condensadores de vidrio**

Los condensadores con un dieléctrico hecho a base de varias capas de vidrio tienen una gran estabilidad con la temperatura, son muy fiables y tienen una vida de larga duración.

### **Condensadores de papel**

Fueron muy comunes en el pasado en los receptores de radio, están contruidos con una hoja de aluminio enrollada con papel y sellados con cera. Su capacidad llega hasta algunos  $\mu$ F y la tensión máxima se sitúa en el centenar de voltios. Las versiones fabricadas con papel impregnado con aceite pueden tener tensiones de hasta 5.000 voltios y se utilizan en los sistemas de arranque de los motores eléctricos, control de potencia y otras aplicaciones de electrotecnia.

### **Condensadores de poliéster**

El poliéster se utiliza como dieléctrico de los condensadores, habitualmente se utiliza en forma de polietileno tereftalato (PET) y de polietileno naftalado (PEN). La ventaja del polietileno es que puede ser utilizado en forma de láminas muy delgadas y permite unas capacidades importantes en un volumen pequeño en comparación con otros tipos de condensadores como podrían ser los electrolíticos. Se trata de un tipo de condensador fácil de fabricar y, por lo tanto, son baratos; aun así tienen poca estabilidad a la temperatura. Son muy utilizados en los circuitos de

audio de media y buena calidad y en aquellos circuitos que requieren una pequeña variación de la capacidad a lo largo del tiempo o por los cambios de humedad. Los de polietileno tereftalato también tienen utilidades como sustitutos de los condensadores de papel y de aceite en los motores monofásicos.

### **Condensadores de poliestireno**

El poliestireno no es tan fácil de fabricar como el polietileno pero no es costoso, los muebles de jardín y los embalajes acostumbran a ser de poliestireno, aun así es difícil de laminar para obtener películas delgadas. Por este motivo, los condensadores de poliestireno son relativamente voluminosos para una capacidad dada, uno de  $0,01 \mu\text{F}$  es tan voluminoso como uno electrolítico de  $200 \mu\text{F}$ . En comparación con los de polietileno, son considerablemente más caros.

La gran ventaja de los condensadores de poliestireno es su calidad, son muy estables. Por esta razón, se utilizan cuando se requiere precisión, como por ejemplo en los circuitos de sintonización de banda estrecha o bases de tiempo. Su ruido térmico es prácticamente indetectable y muy cerca del límite teórico establecido. Son muy poco sensibles a la temperatura y al envejecimiento, se mantienen dentro de los límites de corriente y tensión determinados por el fabricante a lo largo del tiempo, son muy insensibles a la utilización. Su inductancia parásita depende del tipo de montaje, los que están contruidos con dos hojas de metal y dos láminas de poliestireno enrolladas en espiral tienen una buena precisión de la capacidad, pero por el contrario presentan una cierta inductancia parásita (débil). Los que están hechos con armaduras de fundición en un bloque de poliestireno tienen una capacidad menos precisa, esto no es un problema para los circuitos de precisión que tienen un elemento de ajuste, pero con una inductancia parásita muy baja. Su capacidad es del orden de los picofaradios y se utilizan en el tratamiento de señales.

## Condensadores electrolíticos



Varios condensadores electrolíticos de diferentes tamaños

En los condensadores electrolíticos no hay un material dieléctrico sólido, el aislamiento entre las armaduras se obtiene con la formación y el mantenimiento de una capa delgada de óxido sobre la superficie de una armadura de metal. A diferencia de los condensadores comunes, la poca anchura de la capa de óxido permite la obtención de mucha más capacidad en un espacio pequeño, pero por otro lado tienen que tomar precauciones especiales para preservar el óxido. En particular, hay que respetar la polaridad de la tensión aplicada, en caso contrario el aislamiento se echaría a perder y se destruiría el condensador. Por otro lado, en los condensadores electrolíticos hay una solución química húmeda que si se seca implica que el condensador deja de funcionar.

La capacidad de un condensador electrolítico no se define con precisión como en los condensadores con aislantes sólidos. En particular, en los modelos de aluminio es habitual encontrar la especificación de valor mínimo garantizado, sin un límite máximo de capacidad. Para la mayoría de las aplicaciones, como el filtrado de la alimentación después de la rectificación y el acoplamiento de señales, esto no es un problema.

## Condensadores de aluminio



Condensadores electrolíticos de aluminio en tecnología SMD (montaje superficial)

El dieléctrico se compone de una capa de óxido de aluminio. Son compactos, pero con grandes escapes. Están disponibles con capacidades de menos de 1  $\mu\text{F}$  a 1.000.000  $\mu\text{F}$  con tensiones de trabajo que van de unos pocos voltios a centenares de voltios. Contienen una solución corrosiva y pueden explotar cuando se alimentan con la polaridad invertida. Después de un largo periodo de tiempo tienden a secarse y permanecen fuera de uso, así constituyen una de las causas más frecuentes de avería de los diferentes tipos de aparatos electrónicos.

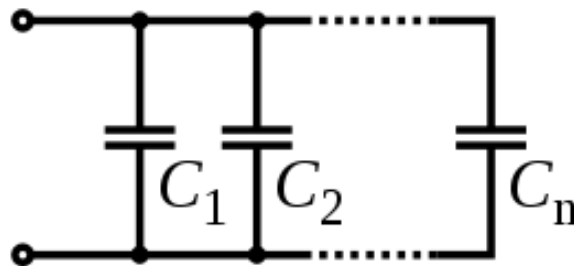
## Condensadores de tántalo

Los condensadores de tántalo tienen una capacidad más estable y precisa que los de aluminio, también presentan menor corriente de escape y una baja impedancia a bajas frecuencias. Pero no toleran los picos de sobretensión como los de aluminio y se pueden estropear, a veces con una violenta explosión, cosa que también sucede cuando los alimentamos con la polaridad invertida o por encima del límite establecido. La capacidad llega a cerca de los 100  $\mu\text{F}$  en función de la tensión de trabajo. Las armaduras del condensador de tántalo son diferentes, el cátodo está formado por granos de tántalo sinterizado y el dieléctrico está compuesto por óxido de titanio. El ánodo se hace a veces con una capa de

semiconductor, de dióxido de manganeso depositado químicamente. En una versión mejorada, el óxido de manganeso fue sustituido por una capa de polímero conductor, polipirrol, que elimina la tendencia a la combustión en caso de fallo.

### Asociación de condensadores

Cuando se ponen dos o más condensadores en paralelo, todos serán sometidos al mismo voltaje mientras que la corriente total será la suma de la corriente que pasa a través de cada uno de los condensadores del circuito. Esto comporta que la carga eléctrica almacenada por el conjunto del circuito será equivalente a la suma de la carga almacenada en cada uno de los condensadores que lo forman.



De aquí que la capacidad total equivalente sea:

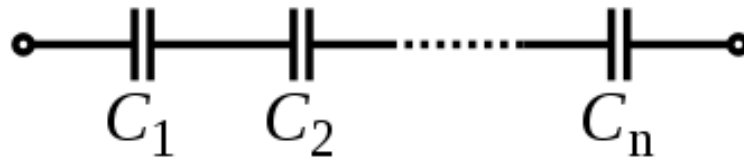
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

El condensador equivalente a los  $n$  condensadores que tenemos en el circuito en paralelo tendrá una capacidad igual a la suma de las capacidades individuales de los  $n$  condensadores. La tensión máxima que podrá soportar el conjunto del circuito será la del condensador que presente un valor más bajo de tensión máxima.

Cuando se pongan dos o más condensadores en serie, todos serán sometidos a la misma intensidad de corriente y la carga eléctrica almacenada para cada elemento será idéntica, lo que comporta que la diferencia de potencial en los extremos del circuito sea igual a la suma de la diferencia de potencial en cada condensador, de



donde se desprende que el condensador de más capacidad soportará menos tensión que el más pequeño del circuito.

