



CORPORACIÓN  
UNIVERSITARIA  
**REMINGTON**

# **ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

## **ASIGNATURA: Electrónica**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REMINGTON**  
**DIRECCIÓN PEDAGÓGICA**

Este material es propiedad de la Corporación Universitaria Remington (CUR), para los estudiantes de la CUR en todo el país.

**2011**

## CRÉDITOS

---



El módulo de estudio de la asignatura Electrónica es propiedad de la Corporación Universitaria Remington. Las imágenes fueron tomadas de diferentes fuentes que se relacionan en los derechos de autor y las citas en la bibliografía. El contenido del módulo está protegido por las leyes de derechos de autor que rigen al país.

Este material tiene fines educativos y no puede usarse con propósitos económicos o comerciales.

### AUTOR

---

**Giovanny Alberto Flórez Osorio.**

Ingeniero Electrónico. Curso Virtual de Tecnologías web 2.0 para la docencia.

Diplomado en Diseño Curricular y materiales de autoaprendizaje.

Docente de la organización Remington, Docente del CENDI. Año 2004.

Docente del Colegio Cooperativo Cacique Itagüí. Año 2003.

[egafo950@yahoo.com](mailto:egafo950@yahoo.com), [egafo950@gmail.com](mailto:egafo950@gmail.com) Correo electrónico

**Nota:** el autor certificó (de manera verbal o escrita) No haber incurrido en fraude científico, plagio s vicios de autoría; en caso contrario eximió de toda responsabilidad a la Corporación Universitaria Remington, y se declaró como el único responsable.

### RESPONSABLES

---

**Director Escuela De Ciencias Básicas e Ingeniería**

Dr. Mauricio Sepúlveda

**Director Pedagógico**

Octavio Toro Chica

[dirpedagogica.director@remington.edu.co](mailto:dirpedagogica.director@remington.edu.co)

**Coordinadora de Medios y Mediaciones**

Angélica Ricaurte Avendaño

[mediaciones.coordinador01@remington.edu.co](mailto:mediaciones.coordinador01@remington.edu.co)

### GRUPO DE APOYO

---

**Personal de la Unidad de Medios y Mediaciones**

EDICIÓN Y MONTAJE

Unidad de Medios y Mediaciones

Primera versión. Febrero de 2011.

Derechos Reservados



Esta obra es publicada bajo la licencia Creative Commons. Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 2.5 Colombia.

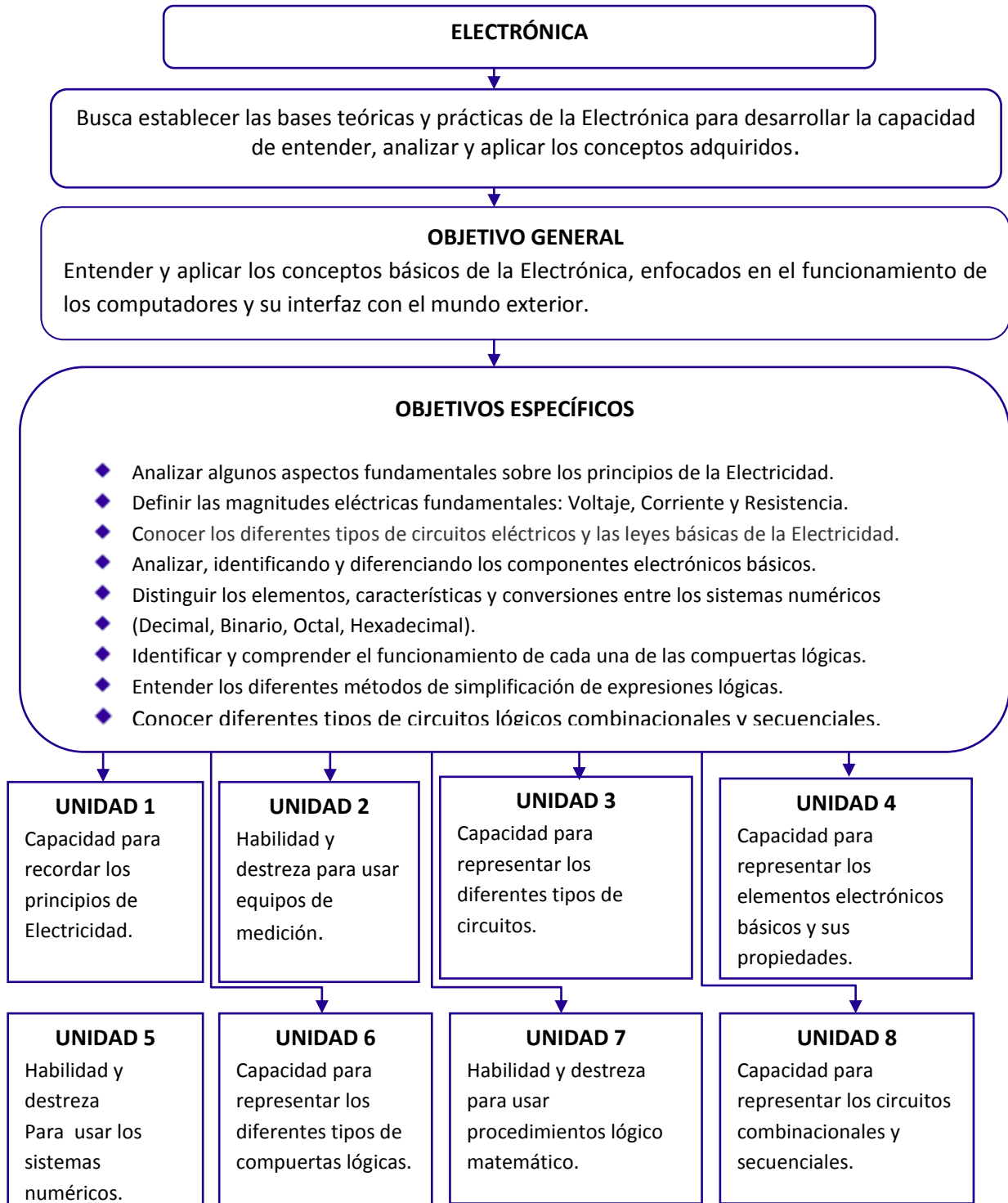
### TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>MAPA DE LA ASIGNATURA .....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD .....</b>	<b>10</b>
2.1.	Estructura de la materia.....	12
2.2.	El átomo .....	13
2.3.	¿Qué es la Electricidad? .....	14
2.3.1.	¿Cómo se produce Electricidad? .....	15
2.3.2.	Conductores, Semiconductores y aislantes .....	15
<b>3.</b>	<b>MAGNITUDES ELECTRICAS .....</b>	<b>17</b>
3.1.	¿Qué es la corriente eléctrica?.....	19
3.1.1.	Generalidades .....	19
3.2.	El voltaje .....	21
3.2.1.	Generalidades .....	21
3.3.	La Resistencia eléctrica .....	23
3.3.1.	Generalidades .....	23
3.3.2.	¿Cómo se mide la resistencia eléctrica? .....	25
<b>4.</b>	<b>TIPOS DE CIRCUITOS BÁSICOS Y LAS LEYES DE LA ELECTRICIDAD .....</b>	<b>26</b>
4.1.	Circuito serie .....	28
4.1.1.	Circuito .....	28
4.2.	Circuito paralelo .....	30
4.2.1.	Resistencias en paralelo .....	30
4.3.	Circuito mixto .....	32
4.4.	Leyes de Ohm, Watt y Joule .....	35
4.4.1.	Ley de Ohm .....	35
4.4.2.	Ley de Watt .....	36
4.4.3.	Ley de Joule .....	37
4.5.	Leyes de Kirchoff .....	40
4.5.1.	Ley de corrientes de Kirchoff (Nodos).....	40
4.6.	Teoría de la Corriente Alterna y la Corriente Continua.....	46

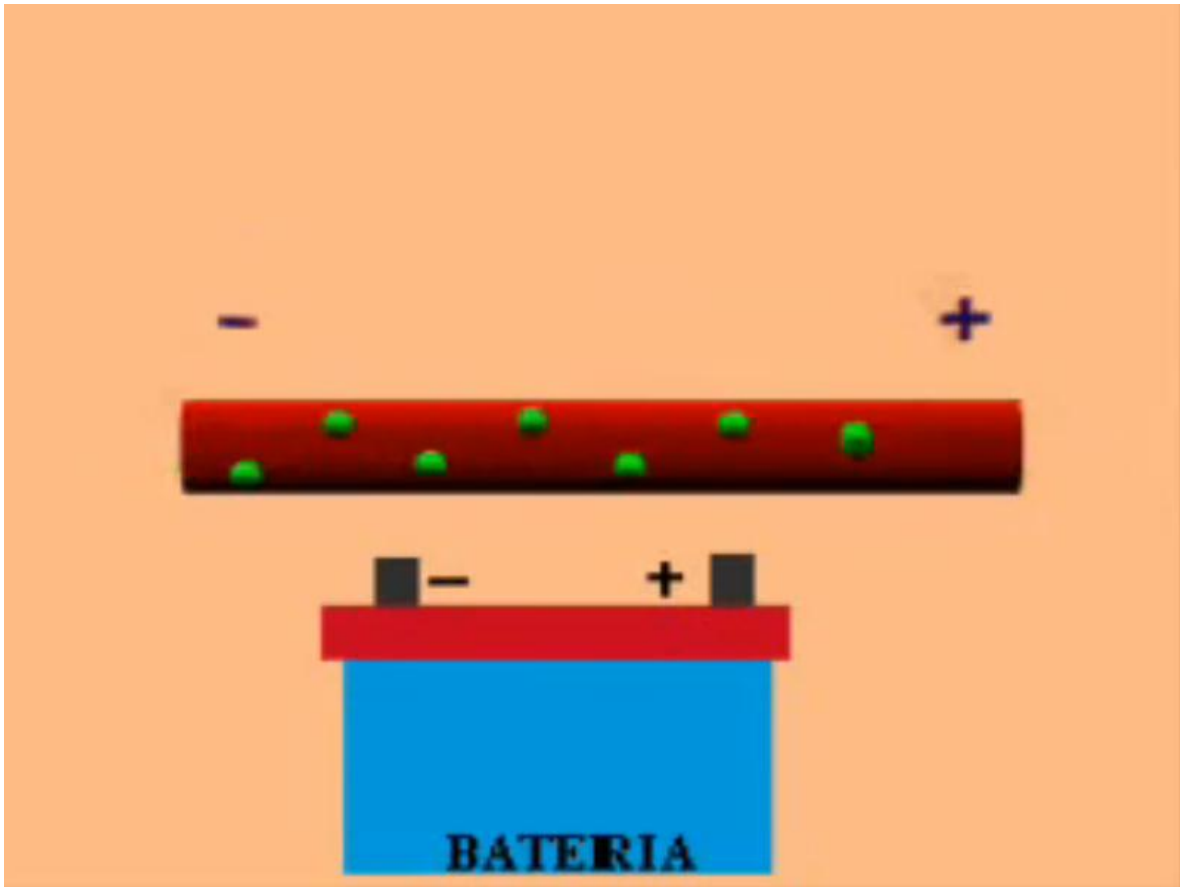
4.6.1. Corriente continua .....	46
4.6.2. Corriente alterna .....	46
<b>5. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS .....</b>	<b>49</b>
5.1. El Capacitor .....	51
5.2. El Inductor .....	53
5.2.1. Diferentes tipos de bobinas .....	53
<b>6. SISTEMAS NUMÉRICOS .....</b>	<b>59</b>
6.1. El Sistema binario .....	61
6.1.1. Sistema de Numeración .....	61
6.1.2. Aritmética binaria .....	61
6.2. Sistema octal .....	64
6.3. Sistema hexadecimal .....	65
6.4. Conversiones entre sistemas de numeración .....	65
6.4.1. Conversión de Decimal a Binario, Octal, Hexadecimal .....	65
<b>7. COMPUERTAS LÓGICAS .....</b>	<b>71</b>
7.1. Compuertas lógicas básicas .....	73
7.1.1. Operaciones Booleanas y Compuertas Básicas .....	73
7.2. Aplicaciones .....	79
<b>8. SIMPLIFICACIÓN DE EXPRESIONES LÓGICAS .....</b>	<b>80</b>
8.1. Algebra de Boole .....	82
8.1.1. Propiedades de las Operaciones Booleanas .....	82
8.2. Mapas de Karnaugh .....	84
<b>9. CIRCUITOS COMBINACIONALES Y SECUENCIALES .....</b>	<b>88</b>
9.1. Generalidades .....	90
9.1.1. Circuito combinacional .....	90
9.2. Sumador binario .....	90
9.2.1. Decodificadores .....	91
9.3. Codificador .....	92
9.4. Multiplexores .....	93

9.5.	Demultiplexores .....	94
9.6.	Temporizador IC-555 .....	95
9.7.	Flip-Flops .....	95
9.8.	Contadores .....	96
<b>10.</b>	<b>PISTAS DE APRENDIZAJE .....</b>	<b>97</b>
<b>11.</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>98</b>
<b>12.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>99</b>

## 1. MAPA DE LA ASIGNATURA



## 2. PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD



<http://www.youtube.com/watch?v=kKOMn3eHnPw>

### OBJETIVO GENERAL

Analizar algunos aspectos fundamentales sobre los principios de la Electricidad.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Comprender la interacción entre objetos con carga eléctrica.
- ◆ Entender ¿qué es Electricidad?
- ◆ Conocer las diversas formas de producir Electricidad.
- ◆ Establecer diferencia entre conductor, semiconductor y aislante.

## PRUEBA INICIAL

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

1) Un electrón es una partícula con carga:

- a. Positiva.
- b. Neutra.
- c. Negativa.
- d. Cero.

2) La electricidad no es más que:

- a) Un movimiento de átomos.
- b) Un movimiento de electrones de un átomo a otro.
- c) Un intercambio de electrones entre átomos.
- d) Un movimiento protones de un átomo a otro.

3) Todos aquellos materiales se oponen al desplazamiento de los electrones se denominan:

- a) Superconductores.
- b) Óxidos.
- c) Aislantes.
- d) Semiconductores.

4) Objetos con cargas iguales se:

- a) Atraen.
- b) Repelen.
- c) Alejan.
- d) destruyen.



5) Un objeto con carga positiva es el que posee:

- a) Exceso de electrones.
- b) Deficiencia de protones.
- c) Deficiencia de electrones.
- d) Exceso de protones.

## 2.1. Estructura de la materia

**Materia:** Es todo lo que ocupa espacio. Tiene forma, peso, dimensiones.

La materia

([http://www.cneg.unam.mx/cursos\\_diplomados/diplomados/basico/educien0607/porta/equipo2/Propiedadesdelamateria.htm](http://www.cneg.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/basico/educien0607/porta/equipo2/Propiedadesdelamateria.htm)) se divide en:

Sólido, líquido y gaseoso.

La materia presenta propiedades que permiten diferenciar unos cuerpos de otros. Entre las cuales se encuentran:

**Masa:** Conjunto de partículas que conforman un cuerpo.

**Energía:** Capacidad que presentan los cuerpos para realizar un trabajo.

**Espacio:** Lugar ocupado por un cuerpo en determinado tiempo.

**Tiempo:** Relativo a cambio, duración, etapa o movimiento.

La materia se divide en moléculas, las cuales a su vez se dividen en átomos.

### Ejercicio del tema: Estructura de la materia.

- 1) Realizar una lista de tres elementos sólidos, tres líquidos y tres gaseosos.
- 2) Explicar ¿Cómo está estructurado un átomo?

## 2.2. El átomo

La estructura básica del átomo contempla el núcleo y las órbitas electrónicas.

Los átomos se dividen en partículas llamadas: Electrón, Protón y Neutrón.

En el núcleo del átomo se encuentran:

- ◆ Los protones con carga eléctrica positiva.
- ◆ Los neutrones que como su nombre lo indica no tienen carga eléctrica es decir son neutros.
- ◆ Alrededor del núcleo giran los electrones con carga eléctrica negativa.



Al tenerse igual número de partículas positivas y negativas se dice que el átomo es neutro.

El hombre descubrió que los electrones se podían liberar de las órbitas al aplicar la energía necesaria. Por ejemplo la fricción.

### **Cargas positivas y cargas negativas.**

Al liberarse los electrones aparecen los conceptos de objeto con carga negativa y objeto con carga positiva.

### **Objeto con carga negativa.**

Es aquel que posee exceso de electrones, es decir tiene más electrones que protones. (Gana electrones)

### **Objeto con carga positiva.**

Es aquel que posee deficiencia de electrones, es decir tiene más protones que electrones. (Pierde electrones)

### **La carga eléctrica**

(<http://www.etitudela.com/Electrotecnia/principiosdelaelectricidad/cargaycampoelectricos/contenidos/01d56993080931b38.html>) que adquiere el objeto es temporal ya que por las leyes de la naturaleza todo tiende al equilibrio.

El que un cuerpo adquiriera carga eléctrica ya sea negativa o positiva utilizando diferentes medios se denomina Electroestática.

#### Ley de las cargas.

Es la interacción entre objetos cargados.

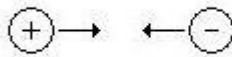
La ley de las cargas dice:

Cargas del mismo signo se repelen, cargas de diferente signo se atraen.

#### **Repulsión.**



#### **Atracción.**



#### **Ejercicio del tema: El átomo**

- 1) ¿Se puede cargar eléctricamente cualquier objeto? Si o No y ¿Por qué?
- 2) Explique la interacción entre un objeto cargado y otro neutro.

### **2.3. ¿Qué es la Electricidad?**

Cuando los electrones pasan de un cuerpo a otro, el cuerpo que pierde electrones se carga positivamente y el que gana electrones se carga negativamente. Este movimiento de electrones es lo que se llama Electricidad

(<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/ElectricidadImportancia.htm>) Estos electrones son los llamados electrones libres.

**Ejercicio del tema: ¿Qué es la Electricidad?**

- 1) ¿Qué es un electrón libre?
- 2) Dar ejemplos de cómo pueden pasar los electrones de un cuerpo a otro.

**2.3.1. ¿Cómo se produce Electricidad?**

La energía eléctrica se produce por medio de generadores o alternadores.

Para que un generador funcione requiere de otra fuente de energía; la cual permite la producción de la energía eléctrica.

Hay varias fuentes (<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo2.html>) que se utilizan para generar electricidad; entre ellas:

El agua (Hidroeléctrica) , el calor (Termoeléctrica), la geotermia (el calor interior de la Tierra), la energía del átomo (Nuclear) y las energías renovables: solar (Sol), eólica (Viento) , biomasa (leña, carbón, entre otros).

La mayoría de las plantas generadoras de electricidad toman estas fuentes de energía para producir calor. Una turbina está conectada al generador. Cuando el generador gira aparece la energía eléctrica como consecuencia de éste movimiento.

**Ejercicio del tema: ¿Cómo se produce electricidad?**

- 1) Explicar el funcionamiento de una hidroeléctrica.
- 2) Explicar el funcionamiento de una central eólica.

**2.3.2. Conductores, Semiconductores y aislantes**

**2.3.2.1 Conductores**

Son aquellos elementos o materiales que permiten con facilidad el paso de los electrones.

Ejemplos: Los mejores conductores

([http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_conductores/ke\\_conductor\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_conductores/ke_conductor_1.htm)) de la corriente Eléctrica son los metales. (Oro, Cobre, Aluminio, etc.)

También están: Agua, madera húmeda, entre otros.

Los átomos de estos materiales o elementos ceden más fácil los electrones que giran en la última órbita electrónica.

### **Semiconductores.**

Son aquellos materiales o elementos que se comportan como conductores o como aislantes dependiendo de la temperatura ambiente en el que se encuentren.

Ejemplos: El elemento semiconductor más usado es el silicio. Aparecen también el Germanio, el Galio, el Cadmio, el Boro, el indio, etc.

Los átomos de estos elementos o materiales son menos propensos a ceder electrones. Dejan circular a los electrones en un solo sentido.

### **Aislantes.**

Son todos aquellos materiales o elementos que se oponen en gran medida al desplazamiento de los electrones.

Ejemplos: Caucho, mica, vidrio, cerámica, madera seca, etc.

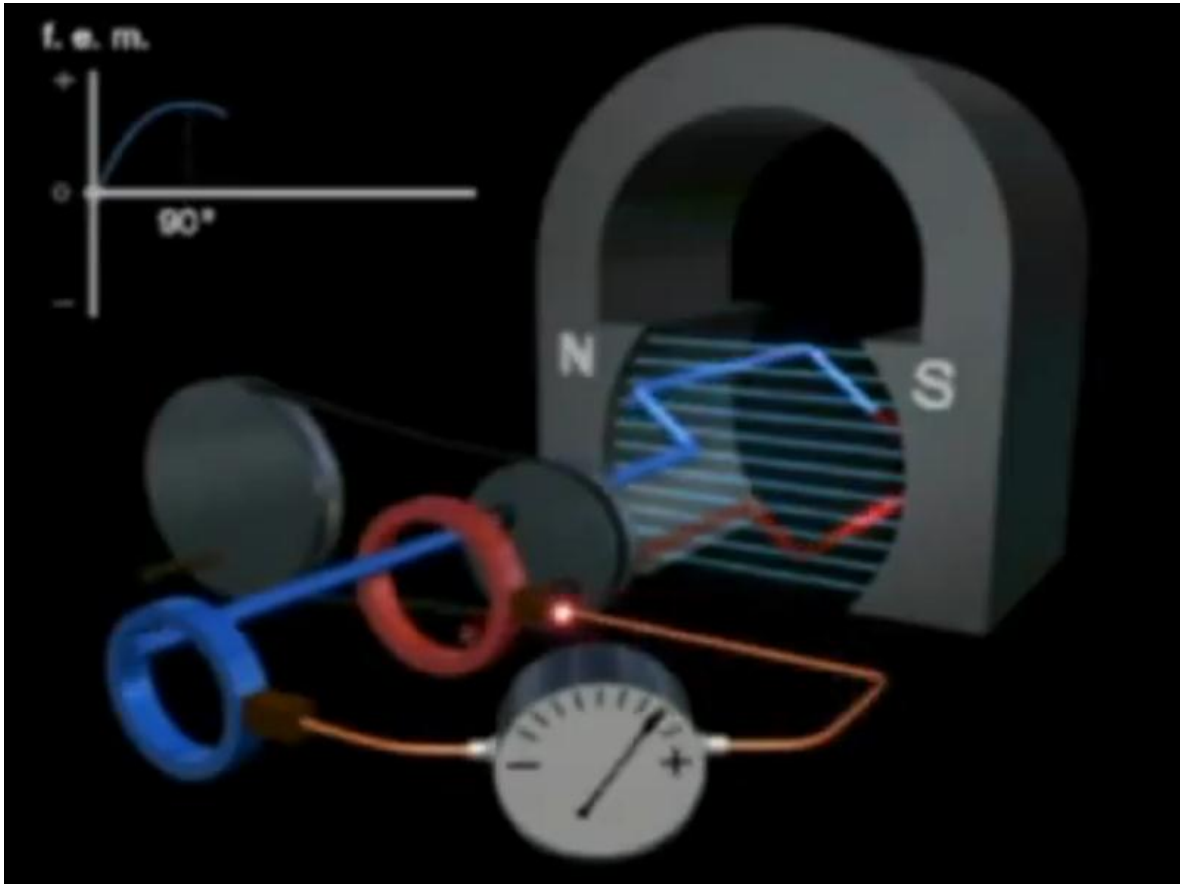
Los átomos de estos elementos o materiales no pierden ni ganan electrones.

### **Ejercicio del tema: Conductores, semiconductores y aislantes.**

1) ¿Qué es un aislante? Dar tres ejemplos.

2) Explique ¿Qué pasa al utilizar un semiconductor como medio de transmisión de la corriente eléctrica?

### 3. MAGNITUDES ELECTRICAS



[http://www.youtube.com/watch?v=o\\_gfWOAkvm4](http://www.youtube.com/watch?v=o_gfWOAkvm4)

<http://www.youtube.com/watch?v=xwH4R7sCMcQ>

#### OBJETIVO GENERAL

Definir las magnitudes eléctricas fundamentales: Voltaje, Corriente y Resistencia.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Establecer diferencia entre voltaje, corriente y resistencia.
- ◆ Conocer las unidades de las magnitudes eléctricas fundamentales.
- ◆ Identificar instrumentos de mediciones para voltaje, corriente y resistencia.

### Prueba Inicial

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

1) Para medir la corriente eléctrica que pasa por un circuito, el amperímetro se debe conectar:

- a) En serie.
- b) En paralelo.
- c) Al final del circuito.
- d) En mixto.

2) Para medir voltaje, el voltímetro se debe conectar:

- a) En serie.
- b) En paralelo.
- c) Al final del circuito.
- d) En mixto.

3) La unidad fundamental de resistencia eléctrica es el:

- a) Voltio.
- b) Amperio.
- c) Vatio.
- d) Ohmio.

4) La diferencia en la cantidad de electrones entre dos puntos de un conductor se denomina:

- a) Tensión.
- b) Resistencia
- c) Resonancia.
- d) Corriente eléctrica.

5) ¿Cuántos mA son 5A?

- a) 500.
- b) 5000.
- c) 50000.
- d) 500000.

### 3.1. ¿Qué es la corriente eléctrica?

La corriente eléctrica es la cantidad de electrones en movimiento que se mueven por un medio conductor. También se denomina intensidad

([http://www.unicrom.com/Tut\\_corriente\\_electrica.asp](http://www.unicrom.com/Tut_corriente_electrica.asp))

De ahí que se represente por medio de la letra  $I$ .

#### **Ejercicio del tema: ¿Qué es la corriente eléctrica?**

¿Puede existir corriente sin que haya voltaje? Si o No y ¿Por qué?

#### 3.1.1. Generalidades

- ◆ En un inicio el hombre creyó que las partículas que se desplazaban eran los protones y por ello determinó que la corriente eléctrica se movía del terminal positivo al negativo (Sentido convencional). Con el paso del tiempo se descubrió gracias al efecto Hall (<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/EfectoHall.htm>) que en realidad las partículas que se mueven son los electrones los cuales circulan en sentido contrario al convencional, es decir del terminal negativo al terminal positivo.
- ◆ Entre los efectos que produce la corriente eléctrica se generan otros tipos de energía como: Calórica, lumínica, mecánica, química, magnética, cinética, entre otras.
- ◆ La unidad fundamental de la corriente eléctrica es el Amperio en honor a André-Marie Ampère. El amperio se representa como  $A$ .

#### **Ejercicio del subtema: Generalidades.**

- 1) ¿Qué es un campo eléctrico?
- 2) Elaborar una biografía de André-Marie Ampère.



### 3.1.1.1 Múltiplos y submúltiplos

Normalmente para la corriente eléctrica sólo se manejan submúltiplos.(

<http://www.monlau.es/btecnologico/fisica/magnitudes/mag4.htm>)

A continuación se enuncian:

- ◆ El Miliamperio (mA) que equivale a  $1 \times 10^{-3}$  A.
- ◆ El Microamperio (uA) que equivale a  $1 \times 10^{-6}$  A.
- ◆ El Nanoamperio (nA) que equivale a  $1 \times 10^{-9}$  A.
- ◆ El Picoamperio (pA) que equivale a  $1 \times 10^{-12}$  A.