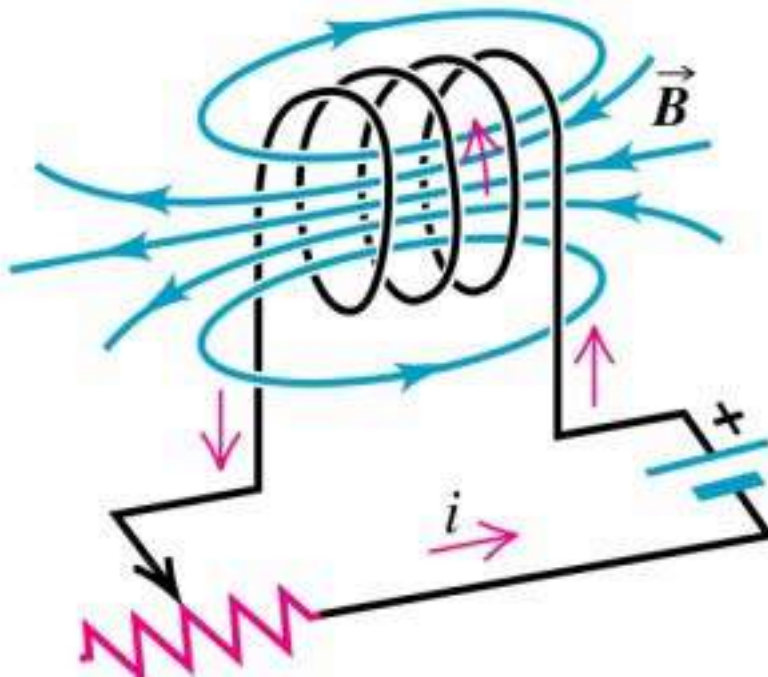


De aquí que la capacidad total equivalente sea:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

## 2.2 La bobina

La bobina es un componente que almacena energía, como lo hacía el condensador, pero en vez de almacenar campo eléctrico, la bobina almacena campo magnético.



Como vemos en la imagen superior, la bobina genera un campo magnético cuando le pasa una corriente por los hilos. Detrás de todo este tema del campo magnético hay mucha física, que la obviaremos, puesto que se haría bastante pesado de explicar.

La construcción de una bobina es bastante sencilla, basta con tomar un trozo de hilo conductor y enroscarlo. De hecho, cualquier cable es una bobina, lo que pasa es que su inductancia, parámetro con el que se calcula la magnitud de la bobina, es muy baja, por lo que se obvia en la mayoría de los casos.

Como podéis ver en la siguiente imagen, hay muchos tipos de bobinas,



Como en el condensador, hay unas fórmulas que rigen el funcionamiento de la bobina:

- En esta primera fórmula, lo que se describe es cuál es la inductancia de una bobina a partir de su área transversal,  $A$ , su longitud,  $l$  y el número de espiras,  $n$ .

$$L = \frac{\Phi_m}{I} = 4\pi 10^{-7} n^2 A l$$

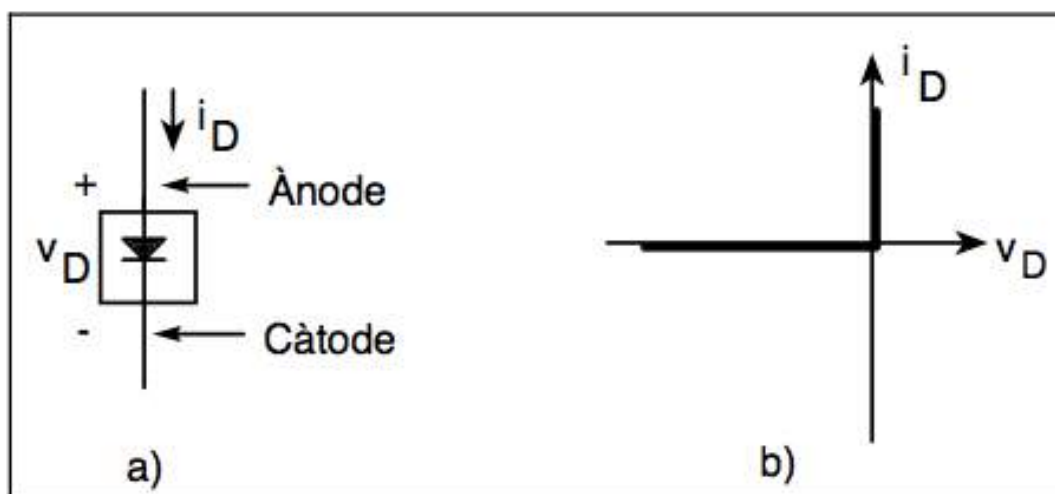
- En esta otra ecuación nos dice cómo responde la bobina en el tiempo cuando tiene almacenada cierta energía. Donde  $i(t)$  es la intensidad en función del tiempo que atraviesa la bobina,  $L$  es la inductancia de la bobina.

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

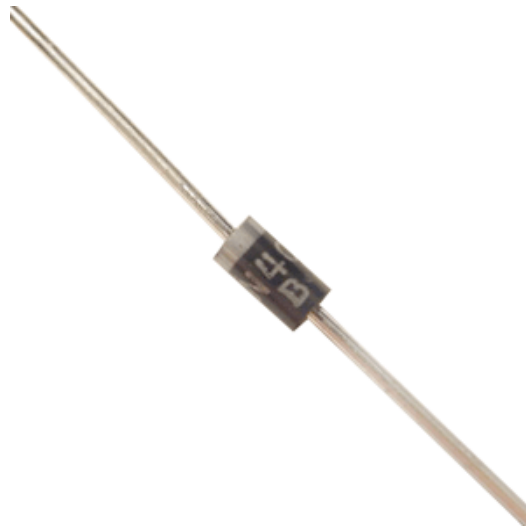
## 2.3 El diodo

El diodo es un dispositivo de dos terminales con un comportamiento no lineal: deja pasar corriente en un sentido y la bloquea en sentido contrario. El comportamiento del diodo puede ser aproximado por un elemento del circuito llamado diodo ideal, si bien algunas aplicaciones requieren el uso de modelos más complejos. En los párrafos siguientes, se presentan el diodo ideal y algunos modelos que se aproximan mejor al comportamiento de los diodos fabricados con semiconductores.

El diodo ideal es un elemento de circuito de dos terminales con un símbolo circuital y una característica corriente-tensión que se representan en la figura siguiente:

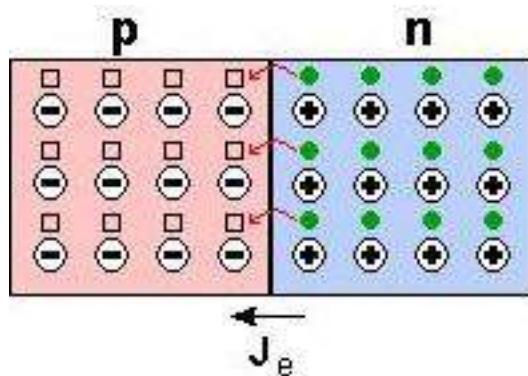


Uno de los terminales se denomina ánodo y el otro, cátodo. Cuando el diodo conduce, la corriente circula en el sentido de ánodo a cátodo, sin caída de tensión entre los dos terminales. Entonces se dice que está polarizado en directa y equivale a un cortocircuito. Cuando el ánodo es negativo respecto del cátodo, el diodo bloquea la corriente y equivale a un circuito abierto. En este caso, se dice que el diodo está polarizado en inversa.



Diodo de silicio

El funcionamiento del diodo, y sin entrar en excesivo detalle, se basa en la utilización de dos semiconductores, uno de **tipo P** y uno de **tipo N**. Estos tienen cargas por separado nulas, es decir, que tienen tantos electrones como protones. Lo que pasa es que el de tipo N tiene un electrón en la órbita externa y el de tipo P tiene un agujero en una de las órbitas, lo que posibilita que, al unir estos dos materiales, se atraigan.



Al producirse este movimiento de electrones del tipo N a los agujeros del tipo P, se crea en el centro una zona llamada **zona de deplexión**. En esta zona, las cargas están compensadas, por lo que no es conductora.