#### **Ejercicio del subtema: Múltiplos y submúltiplos.**

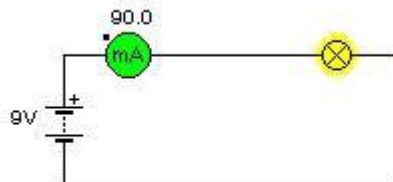
- 1) Convertir 34.8 mA a A
- 2) Convertir 967.24 pA a uA

### 3.1.1.2 ¿Cómo se mide la corriente eléctrica?

Para medir la corriente eléctrica se utiliza el amperímetro. Éste se debe colocar en serie con el elemento al que se le va a medir la intensidad.

Para el siguiente diagrama se utiliza como carga una lámpara. (

[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_fluorescentes/af\\_fluorescentes\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_fluorescentes/af_fluorescentes_1.htm)) La corriente que circula por la lámpara es de 90 mA.



**Ejercicio del subtema: ¿Cómo se mide la corriente eléctrica?**

Investigar características de un Amperímetro.

## 3.2. El voltaje

El voltaje es la diferencia de cargas o de potencial que existe entre dos puntos con diferente polaridad. También se denomina tensión eléctrica.(  
[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_voltaje/ke\\_voltaje\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_voltaje/ke_voltaje_1.htm)) Se representa por la letra V.

**Ejercicio del tema: El Voltaje.**

¿Puede existir voltaje sin que haya corriente? Si o No y ¿Por qué?

### 3.2.1. Generalidades

Veamos cómo entender más fácil el concepto de tensión:

Si comparamos la corriente eléctrica con la corriente de agua

([http://es.wikipedia.org/wiki/Voltio#Analog.C3.ADA\\_hidr.C3.A1ulica](http://es.wikipedia.org/wiki/Voltio#Analog.C3.ADA_hidr.C3.A1ulica)) y al voltaje con la cantidad de agua que está acumulada en un tanque. En éste caso la diferencia de potencial genera que la salida de agua por el tubo que tiene el tanque sea de mayor o menor cantidad. Así la corriente de agua saldrá con mayor o menor fuerza. Lo mismo pasa con el voltaje que impulsa a los electrones para que se desplacen por un medio conductor.

La unidad fundamental del voltaje es el Voltio en honor a Alessandro Volta. El voltio se representa como v.

**Ejercicio del subtema: Generalidades.**

- 1) ¿Qué es F.E.M?
- 2) Elaborar una biografía de Alessandro Volta.

### 3.2.1.1 Múltiplos y submúltiplos

#### Múltiplos del voltaje

- ◆ El Kilovoltio (Kv) que equivale a  $1 \times 10^3$  v.
- ◆ El Megavoltio (Mv) que equivale a  $1 \times 10^6$  v

#### Submúltiplos del voltaje.

- ◆ El Milivoltio (mv) que equivale a  $1 \times 10^{-3}$  v.
- ◆ El Microvoltio (uv) que equivale a  $1 \times 10^{-6}$  v.

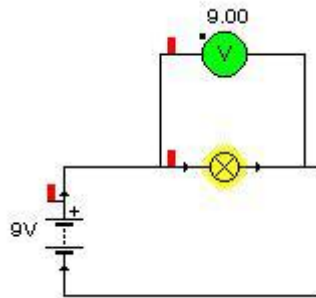
#### **Ejercicio del subtema: Múltiplos y submúltiplos.**

- 1) Convertir 48 Mv a v
- 2) Convertir 75.4 mv a Kv

### 3.2.1.2 ¿Cómo se mide el voltaje?

Para medir el voltaje se utiliza el voltímetro. Éste se debe colocar en paralelo con el elemento al que se le va a medir la tensión.

Para el siguiente diagrama se utiliza como carga una lámpara. El voltaje que hay en la lámpara es de 9v.



#### **Ejercicio del subtema: ¿Cómo se mide el voltaje?**

Investigar características de un Voltímetro.

### **3.3. La Resistencia eléctrica**

La resistencia eléctrica es la oposición que ofrece un material al paso de la corriente eléctrica. Se representa por la letra R.

#### **Ejercicio del tema: La Resistencia eléctrica.**

Investigar sobre el código de colores para resistores.

#### **3.3.1. Generalidades**

La resistencia eléctrica de un material depende de:

- Longitud.
- Área.
- Temperatura.
- El mismo material.

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Donde:

P es el coeficiente de resistividad.(

[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_resistencia/ke\\_resistencia\\_4.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_resistencia/ke_resistencia_4.htm))

L es la longitud.

A es el área

Comparando dos materiales se tiene:

- ◆  $\rho$  iguales, A iguales, L diferentes.

La resistencia es directamente proporcional a la longitud. Es decir:

A mayor longitud, mayor resistencia.

A menor longitud, menor resistencia.

- ◆  $\rho$  iguales, L iguales, A diferentes.

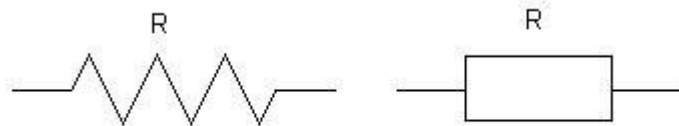
La resistencia es inversamente proporcional al área. Es decir:

A menor área, mayor resistencia.

A mayor área, menor resistencia.

- ◆ La resistencia aumenta con el incremento de temperatura.
- ◆ La unidad fundamental de la resistencia es el Ohmio en honor a Georg Simon Ohm. El ohmio se representa como  $\Omega$ .
- ◆ Los circuitos electrónicos necesitan incorporar resistencias. El objetivo es limitar la cantidad de corriente para así evitar daños en los componentes.

Los símbolos que se manejan para un resistor son:



**Ejercicio del subtema: Generalidades.**

- 1) Investigar la expresión que relaciona la resistencia con la temperatura.
- 2) Elaborar una biografía de Georg Simon Ohm.

### 3.3.1.1 Múltiplos y submúltiplos

#### **Múltiplos de la resistencia.**

- ◆ El Kiloohmio ( $K\Omega$ ) que equivale a  $1 \times 10^3 \Omega$ .
- ◆ El Megaohmio ( $M\Omega$ ) que equivale a  $1 \times 10^6 \Omega$ .

**Submúltiplo de la resistencia.**

- ◆ El Miliohmio ( $m\Omega$ ) que equivale a  $1 \times 10^{-3} \Omega$ .

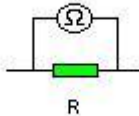
**Ejercicio del subtema: Múltiplos y submúltiplos.**

- 1) Convertir  $8.7 K\Omega$  a  $\Omega$
- 2) Convertir  $3.9 M\Omega$  a  $\Omega$

**3.3.2. ¿Cómo se mide la resistencia eléctrica?**

Para medir la resistencia eléctrica se utiliza el óhmetro. Éste se debe colocar en paralelo con el elemento al que se le va a medir la resistencia. Se debe tener en cuenta que al medir la resistencia eléctrica no está energizado el elemento pues se puede dañar el aparato de medida.

[http://edu.jccm.es/ies/juanantonioacastro/index.php?option=com\\_content&view=article&id=81&Itemid=97](http://edu.jccm.es/ies/juanantonioacastro/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=97)



**Ejercicio del subtema: ¿Cómo se mide la resistencia eléctrica?**

Investigar características de un Óhmetro.

#### 4. TIPOS DE CIRCUITOS BÁSICOS Y LAS LEYES DE LA ELECTRICIDAD

$$I_1 = 7.2 \text{ mA}$$

$$I_2 = 4.8 \text{ mA}$$

$$I_3 = 2.4 \text{ mA}$$

<http://www.youtube.com/watch?v=ttwP8Wz0OwE>  
<http://www.youtube.com/watch?v=b8u04SSyoQc&feature=related>  
<http://www.youtube.com/watch?v=aYNjnSx9NUY&feature=related>

##### OBJETIVO GENERAL

Conocer los diferentes tipos de circuitos eléctricos y las leyes básicas de la Electricidad.

##### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Calcular las magnitudes eléctricas en circuitos resistivos utilizando las leyes de ohm, Watt Y Joule.
- ◆ Analizar circuitos aplicando las leyes de Kirchoff.

- ◆ Adquirir habilidades y destrezas para realizar mediciones de voltajes, corrientes y Resistencias.
- ◆ Distinguir entre corriente alterna y corriente continua.

### Prueba Inicial

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

**1)** El tipo de corriente eléctrica que invierte periódicamente su polaridad, o dirección se denomina:

- a) Directa.
- b) Pulsante.
- c) Alterna.
- d) Digital.

**2)** La resistencia total de dos o más resistencias en serie es igual a:

- a) El producto de sus valores.
- b) La suma sus valores.
- c) La suma inversa de sus valores.
- d) La resta de sus valores.

**3)** La ley de Ohm se expresa como:

- a)  $V = R / I$
- b)  $R = V \times I$
- c)  $I = V / R$
- d)  $R = I / V$

**4)** Cuando la corriente circula en el mismo sentido y su valor es constante se llama:

- a) Corriente pulsatoria.
- b) Corriente continúa.
- c) Corriente alterna.
- d) Corriente en rampa.

**5)** Si a través de una resistencia de  $20 \Omega$ , circula una corriente de 3 A, el valor de la potencia eléctrica será de:



- a) 180 W
- b) 60 W
- c) 120 W
- d) 6.67 W

## 4.1. Circuito serie

### 4.1.1. Circuito

Es la conexión de elementos como resistencias, condensadores, bobinas, diodos, transistores, fuentes de alimentación por medio de conductores (Alambre) para cumplir un objetivo determinado.

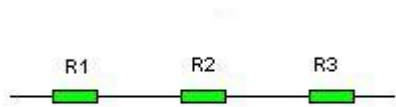
Por ejemplo: Encender un bombillo, un motor; entre otros. Se busca utilizar la corriente eléctrica.

#### 4.1.1.1 Resistencias en serie

Al implementar la conexión de resistores en serie

(<http://usuarios.multimania.es/pefecor/resisserie/serie.htm>) éstos deben estar conectados uno tras otro. (Sólo existe un punto de conexión entre cada par de resistencias)

Dos o más resistencias se encuentran conectadas en serie cuando al aplicar una fuente de alimentación todas las resistencias son recorridas por la misma corriente.

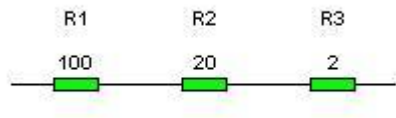


La resistencia equivalente de cualquier número de resistores conectados en serie es la suma de las resistencias individuales.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

#### Ejemplo:

Calcular la resistencia total para:



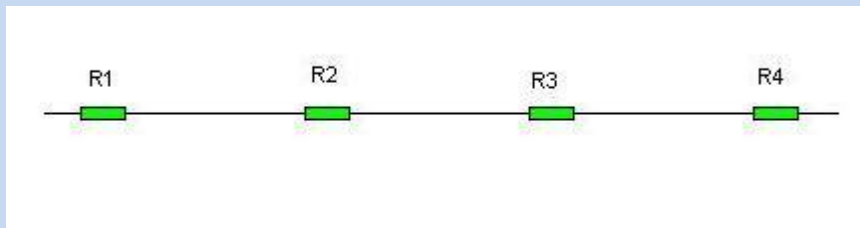
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 100 + 20 + 2$$

$$R_T = 122 \, \Omega$$

### Ejercicio del tema: Circuito serie.

Hallar la  $R_T$  para:



Donde :

$$R_1 = 4700 \, \Omega$$

$$R_2 = 6 \, \text{k}\Omega$$

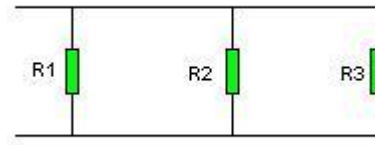
$$R_3 = 8.6 \, \text{k}\Omega$$

$$R_4 = 3300 \, \Omega$$

## 4.2. Circuito paralelo

### 4.2.1. Resistencias en paralelo

Para implementar una conexión de resistencias en paralelo (<http://usuarios.multimania.es/pefeco/resisparalel/paralelo.htm>) se conectan los resistores compartiendo extremos. (Dos puntos de conexión)



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.

La resistencia equivalente de un circuito de resistencias en paralelo es igual al recíproco de la suma de las resistencias individuales:

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

Casos particulares:

La resistencia equivalente de solo dos resistores en paralelo es:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

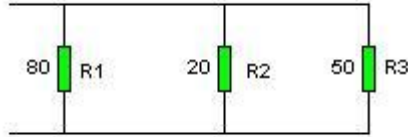
Si todas los resistores son iguales:

$$R_T = \frac{R}{n}$$

Donde n: Número de resistencias.

**Ejemplo:**

Calcular la resistencia total para:



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

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{80} + \frac{1}{20} + \frac{1}{50}}$$

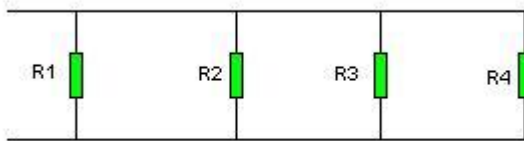
$$R_T = \frac{1}{0.0125 + 0.05 + 0.02}$$

$$R_T = \frac{1}{0.0825}$$

$$R_T = 12.12 \, \Omega$$

**Ejercicio del tema: Circuito paralelo.**

Hallar la  $R_T$  para:



Donde :

$$R_1 = 12 \, \text{K}\Omega$$

$$R_2 = 2200 \, \Omega$$

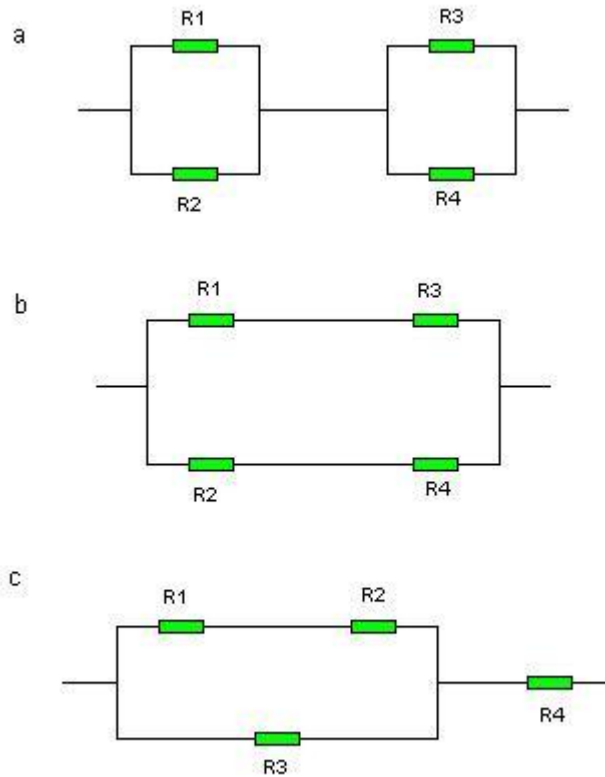
$$R_3 = 5600 \, \Omega$$

$$R_4 = 6500 \, \text{K}\Omega$$

### 4.3. Circuito mixto

La conexión mixta (<http://centros.edu.xunta.es/iesrafaeldieste/files/3esocircuitosmixtosserie.pdf>) de resistencias es la combinación de resistores en serie y paralelo.

Ejemplos:

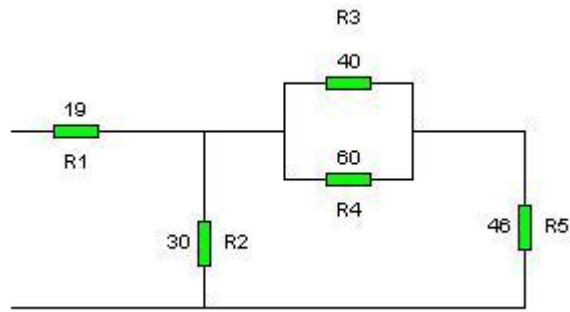


**Figura.** Conexiones mixtas de cuatro resistencias: a) Serie de paralelos, b) Paralelo de series y c) Otra posible conexión.

Para simplificar una conexión mixta y obtener así la resistencia equivalente se van simplificando las resistencias que están en serie y las que están en paralelo de modo que el conjunto vaya resultando cada vez más sencillo, hasta terminar con un conjunto en serie o en paralelo.

#### Ejemplo:

Calcular la resistencia total para:



a)  $R_{T1}$  (  $R_3$  está en paralelo con  $R_4$ )

$$R_{T1} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$R_{T1} = \frac{40 \cdot 60}{40 + 60}$$

$$R_{T1} = \frac{2400}{100}$$

$$R_{T1} = 24 \, \Omega$$

b)  $R_{T2}$  (El paralelo de  $R_3$  con  $R_4$  se encuentra en serie con  $R_5$ )

$$R_{T2} = R_{T1} + R_5$$

$$R_{T2} = 24 + 46$$

$$R_{T2} = 70 \, \Omega$$

c)  $R_{T3}$  (  $R_{T2}$  se encuentra a su vez en paralelo con  $R_2$  )

$$R_{T3} = \frac{R_{T2} \cdot R_2}{R_{T2} + R_2}$$

$$R_{T3} = \frac{70 \cdot 30}{70 + 30}$$

$$R_{T3} = \frac{2100}{100}$$

$$R_{T3} = 21 \, \Omega$$

d) RT ( RT3 está en serie con R1 )

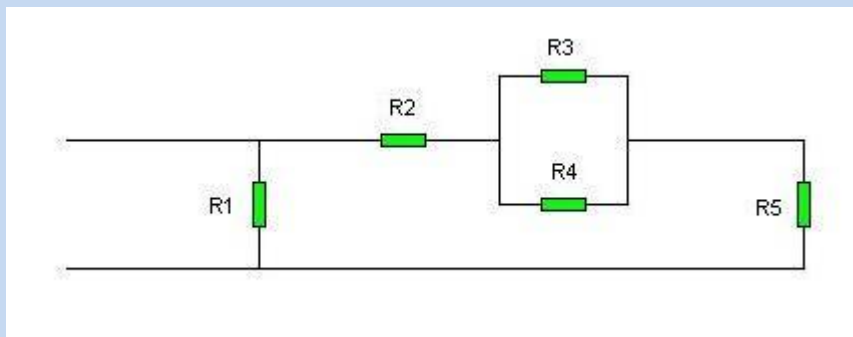
$$R_T = R_{T3} + R_1$$

$$R_T = 21 + 19$$

$$R_T = 40 \, \Omega$$

**Ejercicio del tema: Circuito mixto.**

Hallar la  $R_T$  para:



Donde :

$$R_1 = 270 \, \Omega$$

$$R_2 = 220 \, \Omega$$

$$R_3 = 8600 \, \Omega$$

$$R_4 = 1 \, \text{K}\Omega$$

$$R_5 = 5.6 \, \text{K}\Omega$$

## 4.4. Leyes de Ohm, Watt y Joule

### 4.4.1. Ley de Ohm

Fue desarrollada por el físico alemán Georg Simón Ohm (1787 - 1854) en el año de 1827.

Relaciona Voltaje, Corriente y Resistencia mediante:

$$V = I \cdot R$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

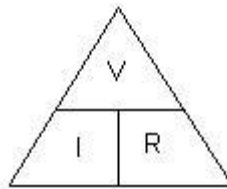
En donde:

I: Intensidad en amperios (A)

V: Voltaje en voltios (V)

R: Resistencia en ohmios ( $\Omega$ ).

Como regla nemotécnica para recordar se utiliza el siguiente triángulo:



### Ejemplos

1. Si en un circuito eléctrico la tensión tiene un valor de 110 v y la resistencia un valor de 30  $\Omega$  ¿cuál será el valor de la intensidad?

$$V = 110 \text{ v}$$

$$R = 30 \Omega$$

$$I = ?$$

Si aplicamos la Ley de Ohm:

$$I = V / R$$

Reemplazando

$$I = 110 / 30$$

$$I = 3.667 \text{ A.}$$



2. Al medir la intensidad de corriente en un circuito se obtuvo un valor de 6 A y, al medir la resistencia, un valor de 20  $\Omega$ . ¿Cuál será la tensión o voltaje del circuito?

Aplicamos la Ley de Ohm

$$V = I \cdot R$$

Reemplazando

$$V = 6 \times 20$$

$$V = 120 \text{ v}$$

3. Si:  $V = 100 \text{ v}$ ,  $I = 5 \text{ A}$ ,  $R = ?$

$$R = V / I$$

$$R = 100 / 5$$

$$R = 20 \Omega$$

Al utilizar la Ley de Ohm, las cantidades deben expresarse en las unidades fundamentales de Intensidad (amperios), voltaje (voltios) y resistencia (ohmios).

Si se da una cantidad en múltiplos o submúltiplos, como sugerencia se debe realizar la conversión a las unidades fundamentales antes de realizar el(los) reemplazo(s).

#### 4.4.2. Ley de Watt

La potencia eléctrica

([http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_potencia/ke\\_potencia\\_elect\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_1.htm)) se mide en vatios, en homenaje a James Watt.

La ley de Watt relaciona potencia, voltaje y corriente mediante la siguiente fórmula:

$$P = V \cdot I$$

$$V = P / I$$

$$I = P / V$$

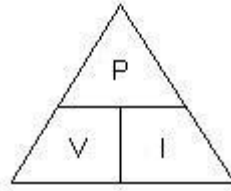
En donde:

I: Intensidad en amperios (A)

V: Voltaje en voltios (V)

P: Potencia en vatios (W)

Como regla nemotécnica para recordar se utiliza el siguiente triángulo:



### Ejemplos.

**1)** Una resistencia consume 15 A cuando la tensión es de 100 v. ¿Cuál será su potencia?

Los datos del ejemplo son:

$$V = 100 \text{ v}$$

$$I = 15 \text{ A}$$

$$P = ?$$

$$P = V.I$$

$$P = 100 \times 15$$

$$P = 1500 \text{ W}$$

**2)** Una lámpara incandescente trabaja a 120 v y 100 W. ¿Cuál será la intensidad?

$$P = 100 \text{ W}$$

$$V = 120 \text{ v}$$

$$I = ?$$

$$I = P / V$$

Reemplazando se tiene:

$$I = 100 / 120$$

$$I = 0.833 \text{ A}$$

### 4.4.3. Ley de Joule

Relaciona las leyes de Ohm y Watt.

1. Ley de Ohm  $V = I.R$

2. Ley de Watt  $P = V.I$

Reemplazando la ley de Ohm en la ley de Watt se tiene:

$$P = V.I$$

$$P = (I . R).I$$

$$P = I^2 . R \quad \text{llamada Ley de Joule.}$$

También se puede obtener:

Si en la ley de Watt ( $P = V.I$ ), se reemplaza el valor de  $I$  por el que da la ley de Ohm, se tiene que:

$$P = V^2 / R$$

**Ejemplos:**

1. Calcular la potencia que suministra una resistencia de  $3\text{ K}\Omega$  cuando se le aplica una tensión de  $100\text{ v}$ .

Datos:

$$R = 3\text{ K}\Omega \text{ (} 3\text{ K}\Omega \text{ equivale } 3000\text{ }\Omega\text{)}$$

$$V = 100\text{ v}$$

$$P = V^2 / R.$$

Al aplicarla se tiene que:

$$P = 100^2 / 3000$$

$$P = 10000 / 3000$$

$$P = 10 / 3$$

$$P = 3.33\text{ W.}$$

- 2) ¿Qué tensión se le debe aplicar a una resistencia de  $144\text{ }\Omega$ , cuando la potencia es de  $0,1\text{ KW}$ ?

$$P = V^2 / R.$$

Despeje la tensión:

$$V^2 = P \times R$$

Como se sabe que  $P = 0,1\text{ KW}$  equivale a  $100\text{ W}$ , y que el valor de  $R$  es de  $144\text{ }\Omega$ , basta reemplazar estos valores:

$$V = \sqrt{P \cdot R}$$

$$V = \sqrt{100 \cdot 144}$$

$$V = \sqrt{14400}$$

$$V = 120\text{ v}$$

**Ejercicio del tema: Leyes de Ohm, Watt y Joule.**

1) Se tiene un circuito que trabaja a 15 V, y lo conectamos a una resistencia de  $89\ \Omega$ .

Hallar:

- a) Intensidad.
- b) Potencia.

2) Se tiene una resistencia de  $30\ \Omega$  por la cual circula una corriente de 0.065 mA.

Hallar:

- a) Tensión.
- b) Potencia.

3) Un bombillo de 0.7Kw trabaja a 110 V.

Hallar:

- a) Resistencia.
- b) Intensidad.

4) Un circuito entrega una potencia de 10 W sobre una carga de  $6\ \Omega$ .

Hallar:

- a) Tensión.
- b) Intensidad.

5) Un motor trabaja a 220 V. La corriente que circula por él es de 2300 mA.

Hallar:

- a) Potencia.
- b) Resistencia.

## 4.5. Leyes de Kirchoff

Las leyes de Kirchhoff fueron formuladas por Gustav Robert Kirchhoff en 1845.

Son dos:

- ◆ Ley de corrientes de Kirchoff (Nodos).
- ◆ Ley de voltajes de Kirchoff (Mallas).

Se utilizan para determinar voltajes y corrientes en cada uno de los elementos que conforman un circuito.

### 4.5.1. Ley de corrientes de Kirchoff (Nodos)

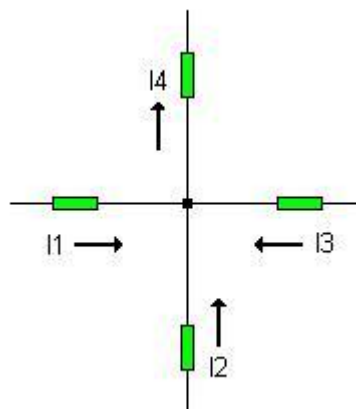
La suma de las corrientes que entran en un nodo (<http://es.wikipedia.org/wiki/Circuito>) de un circuito es igual a la suma de las corrientes que salen de ese nodo. También se puede decir que la sumatoria de corrientes en un nodo es igual a cero.

**Corrientes que entran al nodo = corrientes que salen del nodo.**

Ó

**Corrientes que entran al nodo + corrientes que salen del nodo = 0**

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 \dots + I_n = 0$$



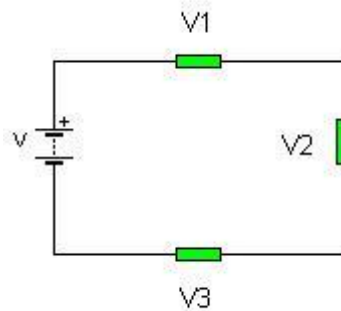
Para la anterior figura se asume que las corrientes que entran al nodo son positivas y las que salen del nodo son negativas por lo cual:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

#### 4.5.1.1 Ley de voltajes de Kirchoff (Mallas)

La sumatoria de los voltajes en una trayectoria cerrada (malla) es cero

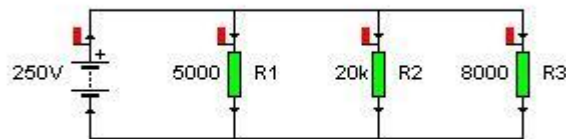
$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n = 0$$



Para la anterior figura se asume que la corriente en las resistencias van de + a - por lo cual:

$$-V + V_1 + V_2 + V_3 = 0$$

**Ejemplo Ley de corrientes de Kirchhoff.**



El mismo voltaje 250 v, se aplica a todas las resistencias. (Conexión en paralelo)

La corriente en cada una de las resistencias se obtiene a partir de la ley de Ohm como se muestra más abajo, siendo I1 la corriente a través de R1, I2 la corriente a través de R2, e I3 la corriente a través de R3.