Así pues, ya vemos que, si a un diodo no le hacemos nada, **no** es conductor. Lo que pasa es que, si nosotros damos suficiente energía a los electrones que

queremos que pasen por un diodo, conseguiremos que estos salten a esta zona de deplexión, es decir, hemos conseguido que, al dar una cierta diferencia de potencial, voltaje, a las bornes del diodo, el diodo se convierta en un conductor. El voltaje necesario para que en el diodo circule corriente depende de su construcción y es un valor típico para los diodos de silicio de 0,7 V.

Como hemos visto, los diodos necesitan de un cierto voltaje para conducir en una cierta dirección y, en la otra, no conducen. Esto nos permite crear sistemas de protección; así, por ejemplo, un conector que solo puede ir de una manera, ponemos un diodo y nos aseguramos de que, si el usuario lo coloca de la manera que no toca, no dejamos que se cargue la electrónica trasera.

### Tipo de diodos más utilizados

#### Diodo Zener

Un **diodo Zener** es un diodo semiconductor diseñado especialmente para trabajar en inversa. En estos diodos, muy dopados, cuando la tensión en polarización inversa consigue el valor de la tensión de ruptura (o Zener), el mismo campo eléctrico de la unión p-n es capaz de arrancar electrones de la banda de valencia y permite la conducción sin apenas variación de la tensión. De este modo, la tensión del diodo, que sufrirá tan solo pequeñas variaciones con el incremento de la corriente eléctrica debidas a la resistencia interna (del orden de una décima de voltio), puede usarse como tensión de referencia, típicamente en circuitos estabilizadores o reguladores de tensión.

#### Diodo de alud

Un **diodo de alud** es un diodo semiconductor diseñado especialmente para trabajar en inversa. En estos diodos, poco dopados, cuando la tensión en polarización inversa alcanza el valor de la tensión de ruptura, los electrones que han botado en la banda de conducción por efecto de la temperatura se aceleran debido al campo eléctrico e incrementan su energía cinética, de forma que al

colisionar con electrones de valencia los liberan; estos, a su vez, se aceleran y chocan con otros electrones de valencia que también liberan, por lo que se produce un alud de electrones cuyo efecto es incrementar la corriente conducida por el diodo sin apenas incremento de la tensión.

La aplicación típica de estos diodos es la protección de circuitos electrónicos contra sobretensiones. El diodo se conecta en inversa en tierra, de forma que mientras la tensión se mantenga por debajo de la tensión de ruptura solo será atravesado por la corriente inversa de saturación, muy pequeño, por lo que la interferencia con el resto del circuito será mínima; a efectos prácticos, es como si el diodo no existiera. Al incrementarse la tensión del circuito por encima del valor de ruptura, el diodo empieza a conducir desviando el exceso de corriente a tierra y así evita daños en los componentes del circuito.

## **LED**

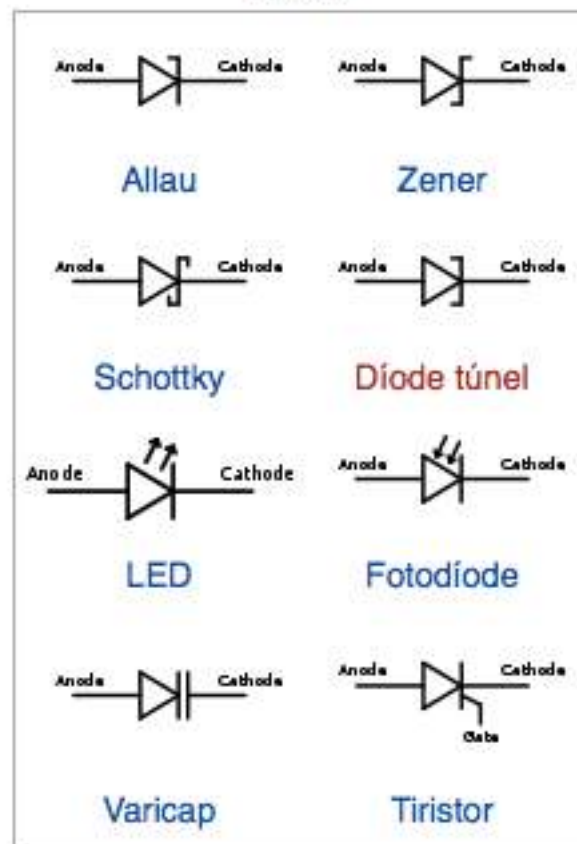
Los diodos emisores de luz o diodos LED son diodos que pueden emitir luz dentro del espectro visible. Mientras los electrones cruzan la unión, se emiten fotones. En la mayoría de los diodos, son reabsorbidos y son emitidos a frecuencias no visibles (normalmente infrarrojos). Aun así, con la utilización de los materiales y la disposición adecuada, la luz se puede hacer visible. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo. La corriente que atraviesa el LED es determinante para obtener una buena intensidad luminosa; el voltaje de operación va de los 1,5 a los 2,2 V aproximadamente y la gama de intensidades que tiene que circular por él va de los 10 a los 20 mA en los diodos de color rojo y entre los 20 y los 40 mA para los demás LED. Todos son monocromáticos.

## **Diodo láser**

Los diodos láser son un tipo de diodo que se construye con forma de cavidad resonante y que, bajo las condiciones adecuadas, emiten luz láser. Se construyen con arseniuro de galio (GaAs) o con este compuesto y aluminio siguiendo una estructura de sándwich con tres zonas dopadas de manera diferente (n - p - p+)

que presentan diferentes ángulos de refracción ópticos, de forma que las zonas n-p y p-p+ se comportan como un espejo que refleja la luz que emite el diodo y la confina en su interior. Los fotones que se desplazan por el interior del diodo estimulan los electrones y los agujeros de los átomos del semiconductor a combinarse emitiendo otro fotón con la misma longitud de onda y la misma fase del fotón incidente, esto provoca una emisión de luz coherente.

### Símbols de diferents tipus de diode



### Aplicaciones más importantes de los diodos

- El primer uso de los diodos fue la desmodulación de emisiones de radio de amplitud modulada (AM). La historia de este descubrimiento se tratará a fondo en el artículo de radio. En resumen, una señal de AM consta de picos de voltaje de corriente alterna positivos y negativos, cuya amplitud o el envolvente es proporcional a la señal de audio original. El diodo (originalmente un diodo de



cristal semiconductor) rectifica la señal de radiofrecuencia de AM y deja una señal de audio, que es la señal de audio original. El audio se extrae utilizando un filtro simple y alimentando con él un amplificador de audio o transductor, que genera ondas sonoras.

- Los **rectificadores** se construyen con diodos, donde se utilizan para convertir corriente alterna (AC) en corriente continua (DC). Los alternadores de automóvil son un ejemplo común, donde los diodos, que rectifican la corriente alterna generada por el alternador en corriente continua para alimentar las baterías y los circuitos de coche, proporcionan mejor eficiencia y duración que los sistemas de delgas y escobillas de las dinamos que había antes. De forma similar, los diodos también se utilizan en multiplicadores de voltaje Cockcroft-Walton para convertir corriente alterna en corriente continua de más alto voltaje.
- Los diodos Zener se usan con frecuencia para alejar de los electrónicos sensibles los altos voltajes perjudiciales. En circunstancias normales, no son conductores. Cuando el voltaje aumenta encima del umbral, los diodos se vuelven conductores. Por ejemplo, los diodos se utilizan en controladores de motores (motores paso a paso y en puentes H) y circuitos de relé para descargar rápidamente los bobinados y evitar los picos de voltaje que de lo contrario aparecerían. Muchos circuitos integrados también incorporan diodos a los pins de conexión para impedir que los voltajes externos echen a perder sus transistores sensibles. Se utilizan diodos especializados para proteger de sobrevoltajes a potencias altas.
- Un diodo se puede usar como dispositivo de medida de temperatura, dado que la caída de tensión en el diodo depende de la temperatura. De la ecuación de diodo ideal de Shockley resulta que el voltaje tiene un coeficiente de temperatura positivo (a corriente constante), pero depende de la concentración de dopaje y la temperatura de operación (Sze, 2007). El coeficiente de temperatura puede ser negativo en los típicos termistores o positivo para diodos sensores de temperatura hasta aproximadamente 20 kelvins.
- Los diodos evitan que la corriente fluya en direcciones no deseadas. Para alimentar un circuito eléctrico durante una caída de tensión, el circuito puede

obtener corriente de una batería. Una fuente de alimentación ininterrumpida puede usar diodos de forma que se asegure de que la corriente solo se saque de la batería cuando sea necesario. De forma similar, los barcos pequeños suelen tener dos circuitos cada uno con sus propias baterías: uno se usa para la puesta en marcha de los motores y el otro, para alimentar los dispositivos. Normalmente, los dos se cargan a partir de un alternador único y un diodo de potencia de división de carga se utiliza para evitar que la batería con carga más alta (típicamente la batería de los motores) se descargue a través de la batería de carga más baja cuando el alternador no está funcionando.

- Los diodos también se utilizan en teclados musicales electrónicos. Para reducir la cantidad de cableado necesario, estos instrumentos a menudo utilizan circuitos de matriz de teclas. El controlador de teclado va probando las filas y las columnas para determinar qué nota ha pulsado el músico. El problema con los circuitos de matriz es que, cuando se pulsan unas cuantas notas de forma simultánea, la corriente puede fluir a la inversa a través del circuito y dispara teclas fantasma, lo que provoca que se toquen notas de fantasma. Para evitar provocar notas no deseadas, la mayoría de los circuitos de matriz de teclados tienen diodos soldados al contacto de cada tecla del teclado.

### 3. Herramientas de análisis y simulación

Se denominan instrumentos de medidas de electricidad a todos los dispositivos que se utilizan para medir las magnitudes eléctricas y asegurar así el buen funcionamiento de las instalaciones y máquinas eléctricas. La mayoría son aparatos portátiles de mano y se utilizan para el montaje; hay otros instrumentos que son convertidores de medida y otros métodos de ayuda a la medición, el análisis y la revisión. La obtención de datos cobra cada vez más importancia en el ámbito industrial, profesional y privado. Se demandan, sobre todo, instrumentos de medida prácticos, que operen de una manera rápida y precisa y que ofrezcan resultados durante la medición. Existen muchos tipos de instrumentos diferentes, pero los más destacados son los multímetros y osciloscopios.

#### 3.1 El multímetro (polímetro o *tester*)

Aparato que permite medir diferentes magnitudes eléctricas, como voltajes, intensidades y resistencias, tanto en corriente continua como en corriente alterna. Funciona con pilas y los hay de dos tipos, analógicos y digitales.



Multímetro digital



Multímetro analógico

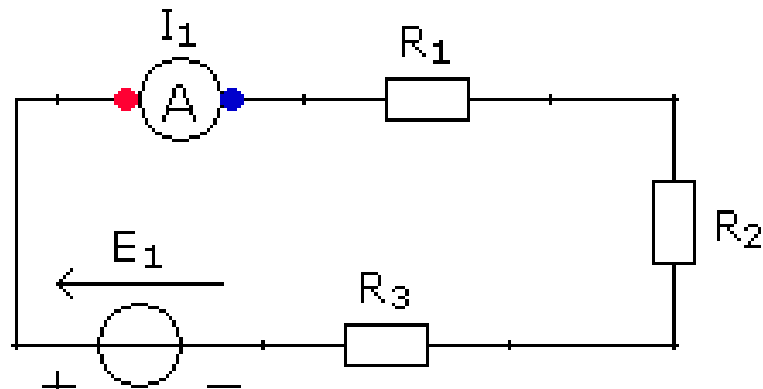
Consta de los siguientes elementos:

1. Un interruptor general con las posiciones ON y OFF.
2. Un conmutador para seleccionar el tipo de corriente (continua o alterna) que queremos medir.
3. Un selector para escoger la magnitud que queremos medir (voltaje, intensidad o resistencia).
4. Unos bornes y dos cables terminales para la conexión del aparato al circuito.

### **Medición de magnitudes utilizando el multímetro en diferentes aplicaciones**

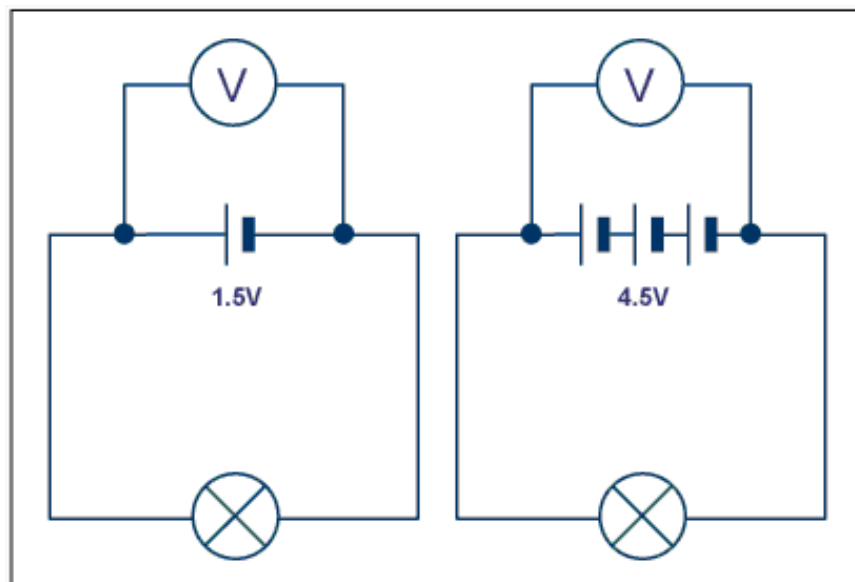
Antes de nada, con el selector giratorio se debe seleccionar la magnitud que se quiere medir (voltaje, intensidad, resistencia). Una vez se ha escogido la magnitud que se desea medir, se tiene que escoger la escala de medida (mV, V, mA, A,  $\Omega$ , M $\Omega$ , por ejemplo). En los multímetros digitales de última generación, esta operación ya se hace automáticamente.

### Como amperímetro



Mide la intensidad y el aparato se intercala en medio del circuito, conectado en serie, y se efectúa la medición cuando el circuito está cerrado o en funcionamiento. Si el circuito es de corriente continua, la polaridad del circuito debe coincidir con la del amperímetro.

### Como voltímetro



Mide la tensión y hay que conectarlo en paralelo entre dos puntos del circuito del que queremos tomar la medida. Si el circuito es de corriente continua, la polaridad del circuito debe coincidir con la del voltímetro.

### Como ohmímetro

Mide la resistencia eléctrica de un circuito o de un receptor. Hay que asegurarse de que en el circuito no haya tensión, puesto que la medida no sería fiable y se podría deteriorar el aparato. Se conecta entre los dos puntos del circuito del que queremos tomar la medida.

## 3.2 El osciloscopio

Un **osciloscopio** es un instrumento de medición electrónico que crea gráficos visibles en dos dimensiones de una o más diferencias de potencial eléctrico. El eje horizontal normalmente representa el tiempo, lo que hace útil este instrumento para representar señales periódicas. El eje vertical normalmente muestra el voltaje. La imagen es generada mediante una pantalla, tradicionalmente un tubo de rayos catódicos. Permite ver la evolución temporal de diferentes señales presentes en los circuitos electrónicos.

Estos aparatos cuentan con unos conmutadores que nos permiten el ajuste de la escala de tiempo y de voltaje. Las frecuencias a las que podemos usar un osciloscopio pueden ir desde una señal que no varíe en función del tiempo (como una corriente continua) hasta el orden de 10 MHz o más en función del modelo empleado.

Del mismo modo, podemos ajustar el eje vertical (voltaje) para conseguir visualizar correctamente la señal en la pantalla. Mediante sondas equipadas con atenuadores, podemos visualizar cualquier rango de voltajes, siempre y cuando se tenga en cuenta el voltaje máximo que puede soportar el equipo y que un voltaje demasiado pequeño (del orden de milivoltios) puede aparecer distorsionado por efecto del llamado ruido eléctrico. Estas regulaciones determinan el valor de la escala cuadrícula que divide la pantalla, lo que permite saber cuánto representa cada cuadrado de esta para conocer el valor de la señal que se pretende medir, tanto en tensión como en frecuencia.