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_1 = \frac{250}{5000}$$

$$I_1 = 0.05 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{250}{20000}$$

$$I_2 = 0.0125 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I_3 = \frac{250}{8000}$$

$$I_3 = 0.03125 \text{ A}$$

Haciendo cálculos se encuentra que la resistencia equivalente es:

$$R_T = 2666.7 \Omega$$

Utilizando la ley de Ohm se tiene que la corriente total es:

$$I_T = \frac{V}{R_T}$$

$$I_T = \frac{250}{2666.7}$$

$$I_T = 0.09375 \text{ A}$$

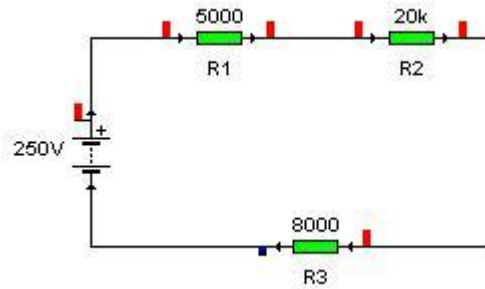
Aplicando la ley de corrientes de Kirchhoff se tiene:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_T = 0.05 + 0.0125 + 0.03125$$

$$I_T = 0.09375 \text{ A}$$

**Ejemplo Ley de voltajes de Kirchhoff.**



Haciendo cálculos se encuentra que la resistencia equivalente es:

$$R_T = 33000 \, \Omega$$

Utilizando la ley de Ohm se tiene que la corriente total es:

$$I_T = \frac{V}{R_T}$$

$$I_T = \frac{250}{33000}$$

$$I_T = 0.00758 \, A$$

El voltaje en cada una de las resistencias se obtiene a partir de la ley de Ohm como se muestra a continuación, siendo V1 el voltaje en R1, V2 el voltaje en R2 y V3 el voltaje en R3.

$$V_1 = I_T R_1$$

$$V_1 = (0.00758)(5000)$$

$$V_1 = 37.9 \, v$$

$$V_2 = I_T R_2$$

$$V_2 = (0.00758)(20000)$$

$$V_2 = 151.6 \, v$$



$$V_3 = I_T R_3$$

$$V_3 = (0.00758)(8000)$$

$$V_3 = 60.64 \text{ v}$$

Aplicando la ley de voltajes de Kirchhoff se tiene:

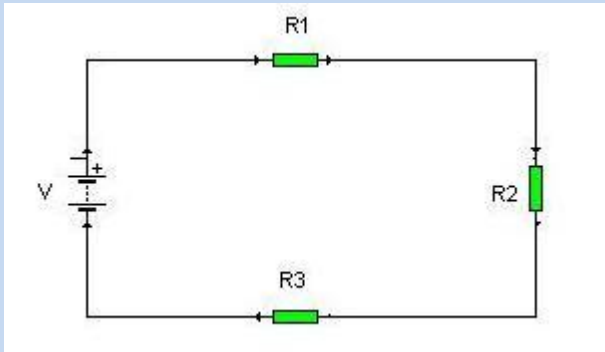
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = 37.9 + 151.6 + 60.64$$

**Ejercicio del tema: Leyes de Kirchhoff.**

1) Hallar:

$R_T$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$



Donde:

$V = 15 \text{ v}$

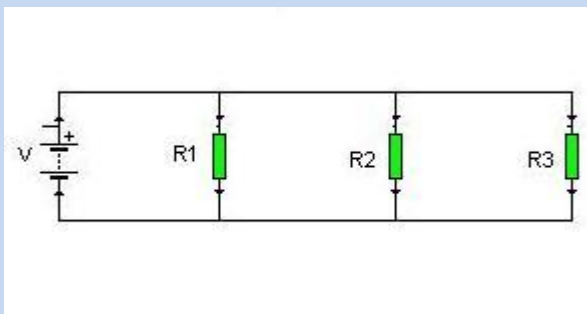
$R_1 = 1800 \, \Omega$

$R_2 = 2200 \, \Omega$

$R_3 = 4700 \, \Omega$

2) Hallar:

$R_T$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$



Donde:

$V = 20 \text{ v}$

$R_1 = 4700 \, \Omega$

$R_2 = 9800 \, \Omega$

$R_3 = 7600 \, \Omega$

## 4.6. Teoría de la Corriente Alterna y la Corriente Continua

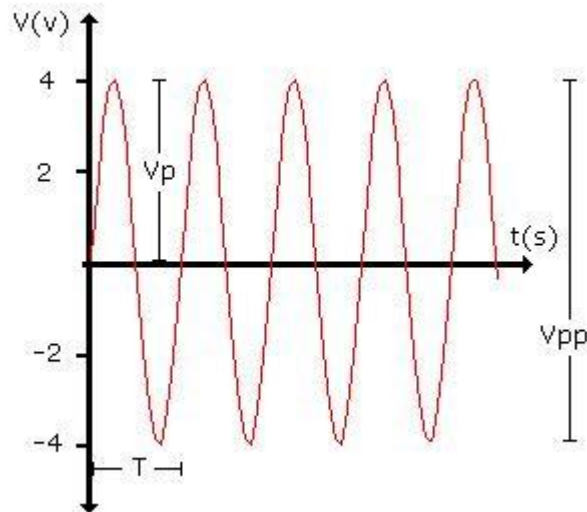
### 4.6.1. Corriente continua

- ◆ Es aquella que idealmente no cambia con el tiempo; además fluye en una sola dirección. A la corriente continua también se le llama corriente directa. Se representa como CC y DC.
- ◆ La corriente continua no cambia su magnitud ni su dirección con el tiempo.
- ◆ La corriente continua se produce a partir de una fuente de voltaje como: Batería, pila, fuente de poder.
- ◆ La necesidad de la corriente continua radica en que la mayoría de aparatos electrónicos trabajan con ella.



### 4.6.2. Corriente alterna

- ◆ Es aquella que cambia su magnitud y dirección con el tiempo. Se mueve de una dirección a otra en un período de tiempo dado.
- ◆ La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_alterna](http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_alterna))
- ◆ Se representa como AC.



#### 4.6.2.1 Características de la corriente alterna

##### Voltaje pico. ( $V_p$ )

Es el valor máximo tomado desde el eje de referencia (eje del tiempo) hasta el pico positivo o pico negativo.

En el gráfico es  $V_p = 4v$

##### Voltaje pico a pico. ( $V_{pp}$ )

Es el valor absoluto del voltaje entre el pico positivo y el pico negativo.

También se puede calcular como:

$$V_{pp} = 2V_p$$

En el gráfico es  $V_{pp} = 8v$

##### Voltaje efectivo. ( $V_{rms}$ )

Se denomina también raíz cuadrática media (root mean square) de AC.

El voltaje efectivo ([http://www.unicrom.com/Tut\\_rms\\_promedio.asp](http://www.unicrom.com/Tut_rms_promedio.asp)) es el valor del voltaje equivalente en DC.

Para calcular el  $V_{rms}$  de una señal sinusoidal se tiene:

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

En el gráfico  $V_{rms} = 2.83v$

##### Período. ( $T$ )

Es el tiempo que dura un ciclo de la señal.

Se representa por  $T$ . La unidad fundamental es el segundo; representado por S.

**Frecuencia. (F)**

Es el número de ciclos en un período de tiempo dado.

Se representa por F. La unidad fundamental es el Hertz; representado por Hz.

Conociendo la frecuencia de la señal de AC podemos calcular el período y viceversa mediante:

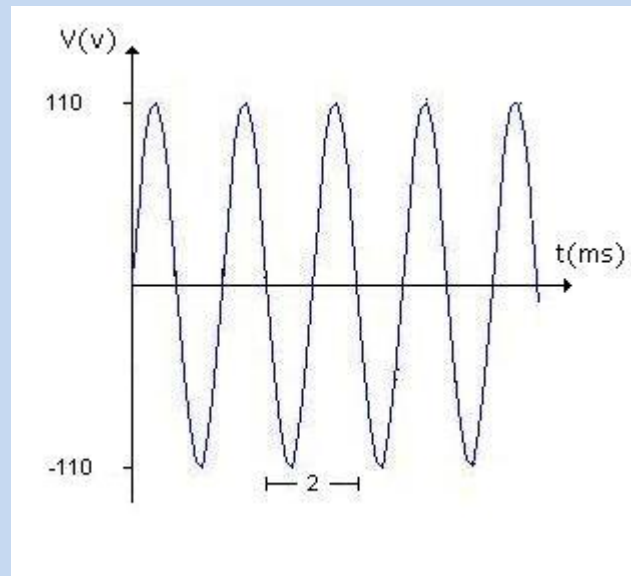
$$T = \frac{1}{F}$$

$$F = \frac{1}{T}$$

**Ejercicio del tema: Teoría de la Corriente Alterna y la Corriente Continua.**

Hallar:

Vp, Vpp, Vrms, T, F



## 5. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS



[http://www.youtube.com/watch?v=fEt91M\\_Ry88](http://www.youtube.com/watch?v=fEt91M_Ry88)

### OBJETIVO GENERAL

Analizar, identificar y diferenciar los componentes electrónicos básicos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Aprender el funcionamiento y aplicabilidad de los elementos electrónicos básicos.
- ◆ Conocer la simbología empleada en circuitos electrónicos para los distintos elementos que forman parte de los diseños (resistencias, condensadores, diodos, transistores, entre otros)
- ◆ Comprobar experimentalmente el comportamiento de los componentes y dispositivos

Electrónicos básicos: Condensadores, bobinas, transformadores, diodos y transistores.

## PRUEBA INICIAL

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

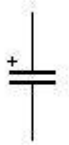
**1)** La bobina almacena energía en forma de campo:

- a) Vectorial.
- b) Eléctrico.
- c) Alterno.
- d) Magnético.

**2)** El diodo tiene:

- a) Tres terminales.
- b) Un solo terminal.
- c) Dos terminales.
- d) Cuatro terminales.

**3)** El símbolo de la figura es el de:



- a) Diodo.
- b) Condensador no polarizado.
- c) Bobina.
- d) Condensador electrolítico.

**4)** El transistor posee tres terminales con los siguientes nombres:

- a) Emisor, Cátodo, Ánodo.
- b) Base, Compuerta, Ánodo.
- c) Base, Colector, Emisor.
- d) Emisor, Colector, Cátodo.

**5)** El transformador trabaja con corriente:

- a) Directa.
- b) Continua.
- c) Alterna.
- d) Fija.

## 5.1. El Capacitor

El capacitor es un elemento que almacena energía en forma de un campo eléctrico. (<http://www.solociencia.com/fisica/carga-electrica-como-define-campo-electrico.htm>)  
Se llama capacitancia o capacidad a la cantidad de cargas eléctricas que es capaz de almacenar.

Al capacitor también se la llama condensador.

El condensador está formado por dos placas separadas por un material aislante llamado dieléctrico. (Evita el cortocircuito ya que las placas adquieren carga eléctrica opuesta)

Se manejan diferentes materiales y formas para su construcción.

### Diferentes tipos de condensadores



El condensador o capacitor se representa por la letra C. La unidad fundamental de medida es el Faradio el cual se representa por F.

Para la capacitancia sólo se manejan submúltiplos como:

- ◆ MiliFaradio (mF)
- ◆ MicroFaradio (uF)
- ◆ NanoFaradio (nF)
- ◆ PicoFaradio (pF)

Los capacitores se dividen en

- ◆ Fijos.
- ◆ Variables.

### Fijos.

Son aquellos que poseen un valor constante de capacitancia.

Estos a su vez se dividen en:



- ◆ Polarizados o electrolíticos.
- ◆ No polarizados.

### **Electrolíticos**

Son aquellos que poseen polaridad. (Terminal positivo y terminal negativo)

Se clasifican según el material en:

- ◆ De Aluminio
- ◆ De Tantalio.

### **No polarizados.**

Son aquellos que no poseen polaridad con lo cual no es necesario fijarse como se ubican en un circuito.

Se clasifican según el material en:

- ◆ Poliéster
- ◆ Mica
- ◆ Cerámica
- ◆ Papel

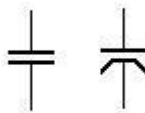
### **Variables.**

Son aquellos que pueden tomar muchos valores de capacitancia dentro de un rango determinado.

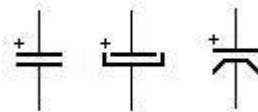
Se clasifican según el dieléctrico en:

- ◆ Dieléctrico de aire.
- ◆ Dieléctrico de mica.

### **Símbolos para condensadores no polarizados**



### **Símbolos para condensadores polarizados.**



### **Símbolo para condensadores variables.**



Las principales características eléctricas de un condensador son su capacitancia y el voltaje máximo entre placas que puede soportar sin dañarse.

**Ejercicio del tema: El capacitor.**

Investigar la conexión entre capacitores.

## 5.2. El Inductor

El inductor es un elemento que almacena energía en forma de campo magnético.

([http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/campmag/index.html](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/campmag/index.html))

Al inductor también se le conoce como bobina.