La implantación de la tecnología digital en estos instrumentos ha permitido la creación de una nueva generación de osciloscopios que permiten trabajar y contrastar con mucho más detalle y precisión todo tipo de señales eléctricas.



Osciloscopio digital

Los osciloscopios también pueden ser analógicos o digitales. Los primeros trabajan directamente con la señal aplicada que, una vez amplificada, el instrumento desvía un flujo de electrones en sentido vertical proporcional a su valor. En cambio, los osciloscopios digitales utilizan previamente un convertor (A/D) para almacenar digitalmente la señal de entrada, que reconstruyen después en la pantalla.

Los dos tipos tienen sus ventajas e inconvenientes. Los analógicos se prefieren cuando se prioriza visualizar variaciones rápidas de la señal de entrada en tiempo real. Y los digitales se utilizan cuando se quiere visualizar y estudiar eventos no repetitivos (picos de voltaje que se producen aleatoriamente).

Hay que destacar que, con los osciloscopios digitales, se pueden ejecutar algunas opciones imposibles de conseguir con circuitería analógica:

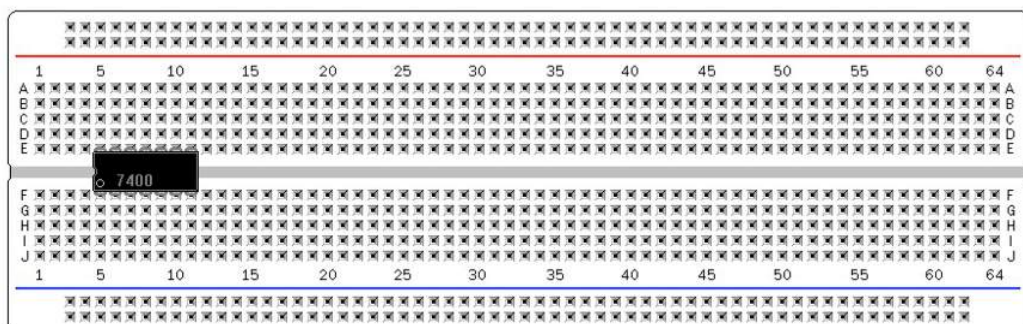
- Medición automática de máximos y mínimos, valores de pico.
- Medición de flancos de señal y otros intervalos.
- Captura de transitorios (valores de salida que desaparecen al cabo de un cierto tiempo). Con uno analógico solo se pueden ver si se van repitiendo.
- Cálculos avanzados como la FFT (transformada rápida de Fourier) para calcular el espectro de la señal.
- No hace falta que la señal sea periódica (para el analógico sí es necesario).

### 3.3 El uso de placas *protoboard* para ensayar circuitos

Las placas *protoboard* se utilizan en electrónica para ensayar circuitos en la fase de diseño, antes de construirlos de forma definitiva. Nos permite detectar errores de diseño y probar diferentes componentes, entre otros.

La placa está constituida por una matriz de agujeritos donde se pueden insertar, por simple presión, los terminales de los componentes, los cuales quedan clavados. Estos agujeritos tienen uniones eléctricas por la parte interior de la placa, de forma que los componentes que insertamos en los dos agujeritos unidos eléctricamente por la parte interior es como si los conectáramos entre sí.

Las formas de las placas *protoboard* pueden ser muy diversas. Una de las más habituales adopta la forma de la figura siguiente.



Los agujeros están agrupados en columnas de cinco y están unidos por la parte interior. Hay dos bloques de columnas de cinco agujeros. En cada bloque, las columnas de agujeros están numeradas y cada fila suele estar designada por una

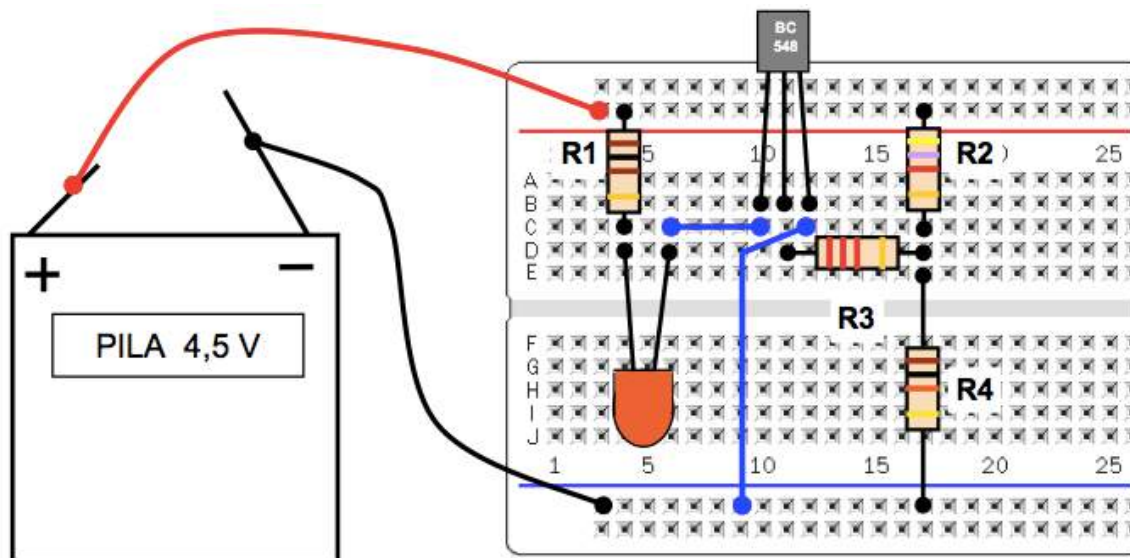
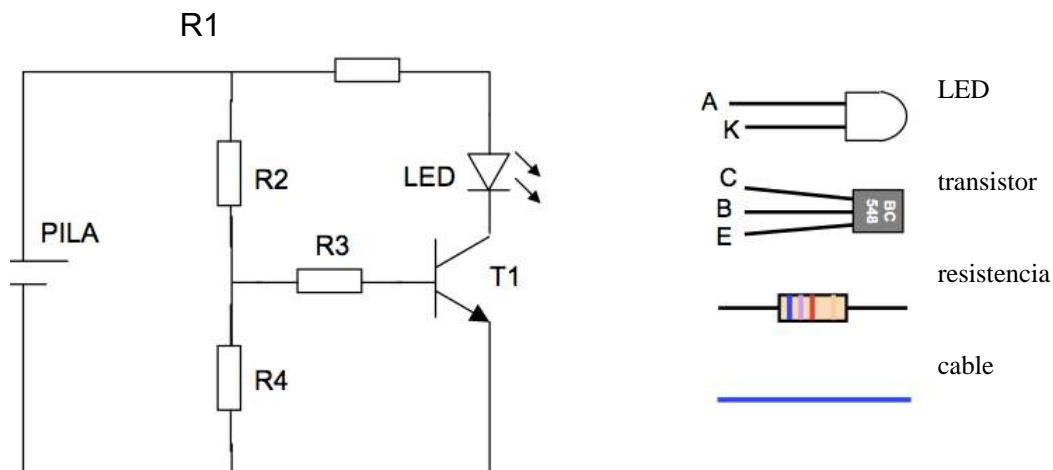


letra para facilitar la identificación de cada agujero. Además, hay una o dos filas situadas en la parte inferior y en la parte superior de la placa que se suelen utilizar para conectar los dos polos de la fuente de tensión que alimenta el circuito. Todos los agujeros de cada una de estas filas están unidos entre sí.

La separación entre los agujeritos es estándar y coincidiendo con ella se toma como patrón para disponer los terminales de la mayoría de componentes electrónicos de terminales cortos, como los circuitos integrados o los relés. Los componentes electrónicos con terminales largos, que pueden separarse más o menos, pueden insertarse más fácilmente porque no hay que respetar distancias fijas entre los agujeritos de inserción. Esto implica que a la hora de situar los componentes en la placa, siempre hay que empezar por los componentes con terminales cortos (y de posición fija), ya que al no poder modificar las posiciones de dichos terminales es lo que más problemas puede dar para colocarlos. Los componentes con terminales largos, como las resistencias o los diodos, al poder estirar más o menos dichos terminales pueden colocarse sin problemas posteriormente.

De todos modos, por mucho que distribuyamos los componentes, será inevitable tener que hacer conexiones por el exterior. Para ello, se utilizan trocitos de cable rígido del grosor adecuado para que queden clavados en la placa. El grosor de los cables de unión utilizados y los terminales de los componentes deben ser adecuados: ni tan gruesos que no entren en los agujeritos ni tan delgados que no queden muy clavados y provoquen un mal contacto.

A continuación, podéis observar un ejemplo de un circuito implementado en el *protoboard*.



### 3.4 Simulador SPICE

Un simulador nos permite, antes de montar un circuito, ver si lo que hemos diseñado va a funcionar o no. También nos sirve para ahorrarnos pesadas ecuaciones matemáticas, o desarrollos matemáticos largos, ya que con cinco minutos en un simulador extraemos las mismas conclusiones.

Los simuladores de hoy en día se basan todos, o casi todos, en lo que se

denomina **SPICE** (*simulation program with integrated circuits emphasis*). Este sistema, desarrollado por la Universidad de Berkeley en 1975, quería estandarizar la simulación de componentes electrónicos al modelizar cualquier circuito con los modelos básicos: resistencias, condensadores, bobinas, diodos y transistores. De este modo, cada empresa, que conoce cómo están hechos internamente los chips, puede crear lo que se denomina **modelo SPICE**, que describe cómo se comporta este circuito. **SPICE** permite hacer simulaciones en tiempos, simulaciones en frecuencia y más.

Existe una versión de PSPICE gratuita para estudiantes (**PSPICE student v 9.1**). Uno de los posibles enlaces de descarga es <http://pspice.softonic.com/>.

**PSPICE Student** es la versión para estudiantes de uno de los entornos más utilizados en el diseño y análisis de circuitos electrónicos. Básicamente, con **PSPICE** podéis crear vuestros propios circuitos (tanto analógicos como digitales), analizarlos mediante un potente laboratorio virtual y simular su comportamiento.

Su base de datos incluye todo tipo de elementos electrónicos: fuentes de alimentación, resistencias, transistores, condensadores, bobinas o inductores, interruptores, potenciómetros e incluso transformadores de núcleo ferromagnético o amplificadores operacionales.

Como herramientas para el análisis, el programa permite realizar barridos en continua (DC *sweep*) para generar gráficas de variables, análisis de elementos críticos para detectar qué elementos son los más sensibles a cambios, análisis de tolerancia y sensibilidad, análisis para calcular funciones de transferencia, análisis transitorios mediante Fourier, entre otras posibilidades.

Gracias a su módulo de simulación, podréis poner a prueba vuestro diseño y dejar que el propio programa calcule el comportamiento del circuito basándose en las leyes de Ohm y de Kirchhoff.

En definitiva, **PSPICE** es un excelente entorno para diseñar, analizar y simular todo

tipo de circuitos electrónicos. Tenéis disponible en el material complementario y en las fuentes y autorías de este documento la dirección de un **tutorial** muy completo de instalación y de manejo del **PSPICE student**, concretamente la versión 9.1, que es la gratuita.

## Fuentes y autorías

Material propio del autor, *Esteve Gené Pujols*

[www.mcgraw-hill.es](http://www.mcgraw-hill.es)

<http://ebookbrowse.com>

**Guía Pspice**, [profesores.fi-b.unam.mx](http://profesores.fi-b.unam.mx)

PSPICE student: <http://pspice.softonic.com/>

Tutorial PSPICE student: <http://www.slideshare.net/ingvictor/manual-pspice-91>

Universidad Politécnica de Madrid

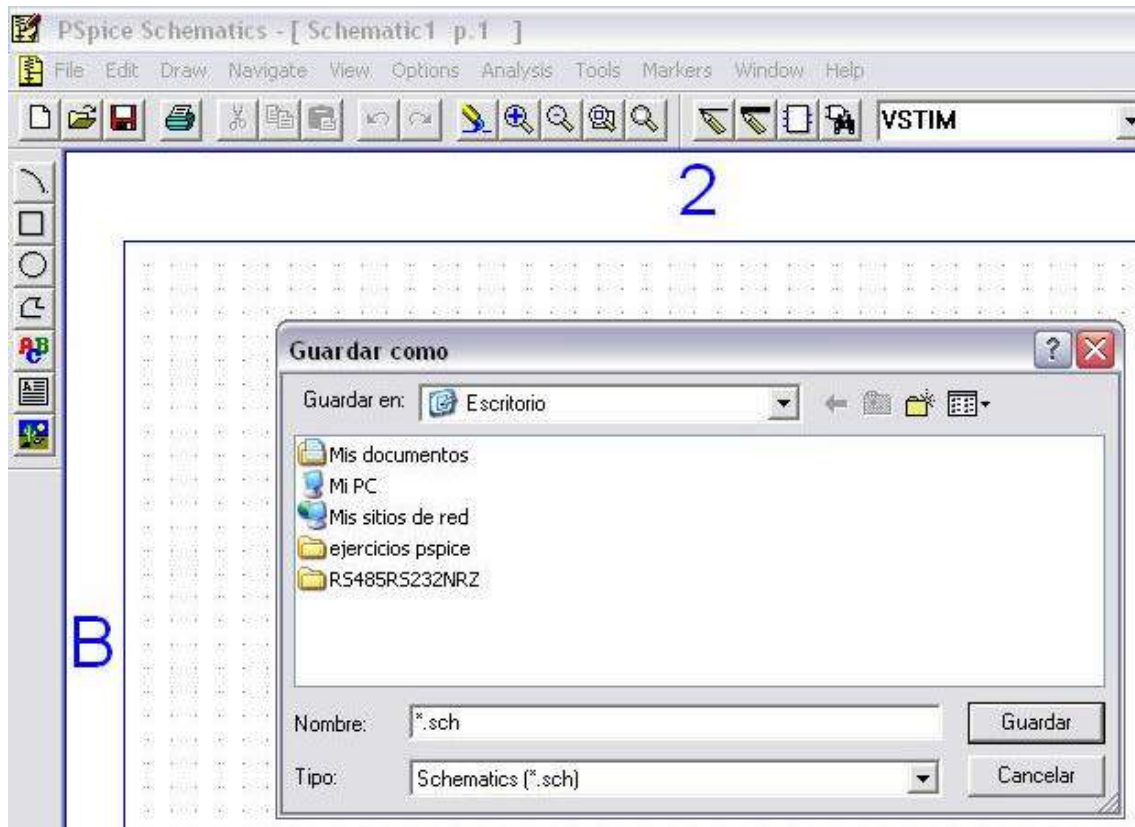
wikipedia: [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