Una bobina es un arrollamiento de cobre.

La bobina tiene la propiedad de la inductancia.

( <http://enciclopedia.us.es/index.php/Inductancia>)

### 5.2.1. Diferentes tipos de bobinas



La bobina o inductor se representa por la letra L. La unidad fundamental de medida es el Henrio el cual se representa por H.

La inductancia maneja submúltiplos como:

- ◆ MiliHenrio (mH)
- ◆ MicroHenrio (uH)

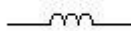
También se manejan valores en henrios.

Los inductores se dividen según el tipo de núcleo en:

- ◆ Inductores con núcleo de aire.
- ◆ Inductores con núcleo de hierro.
- ◆ Inductores con núcleo de ferrita.

Los inductores también se pueden fabricar con inductancia fija o variable.

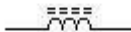
**Símbolo general para la bobina.**



**Símbolo para bobina con núcleo de hierro.**



**Símbolo para bobina con núcleo de ferrita.**



**Símbolo para bobina variable.**



#### **Ejercicio del tema: El inductor**

Investigar la conexión entre bobinas.

#### **5.2.1.1 El Transformador**

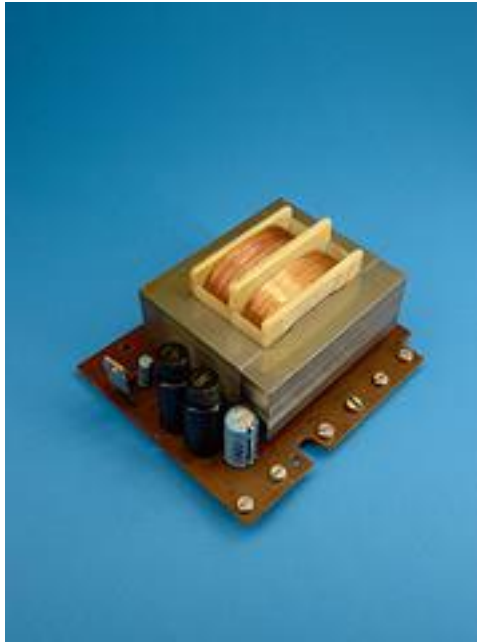
Elemento que transforma la corriente alterna; es decir la reduce, la eleva o mantiene la amplitud sin cambiar la frecuencia de la señal.

El transformador se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética.

Está formado por dos bobinas devanadas sobre un núcleo de hierro.(  
<http://www.electronica2000.com/temas/transfor.htm>)

Las bobinas se denominan primario (Entrada) y secundario (Salida).

Hay transformadores con múltiples devanados de salida.



**El transformador se divide en:**

**Elevador**

La señal de salida es mayor a la señal de entrada.

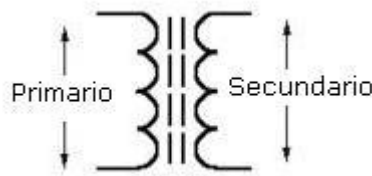
**Reductor**

La señal de salida es menor a la señal de entrada.

**Aislamiento**

La señal de salida es igual a la señal de entrada. Se utiliza como medio de protección.

**Símbolo general para el transformador.**



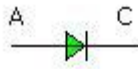
**Ejercicio del tema: El transformador.**

¿Qué es inducción electromagnética?

**5.2.1.2 El Diodo**

Es un dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección. (<http://www.buenastareas.com/ensayos/Dispositivos-Semiconductores/514259.html>)

Algunos se emplean para la conversión de corriente alterna a corriente continua; la cual es su aplicación más importante.



**Símbolo del diodo**

Donde:

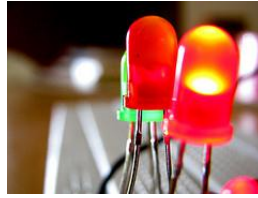
A - ánodo (Terminal positivo)

C - cátodo (Terminal negativo)

El diodo debe conectarse en la posición correcta ya que tiene polaridad.

**Diferentes tipos de diodos.**





Los principales tipos de diodos son:

- ◆ Diodo rectificador. (<http://www.ladelec.com/teoria/informacion-tecnica/321-diodos-rectificadores.html>)
- ◆ Diodo zener.
- ◆ LED (Diodo emisor de luz)
- ◆ SCR (Rectificador controlado de silicio)
- ◆ Fotodiodo.

#### **Ejercicio del tema: El diodo.**

Consultar sobre el diodo LED.

#### **5.2.1.3 El Transistor**

Es un dispositivo semiconductor cuya función principal es la de la amplificación.

El transistor es fabricado con materiales semiconductores como el Germanio y el Silicio.

Se dividen en:

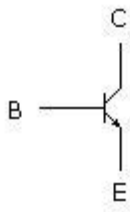
- ◆ Transistores bipolares.
- ◆ FET ([http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_de\\_efecto\\_campo](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_de_efecto_campo)) (Transistores de Efecto de Campo)

Los transistores bipolares son los más utilizados. Estos se clasifican en:

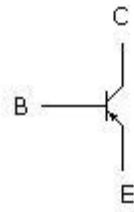
- ◆ Transistor NPN.
- ◆ Transistor PNP.

El transistor bipolar posee tres terminales con los siguientes nombres:

Base (B), colector (C) y emisor (E)



**Transistor NPN**



**Transistor PNP**

**Ejercicio del tema: El transistor.**

¿Cómo amplifica un transistor?





### Prueba Inicial

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

**1)** Un dígito octal se representa mediante un número binario de:

- a) Tres bits.
- b) Dos bits.
- c) Cuatro bits.
- d) Ocho bits.

**2)** El Sistema binario también se llama:

- a) Base ocho.
- b) Base dos.
- c) Base cuatro.
- d) Base diez.

**3)**  $11010 + 01111$  es igual a:

- a) 101001
- b) 101010
- c) 110101
- d) 101000

**4)** El número binario 10001101010001101111 se puede escribir en hexadecimal como:

- a) AD467
- b) 8C46F
- c) 8D46F
- d) AE46F

**5)** El número decimal 17 es igual al número binario:

- a) 10010
- b) 11000
- c) 10001
- d) 01001

## 6.1. El Sistema binario

### 6.1.1. Sistema de Numeración

Es un conjunto de dígitos que sirven para representar una cantidad contable.

Los sistemas de numeración más utilizados en Electrónica son:

- ◆ Binario o Base 2 (0, 1)
- ◆ Octal o Base 8 (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)
- ◆ Hexadecimal o Base 16 (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F)
- ◆ Decimal o Base 10 (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

#### 6.1.1.1 Sistema binario.

El sistema binario es un sistema de numeración

(<http://www.fismat.umich.mx/~elizalde/cursos/node110.html>) en el que los números se representan utilizando solamente dos dígitos; el cero y el uno (0 y 1).

La posición de un 1 ó un 0 en un número binario indica su valor dentro del número. Los valores de un número binario están basados en las potencias de dos.

Los computadores trabajan internamente con números binarios.

#### Ejercicio del tema: El sistema binario.

Explicar cómo se cuenta en binario.

### 6.1.2. Aritmética binaria

Para entender la Electrónica digital se debe conocer los principios básicos de la suma, resta, multiplicación y división binaria.

#### 6.1.2.1 Suma binaria

Las cuatro reglas para sumar dígitos binarios son:

1)  $0 + 0 = 0$

2)  $0 + 1 = 1$

3)  $1 + 0 = 1$

4)  $1 + 1 = 10$

(Suma 0 con acarreo ([http://www.cmelectronics.8m.com/circuitos\\_aritmeticos.html](http://www.cmelectronics.8m.com/circuitos_aritmeticos.html)) 1)

### Ejemplos

Sumar los siguientes números binarios:

a) 
$$\begin{array}{r} 100110101 + \\ 11010101 \\ \hline 1000001010 \end{array}$$

b) 
$$\begin{array}{r} 101110 + \\ 111001 \\ \hline 1100111 \end{array}$$

### 6.1.2.2 Resta binaria

Las cuatro reglas para restar dígitos binarios son:

1)  $0 - 0 = 0$

2)  $1 - 0 = 1$

3)  $1 - 1 = 0$

4)  $0 - 1 = 1$  (  $10 - 1 = 1$

Tomando una unidad prestada de la posición siguiente)

$10 - 1 = 1$  y llevo 1, lo que equivale a decir en decimal,  $2 - 1 = 1$ . Esa unidad prestada debe devolverse, sumándola, a la posición siguiente.

### Ejemplos.

Realizar las siguientes restas binarias:

a) 
$$\begin{array}{r} 10001 - \\ 01010 \\ \hline 00111 \end{array}$$

b)

$$\begin{array}{r} 11011001 - \\ 10101011 \\ \hline 00101110 \end{array}$$

### 6.1.2.3 Multiplicación binaria

Las cuatro reglas para multiplicar dígitos binarios son:

- 1)  $0 \times 0 = 0$
- 2)  $0 \times 1 = 0$
- 3)  $1 \times 0 = 0$
- 4)  $1 \times 1 = 1$

#### Ejemplos.

Realizar las siguientes multiplicaciones binarias.

a)

$$\begin{array}{r} 10110 \\ \times 1001 \\ \hline 10110 + \\ 00000 \\ 00000 \\ 10110 \\ \hline 11000110 \end{array}$$

b)

$$\begin{array}{r} 101 \\ \times 110 \\ \hline 000 + \\ 101 \\ 101 \\ \hline 11110 \end{array}$$

### 6.1.2.4 División binaria

La división binaria sigue el mismo procedimiento que la división decimal.

#### Ejemplos.

Realizar las siguientes divisiones binarias:

a)      110 | 10

$$\begin{array}{r} \text{-----} \\ -10 \quad 11 \\ \text{-----} \\ 010 \\ - 10 \\ \text{-----} \\ 00 \end{array}$$

b)      1111 | 11

$$\begin{array}{r} \text{-----} \\ -11 \quad 101 \\ \text{-----} \\ 0011 \\ - 11 \\ \text{-----} \\ 00 \end{array}$$

Ejercicio del tema: Aritmética binaria.

Realizar las siguientes operaciones binarias:

- 1)  $1101 + 1011$
- 2)  $1001 - 0111$
- 3)  $110 \times 1010$
- 4)  $1100 \div 011$

## 6.2. Sistema octal

Está formado por ocho dígitos, ( <http://www.fismat.umich.mx/~elizalde/cursos/node117.html>) que son:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Se usa menos frecuentemente en los computadores para expresar cantidades binarias.

**Ejercicio del tema: Sistema octal.**

Explicar cómo se cuenta en octal.

### 6.3. Sistema hexadecimal

Está formado por diez dígitos y seis caracteres alfabéticos que son:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

El sistema hexadecimal (<http://www.fismat.umich.mx/~elizalde/curso/node118.html>) se usa como una forma simplificada de representar los números binarios.

Utilizado frecuentemente en computadores y aplicaciones de microprocesadores.

**Ejercicio del tema: Sistema hexadecimal.**

Explicar cómo se cuenta en hexadecimal.

### 6.4. Conversiones entre sistemas de numeración

#### 6.4.1. Conversión de Decimal a Binario, Octal, Hexadecimal

Un método muy utilizado es el de las divisiones sucesivas

( <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2000477/lecciones/010201.htm>)

El método consiste en dividir por la base en la que se quiere hallar el número; el resultado entero se vuelve a dividir entre 2, 8 ó 16 (depende de la base a la que se quiere llevar el número decimal); el paso se repite hasta que el cociente sea 0. Ahí termina la división.

El número en la base respectiva estará conformado por los residuos escritos desde el último hasta el primero que resultó. (Se escribe de izquierda a derecha)

#### Ejemplos:

a) Convertir  $100_{(10)}$  a binario.

$$\begin{array}{r|l} 100 & 2 \\ \hline 0 & 50 \\ \hline 0 & 25 \\ \hline 1 & 12 \\ \hline 0 & 6 \\ \hline 0 & 3 \\ \hline 1 & 1 \\ \hline & 1 \end{array}$$

$$100_{(10)} \rightarrow 1100100_{(2)}$$

b) Convertir  $100_{(10)}$  a octal.

$$\begin{array}{r|l} 100 & 8 \\ \hline 4 & 12 \\ \hline 4 & 1 \\ \hline & 1 \end{array}$$

$$100_{(10)} \rightarrow 144_{(8)}$$

c) Convertir  $100_{(10)}$  a hexadecimal.

$$\begin{array}{r|l} 100 & 16 \\ \hline 4 & 6 \\ \hline & 6 \end{array}$$

$$100_{(10)} \rightarrow 64_{(16)}$$

#### 6.4.1.1 Conversión de Binario, Octal, Hexadecimal a Decimal

Se realiza lo siguiente:

Se inicia por el lado derecho del número en binario, octal o hexadecimal, cada dígito o letra (equivalente) se multiplica por 2, 8 ó 16 elevado a la potencia que le toque ya que se inicia con 0.(creciente) . Después de realizar cada una de las multiplicaciones se suman todos los productos y el número resultante será el equivalente en decimal.

##### Ejemplos.

a) Convertir  $110100_{(2)}$  a decimal

$$1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

$$32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 0$$

$$52_{(10)}$$

b) Convertir  $164_{(8)}$  a decimal

$$1 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 4 \times 8^0$$

$$64 + 48 + 4$$

$$116_{(10)}$$

c) Convertir  $7CE_{(16)}$  a decimal

$$7 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 14 \times 16^0$$

$$1792 + 192 + 14$$

$$1998_{(10)}$$

#### 6.4.1.2 Conversión de binario a octal, hexadecimal

##### Binario a octal.

Los pasos a seguir son:

1) Se separa el número binario en grupos de 3 bits iniciando por el lado derecho. Si al terminar de agrupar no se tienen 3 bits entonces se agregan ceros a la izquierda.