# GUÍA DE SIMULACIÓN DE CIRCUITOS EN PSPICE

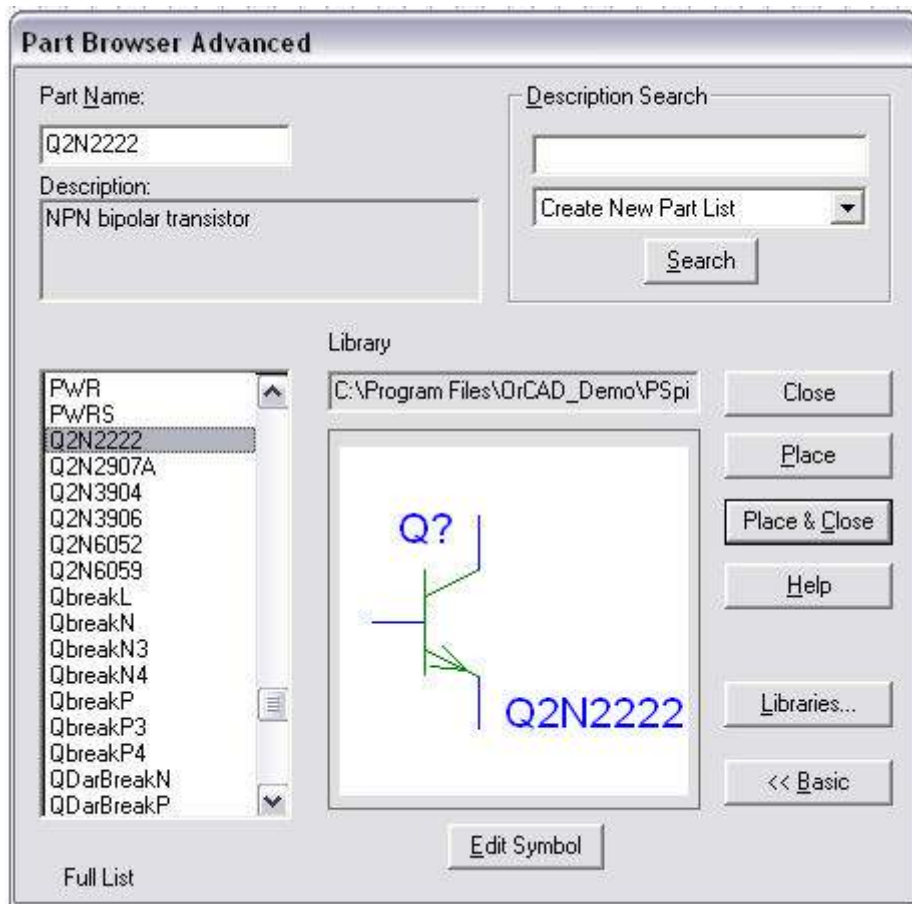
1.- Ejecutar Pspice Schematics.



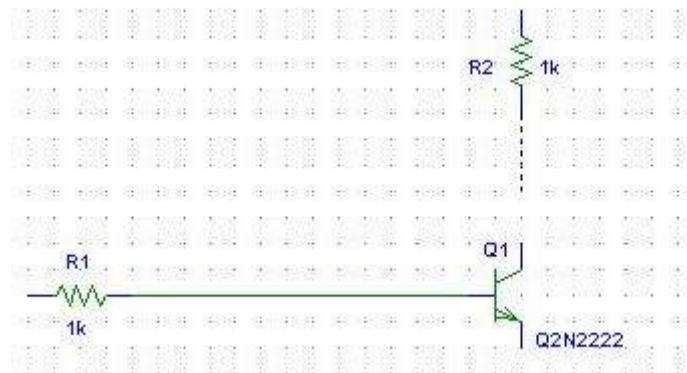
2.- Guardar el diagrama con extensión .sch



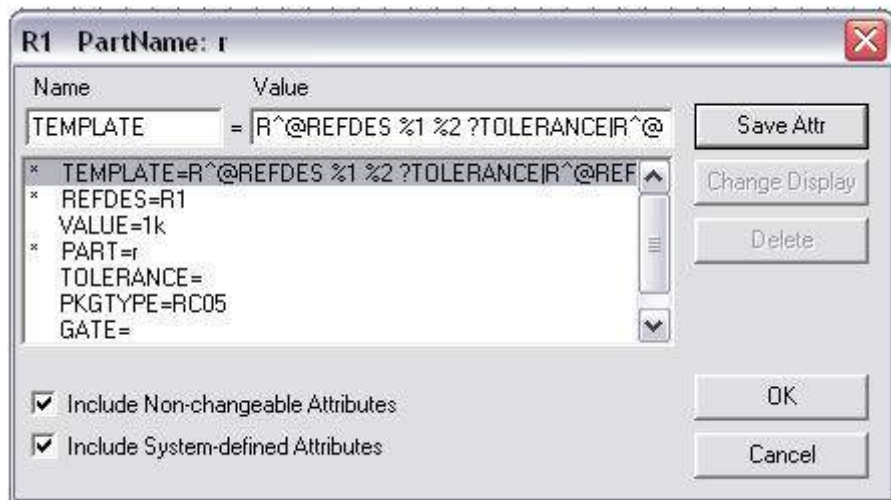
3.- Para iniciar la colocación de componentes hacer click en el icono Get New Part o con CTRL+G para activar la ventana que contiene el listado de componentes con que cuenta Pspice.



4.- Para unir o conectar los componentes, hacer click en el icono Draw Wire o con CTRL+W



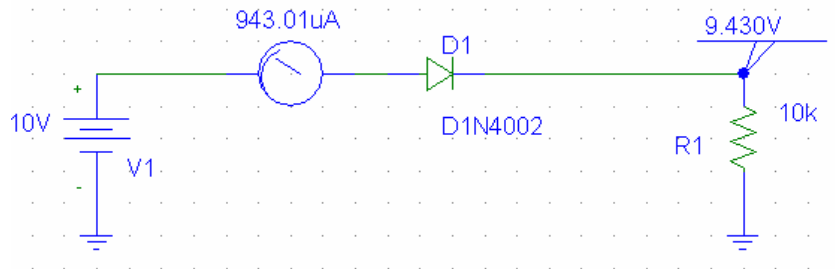
5.- Para cambiar los valores de cada componente, hacer doble click sobre el propio componente o hacer click en atributos del menú Edit.



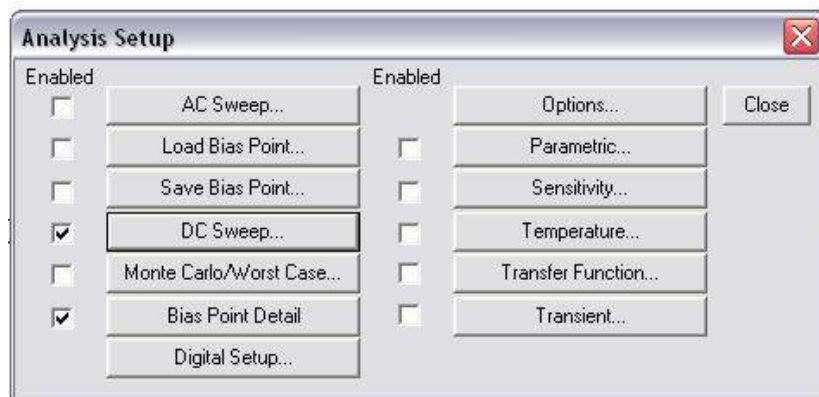


## SIMULACION DE CIRCUITOS CON C.D.

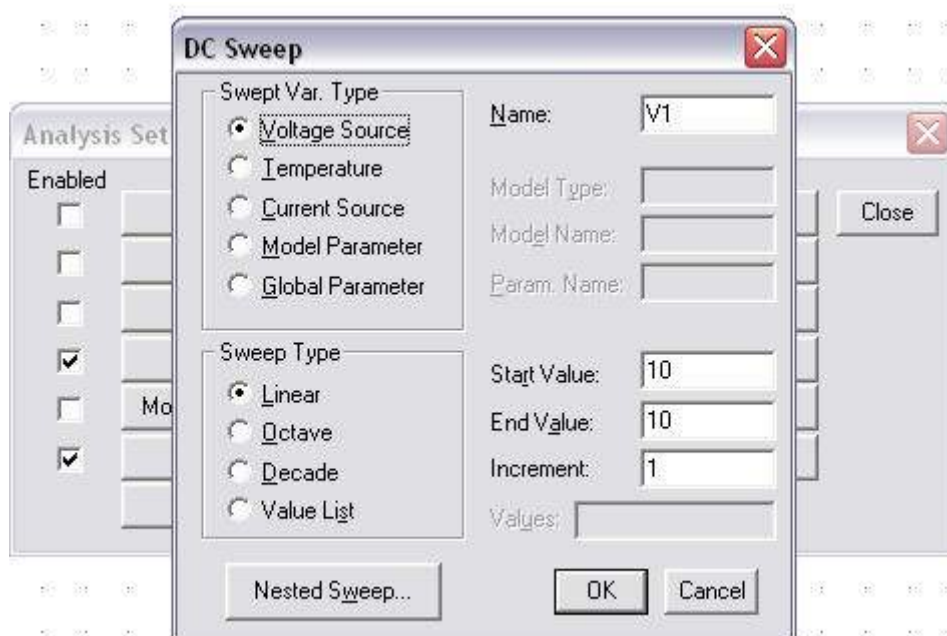
1.- En realidad todos los circuitos se pueden simular en C.D. ya que todos los circuitos son alimentados por una fuente de C.D.



2.- Por ejemplo, para simular el circuito anterior, primero hay que configurar el tipo de simulación que se quiere realizar haciendo click en el icono Setup Analysis o haciendo click en Setup del menú Analysis.



3.- En la simulación en C.D. existen varias variables respecto a las cuales se puede simular, estas son mostradas al hacer click en el botón DC Sweep...

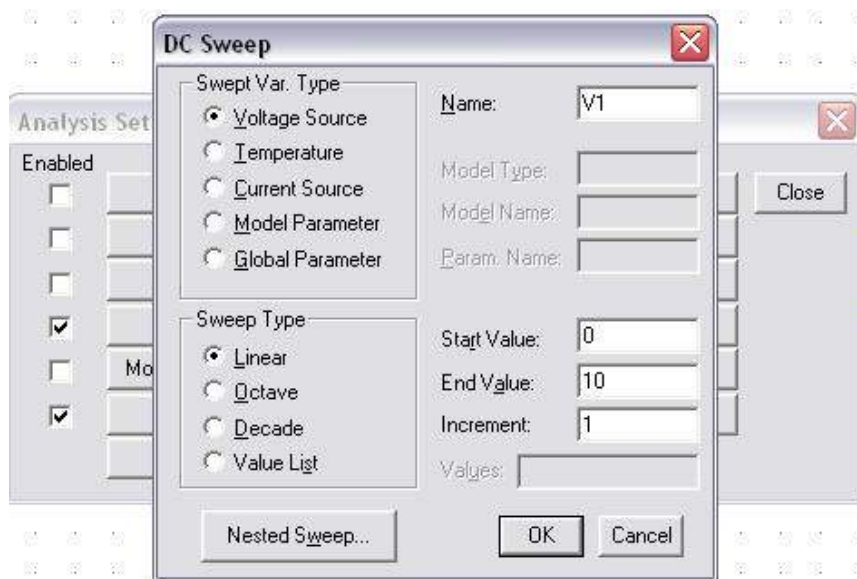


4.- Para simular respecto a una fuente de voltaje, se elige respecto a que fuente se quiere simular.

El nombre de la fuente se escribe en la casilla Name.

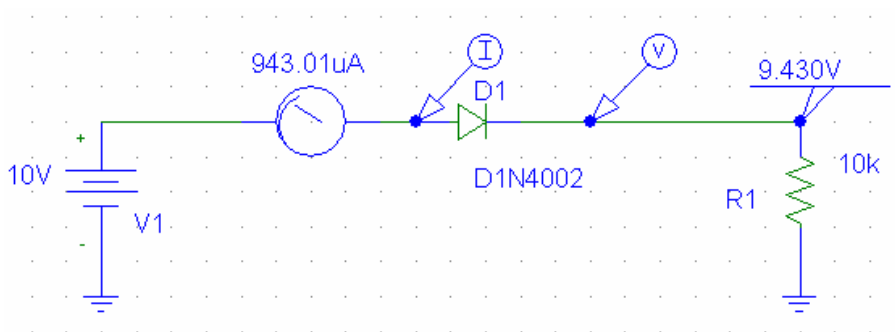
Si la simulación se realiza con un valor fijo de dicha fuente las casillas Start Value y End Value deben tener el valor a la cual se realizara la simulación, la casilla Increment debe contener un valor menor que cualquiera de las otras dos casillas.

Si la simulación se realiza variando el valor de la fuente, la casilla Start Value debe tener un valor menor que End Value, es decir, entre las dos casillas forman el rango de valores a simular, la casilla Increment debe contener un valor menor que cualquiera de las otras dos casillas.

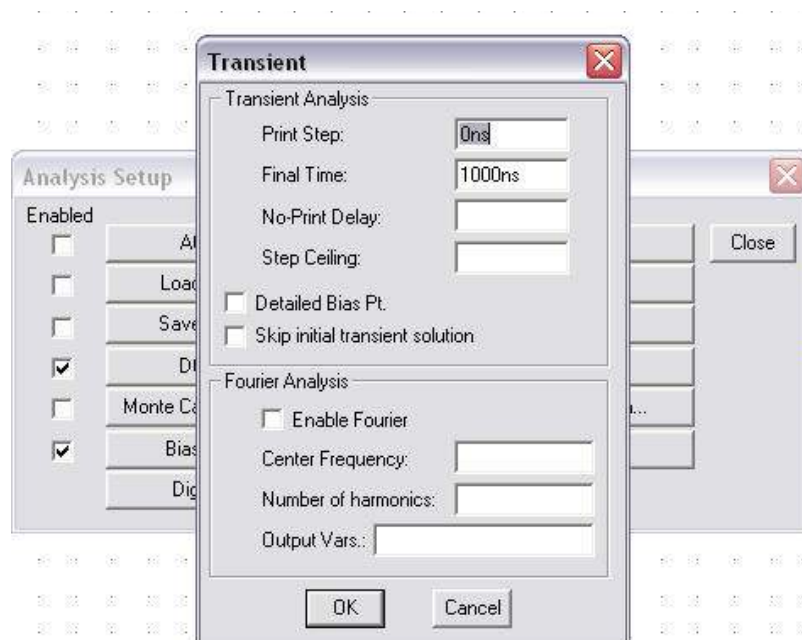


5.- Para iniciar la simulación, hacer click en el icono Simulate o con tecla F11, con esto se abre la ventana de simulación y para poder simular algún parámetro, este se elegirá de una lista que aparece al hacer click en el icono Add Trace, haciendo click en Add Trace del menú Trace o con la tecla Insert

Si se desea que la ventana de simulación muestre automáticamente la simulación de un voltaje o una corriente de algún punto del circuito, colocar en esos puntos una bandera de corriente o voltaje haciendo click en los iconos Voltaje/Level Marker y/o Current Marker o haciendo click en Mark Voltaje/Level y/o Mark Current Into Pin del menú Markers.

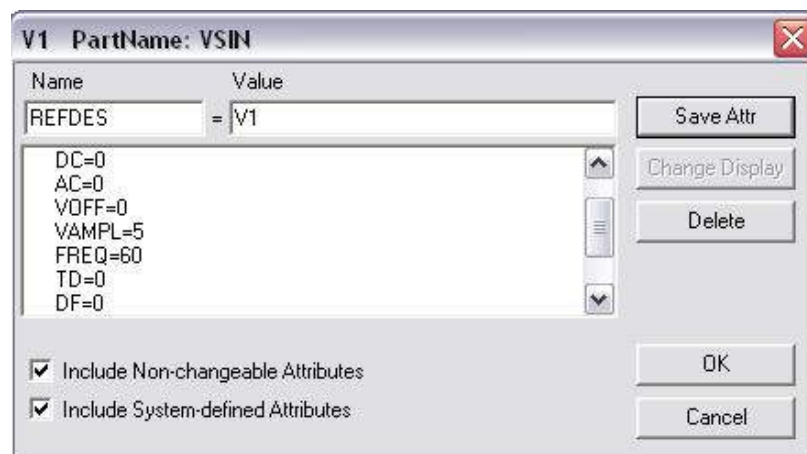


6.- Si se desea hacer una simulación respecto al tiempo nuevamente hacer click en el icono Setup Analysis o haciendo click en Setup del menú Anlysis, pero esta vez hacer click en el botón Transient escribiendo en la casilla Final Time hasta que tiempo se quiere simular y en la casilla Print Step se escribe un valor 1 o 0.



## SIMULACION DE CIRCUITOS CON C.A.

1.- Para simular con una fuente de voltaje alterno, se recomienda utilizar la fuente VSIN que se encuentra en la lista de componentes al hacer click en el icono Get New Part o CTRL+G. En dicha fuente hay tan solo configurar VAMPL con el voltaje pico que se desea utilizar y FREQ con la frecuencia deseada.



2.- A partir de aquí, la simulación es igual a los pasos 4 a 6 de la simulación con C.D.