2) Se lee el valor que corresponde de acuerdo a la tabla:

Número en binario	000	001	010	011	100	101	110	111
Número en octal	0	1	2	3	4	5	6	7



**3)** El número en octal se escribe conservando las posiciones de los grupos.

**Ejemplo.**

**a)** Convertir  $110101_{(2)}$  a Octal.

Se agrupan de a tres bits de izquierda a derecha.

Se tiene entonces:

101 --> 5

110 --> 6

Se obtiene

$65_{(8)}$

**Binario a hexadecimal.**

Se realiza lo siguiente:

**1)** Se separa el número binario en grupos de 4 bits iniciando por el lado derecho. Si al terminar de agrupar no se tienen 4 bits entonces se agregan ceros a la izquierda.

**2)** Se lee el valor que corresponde de acuerdo a la tabla:

Número en binario	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Número en hexadecimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	

**3)** El número en hexadecimal se escribe conservando las posiciones de los grupos.

**Ejemplo.**

**a)** Convertir  $11111100011010_{(2)}$  a Hexadecimal.

Se agrupan de a cuatro bits de izquierda a derecha.

Se tiene entonces:

1010 --> A

0001 --> 1

1111 --> F

Queda 11 con lo cual se le agregan dos ceros a la izquierda.

Se obtiene:

0011 --> 3

Con ello el resultado es:

3F1A<sub>(16)</sub>

### 6.4.1.3 Conversión de octal, hexadecimal a binario

#### Octal a binario.

Es el inverso de la conversión de binario a octal.

El procedimiento es el siguiente:

Se reemplaza cada dígito octal por el correspondiente grupo de tres bits (Ver tabla)

#### **Ejemplo.**

a) Convertir 140(8) a binario.

1 --> 001

4 --> 100

0 --> 000

Obteniéndose

001100000<sub>(2)</sub>

#### **Hexadecimal a binario.**

Es el inverso de la conversión de binario a hexadecimal.

El procedimiento es el siguiente:

Se reemplaza cada dígito o carácter hexadecimal por el correspondiente grupo de cuatro bits (Ver tabla)

#### **Ejemplo.**

a) Convertir CF8E<sub>(16)</sub> a binario.

C --> 1100

F --> 1111

8 --> 1000

E --> 1110

Obteniéndose

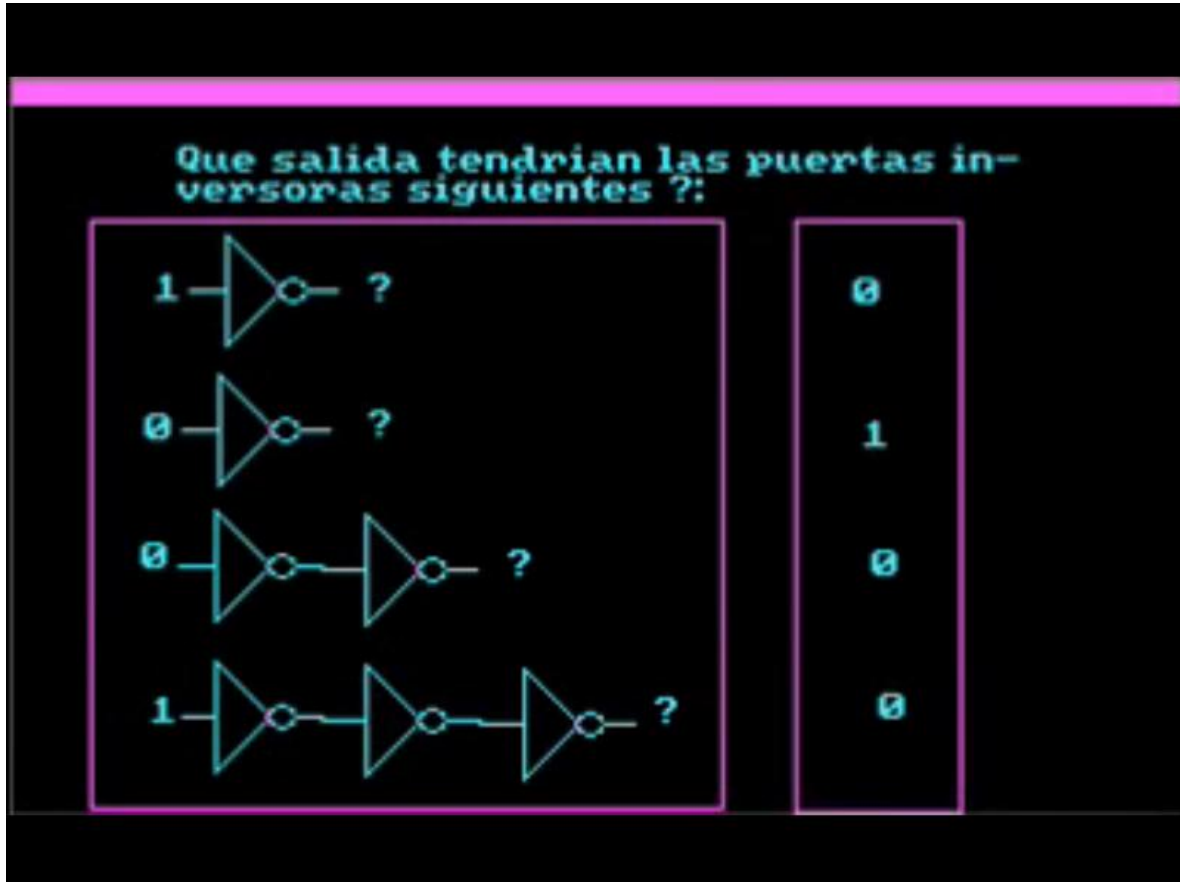
1100111110001110<sub>(2)</sub>

**Ejercicio del tema: Conversiones entre sistemas de numeración**

Realizar las siguientes conversiones:

- 1) 168<sub>(10)</sub> a Binario, Octal y Hexadecimal.
- 2) 1101011100010<sub>(2)</sub> a Decimal, Octal y Hexadecimal.
- 3) 4894<sub>(8)</sub> a Decimal, Binario y Hexadecimal.
- 4) 9E3A2<sub>(16)</sub> a Decimal, Binario y Octal.

## 7. COMPUERTAS LÓGICAS



<http://www.youtube.com/watch?v=8uZ4KU7pAus>

### OBJETIVO GENERAL

Identificar y comprender el funcionamiento de cada una de las compuertas lógicas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer las distintas compuertas lógicas y sus respectivas tablas de verdad.

- ◆ Aprender a dibujar diagramas lógicos utilizando las compuertas.
- ◆ Determinar la aplicabilidad de las compuertas lógicas.

### Prueba Inicial

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

1) Cuando la entrada de una compuerta NOT es 1, la salida es:

- a) 1
- b) 2
- c) 0
- d) Verdadera.

2) La compuerta NEXOR posee:

- a) Mínimo dos entradas.
- b) Sólo dos entradas.
- c) Máximo tres entradas.
- d) Una sola entrada.

3) La salida de una compuerta NOR ES 1 cuando:

- a) Todas las entradas sean 0.
- b) Mínimo una de las entradas sea 0.
- c) Todas las entradas sean 1.
- d) Las entradas sean iguales.

4) La salida de una compuerta AND con entradas A, B, C está en 1 cuando:

- a)  $A = 0, B = 0, C = 0$
- b)  $A = 0, B = 1, C = 0$
- c)  $A = 1, B = 1, C = 0$
- d)  $A = 1, B = 1, C = 1$

5) La salida de una compuerta OR con entradas A, B, C está en 0 cuando:

- a)  $A = 0, B = 0, C = 0$
- b)  $A = 0, B = 1, C = 0$
- c)  $A = 1, B = 1, C = 0$
- d)  $A = 1, B = 1, C = 1$

## 7.1. Compuertas lógicas básicas

### 7.1.1. Operaciones Booleanas y Compuertas Básicas

Las compuertas lógicas son funciones básicas de los sistemas electrónicos digitales; trabajan con números binarios.

Las compuertas lógicas básicas son:

#### **Compuerta YES (Si)**

Maneja una sola entrada.

#### **Funcionamiento.**

La salida es igual a la entrada.

**Símbolo y tabla de estados.** ([http://www.unicrom.com/dig\\_tabla\\_verdad.asp](http://www.unicrom.com/dig_tabla_verdad.asp))



ENTRADA	SALIDA
A	Z
0	0
1	1

Donde:

A: Entrada.

Z: Salida.

Expresión lógica

$Z = A$

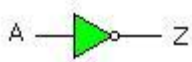
#### **Compuerta NOT (Inversora, negación)**

Maneja una sola entrada.

#### **Funcionamiento.**

La salida es la negación de la entrada.

**Símbolo y tabla de estados.**



ENTRADA	SALIDA
A	Z
0	1
1	0

Donde:

A: Entrada.

Z: Salida.

### Expresión lógica

$$Z = \bar{A}$$

### Compuerta AND (Y, Producto lógico)

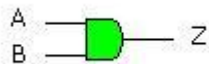
Maneja mínimo dos entradas.

### Funcionamiento.

La salida es 1 cuando todas las entradas sean 1.

### Símbolo y tabla de estados.

Para dos entradas se tiene



ENTRADAS		SALIDA
A	B	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Donde:

A, B: Entradas.

Z: Salida.

Expresión lógica

$$Z = A.B$$

### **Compuerta NAND (Negación de la AND)**

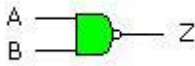
Maneja mínimo dos entradas.

#### **Funcionamiento.**

La salida es 1 cuando al menos una de las entradas sea 0.

#### **Símbolo y tabla de estados.**

Para dos entradas se tiene:



ENTRADAS		SALIDA
A	B	Z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Donde:

A, B: Entradas.

Z: Salida.

#### **Expresión lógica**

$$Z = \overline{AB}$$

### **Compuerta OR (O, Suma lógica)**

Maneja mínimo dos entradas.

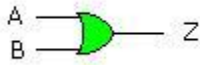
#### **Funcionamiento.**

La salida es 1 cuando al menos una de las entradas sea 1.



**Símbolo y tabla de estados.**

Para dos entradas se tiene:



ENTRADAS		SALIDA
A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Donde:

A, B: Entradas.

Z: Salida.

**Expresión lógica**

$$Z = A + B$$

**Compuerta NOR ( Negación de la OR )**

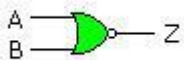
Maneja mínimo dos entradas.

**Funcionamiento.**

La salida es 1 cuando todas las entradas sean 0.

**Símbolo y tabla de estados.**

Para dos entradas se tiene:



ENTRADAS		SALIDA
A	B	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Donde:

A, B: Entradas.

Z: Salida.

### **Expresión lógica**

$$Z = \overline{A + B}$$

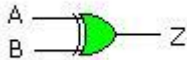
### **Compuerta EXOR (Or Exclusiva)**

Maneja sólo dos entradas.

Funcionamiento.

La salida es 1 cuando las entradas sean diferentes.

Símbolo y tabla de estados.



ENTRADAS		SALIDA
A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Donde:

A, B: Entradas.

Z: Salida.

Expresión lógica

$$Z = A \oplus B$$

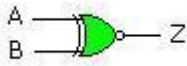
### **Compuerta NEXOR (Negación de la Or Exclusiva)**

Maneja sólo dos entradas.

**Funcionamiento.**

La salida es 1 cuando las entradas sean iguales.

Símbolo y tabla de estados.



ENTRADAS		SALIDA
A	B	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Donde:

A, B: Entradas.

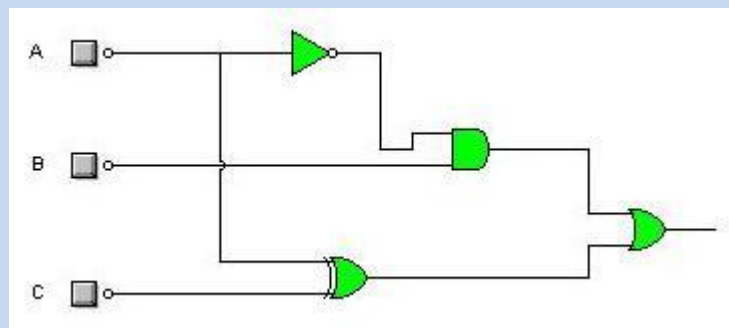
Z: Salida.

Expresión lógica

$$Z = \overline{A \oplus B}$$

### Ejercicio del tema: Compuertas lógicas básicas.

Hallar la tabla de estados para el siguiente diagrama con compuertas:



## 7.2. Aplicaciones

Se pueden diseñar y construir muchos tipos de circuitos con el solo hecho de combinar las compuertas lógicas básicas. Veamos algunos ejemplos.

### Ejemplos

#### **Compuerta YES**

“Este circuito se utiliza para amplificación de la señal. Por ejemplo, un separador que utiliza 5 v para el binario 1, producirá una salida de 5 v cuando la entrada es 5 v. Sin embargo, la corriente producida a la salida es muy superior a la corriente suministrada a la entrada de la misma. De ésta manera, un separador puede excitar muchas otras compuertas que requieren una cantidad mayor de corriente que de otra manera no se encontraría en la pequeña cantidad de corriente aplicada a la entrada del separador.” (<http://michaeljoel1.blogspot.com/2010/07/compuertas-logicas.html>)

Oscilador con compuertas NOT y capacitor.

Alarma con compuertas NAND.

Circuito que genera el complemento a 1 utilizando compuertas NOT.

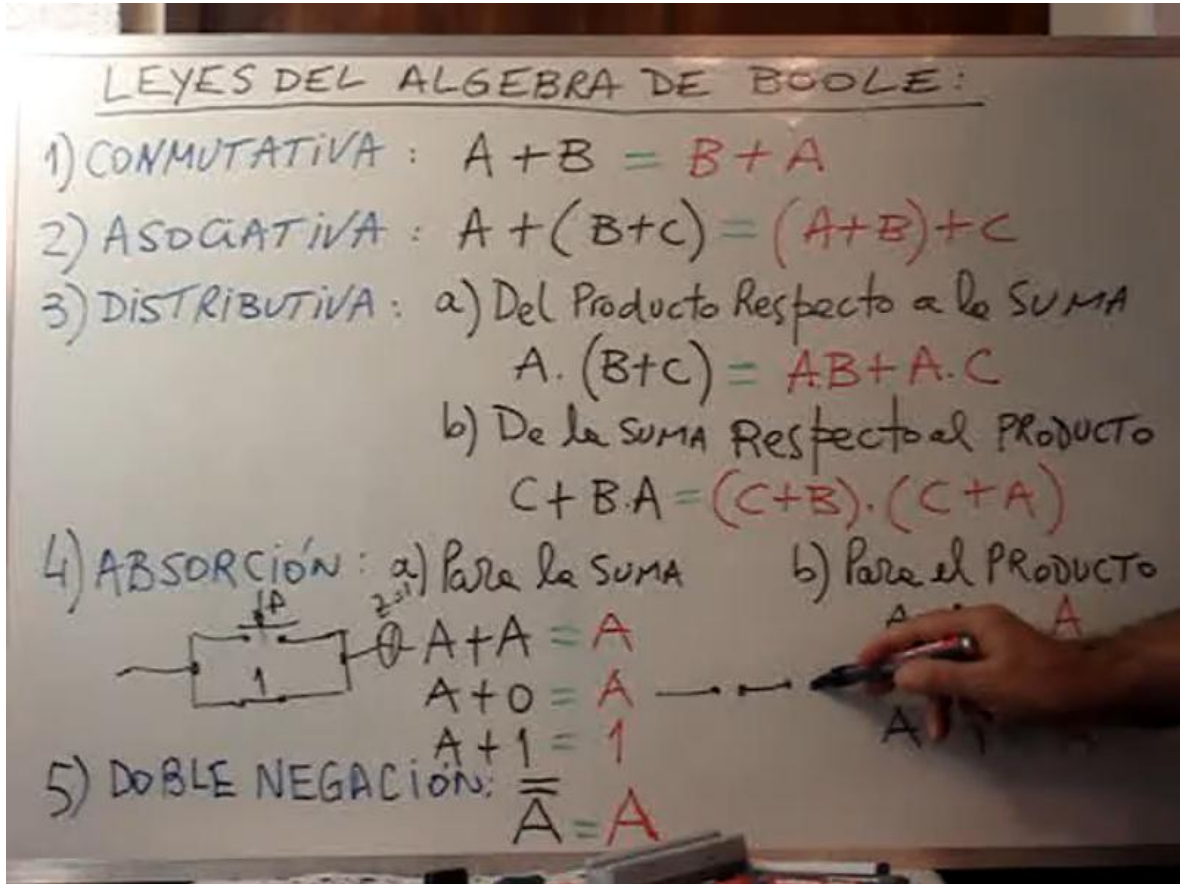
Compuerta AND como un dispositivo de activación / inhibición.

Circuito detector de intrusos con compuerta OR.

#### Ejercicio del tema: Aplicaciones.

Investigar cómo se implementa una alarma con compuertas NAND.

## 8. SIMPLIFICACIÓN DE EXPRESIONES LÓGICAS



<http://www.youtube.com/watch?v=IAuaPcLpOvQ>

<http://www.youtube.com/watch?v=DwdyHY3-nGs>

### OBJETIVO GENERAL

Entender los diferentes métodos de simplificación de expresiones lógicas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Aplicar las leyes del Algebra de Boole en la simplificación de expresiones lógicas.
- ◆ Minimizar una expresión booleana aplicando Mapas de Karnaugh.

## Prueba Inicial

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

**1)** El complemento de una variable siempre es:

- a) 1
- b) Igual a la variable.
- c) 0
- d) El inverso de la variable.

**2)** Un mapa de Karnaugh de 4 variables tiene:

- a) 8 celdas.
- b) 32 celdas.
- c) 16 celdas.
- d) 4 celdas.

**3)** De acuerdo con la ley conmutativa de la suma:

- a)  $A.B = B.A$
- b)  $A = A + A$
- c)  $A + B = B + A$
- d)  $A + (B + C) = (A + B) + C$

**4)** Un mapa de Karnaugh es:

- a) Un teorema.
- b) Una ley.
- c) Un método gráfico para simplificar expresiones lógicas.
- d) Un juego de compuertas lógicas.

**5)** ¿Cuál de las siguientes no es una regla válida del Algebra Booleana?:

- a)  $A + 1 = 1$
- b)  $A + 0 = A$
- c)  $A.A = A$
- d)  $0 = 1$

## 8.1. Algebra de Boole

Son las Matemáticas de los Sistemas digitales.

Al igual que en otras áreas de las Matemáticas, existen en el Algebra de Boole ([http://www.dma.eui.upm.es/historia\\_informatica/Doc/Personajes/GeorgeBoole.htm](http://www.dma.eui.upm.es/historia_informatica/Doc/Personajes/GeorgeBoole.htm)) una serie de leyes y reglas.

### 8.1.1. Propiedades de las Operaciones Booleanas

Las operaciones booleanas están se enfocan en tres propiedades:

- ◆ Conmutativa.
- ◆ Asociativa.
- ◆ Distributiva.

#### Ley conmutativa de la suma.

$$X + Y = Y + X$$

El orden de las entradas en una compuerta OR no importa.

#### Ley conmutativa del producto.

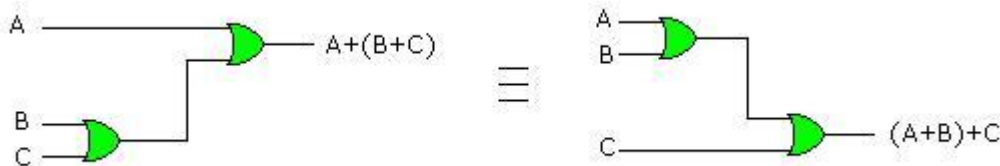
$$X \cdot Y = Y \cdot X$$

El orden de las entradas en una compuerta AND no importa.

#### Leyes asociativas.

##### Ley asociativa de la suma.

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$



Ley asociativa de la suma

### Ley asociativa del producto.

$$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

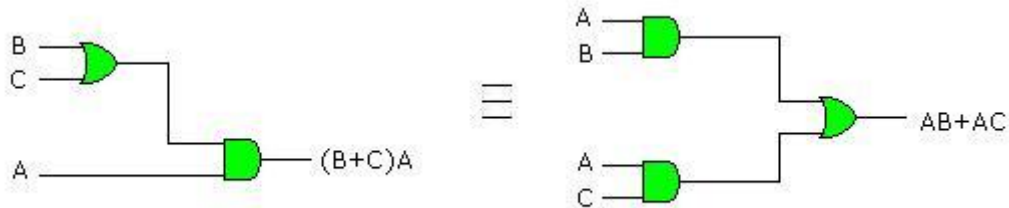


Ley asociativa del producto

### Ley distributiva.

Se distribuye la(s) variable(s) que multiplica(n) a los elementos que hay dentro del paréntesis.

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$



Ley distributiva.

#### 8.1.1.1 Teoremas Booleanos

Los teoremas booleanos son reglas que permiten simplificar funciones lógicas complejas.

Algunos son:

$$A + 0 = A$$

$$A + 1 = 1$$

$$A + A = A$$

$$A + \bar{A} = 1$$

$$A \cdot 0 = 0$$

$$A \cdot 1 = A$$

$$A \cdot A = A$$



$$A \cdot \bar{A} = 0$$

$$\bar{\bar{A}} = A$$

$$A + AB = A$$

$$A + \bar{A}B = A + B$$

$$(A + B)(A + C) = A + BC$$

### Ejemplos

Simplificar utilizando el Algebra de Boole.

$$a) Z = A(\bar{A} + AB)$$

$$Z = A.\bar{A} + A.A.B$$

$$Z = 0 + A.B$$

$$Z = AB$$

$$b) Z = (A + \bar{A})(A.B + A.B.\bar{C})$$

$$Z = 1(A.B + A.B.\bar{C})$$

$$Z = A.B + A.B.\bar{C}$$

$$Z = A.B$$

### Ejercicio del tema: Algebra de Boole.

Simplificar utilizando el Algebra de Boole.

$$a) Z = [A\bar{B}(C + BD) + \bar{A}\bar{B}]C$$

$$b) Z = AB + A(B + C) + B(B + C)$$

## 8.2. Mapas de Karnaugh

Un mapa de Karnaugh (<http://www.terra.es/personal2/equipos2/karnaugh.htm>) es la representación gráfica de una función lógica a partir de la tabla de verdad. El número de casillas del mapa es igual al número de combinaciones que se pueden obtener con las variables de entrada. Los mapas se pueden utilizar para 2, 3, 4 y 5 variables.

Si se aplica adecuadamente genera expresiones simples.

**Ejemplo.**

ENTRADAS			SALIDA
A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Para pasar de la tabla de estados a la función lógica primero se ubican las combinaciones en las cuales la salida es 1. Luego se procede a decodificar cada una de las combinaciones así: si la variable en la tabla de verdad es 1 se coloca normal pero si es 0 se coloca la variable negada. Al final todos los términos se unen por medio de Or (Suma lógica).

Para el ejemplo se obtiene:

$$Z = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}C + AB\bar{C} + ABC$$

Ahora pasamos a implementar el mapa de Karnaugh correspondiente a tres variables.

El mapa tiene  $2^n$  casillas; es decir 8.

	C	0	1
AB			
00	0	1	1
01	2	3	
11	6	1	1
10	4	1	1

En el mapa de Karnaugh se coloca 1 en las casillas que corresponden a las combinaciones en las cuales la función es 1 en la tabla de estados.

Luego se procede a generar grupos de "1"s. Cada agrupación debe contener 1, 2, 4, 8 ó 16 unos.

Los unos que se agrupan deben ser adyacentes (no en diagonal).

Entre más unos se agrupan más se simplifica la función original.

En el ejemplo se ve la posibilidad de generar dos agrupaciones. Se puede compartir unos en más de una agrupación ya que son agrupaciones diferentes (No hay unos redundantes).

	C	0	1
AB			
00	0	1	1
01	2		3
11	6	1	1
10	4	1	1

La expresión simplificada se determina de la siguiente forma:

De cada agrupación sale un término el cual está conformado por las variables que no cambian para todos los unos de la agrupación. Las variables que cambian se desechan.

La(s) variable(s) que no cambian se escriben normal si valen 1 o negada si valen 0.

Finalmente se unen los términos por medio de Or (Suma lógica)

Para el ejemplo se obtiene:

$$Z = \overline{B} + A$$

**Ejercicio del tema: Mapas de Karnaugh.**

Utilizar Mapas de Karnaugh para simplificar:

a)  $Z = ABC + A\bar{B}C + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + A\bar{B}\bar{C}$

b)  $Z = ABCD + A\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}D + A\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}BC\bar{D}$   
 $+ \bar{A}BCD + A\bar{B}CD + AB\bar{C}D + ABC\bar{D}$

## 9. CIRCUITOS COMBINACIONALES Y SECUENCIALES



<http://www.youtube.com/watch?v=GwNzvRcSKNI>

### OBJETIVO GENERAL

Conocer diferentes tipos de circuitos lógicos combinacionales y secuenciales.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Entender el funcionamiento de dispositivos como: Contadores, multiplexores, De multiplexores codificadores, decodificadores, flip flops.
- ◆ Comprender el concepto de lógica combinacional.
- ◆ Comprender el concepto de lógica secuencial.
- ◆ Conocer la importancia del circuito integrado 555.

## Prueba Inicial

Escoger la opción correcta para cada uno de los siguientes enunciados:

**1)** Los selectores de datos son lo mismo que los:

- a) Decodificadores.
- b) Contadores.
- c) Multiplexores.
- d) Flip Flops.

**2)** Un codificador tiene:

- a) n entradas y  $2^n$  salidas.
- b)  $2^n$  entradas y n salidas.
- c)  $2^n$  entradas y n salidas.
- d) n entradas y  $2^n$  salidas.

**3)** Un circuito combinacional es aquel que:

- a) Almacena información.
- b) Está formado por flip flops.
- c) Está formado por compuertas lógicas.
- d) Borra información

**4)** Un demultiplexor tiene:

- a) Una entrada de datos, varias salidas de datos y entradas de selección.
- b) Varias entradas de datos, varias salidas de datos y entradas de selección.
- c) Una entrada de datos, una salida de datos y una entrada de selección.
- d) Varias entradas de datos, una salida de datos y entradas de selección.

**5)** Al conectar varios flip flops entre sí se logra un:

- a) Codificador.
- b) Contador.
- c) Multiplexor.
- d) Decodificador.

## 9.1. Generalidades

### 9.1.1. Circuito combinacional

Es aquel que está formado por compuertas lógicas básicas tales como: And, Or, Nand, Nor, etc.

Como ejemplos de circuitos combinacionales

([http://www.unicrom.com/Dig\\_Combin\\_Secuenc.asp](http://www.unicrom.com/Dig_Combin_Secuenc.asp)) se tienen: los codificadores, decodificadores, multiplexores, demultiplexores, etc.

#### 9.1.1.1 Circuito secuencial.

Es aquel que maneja el concepto de memoria. La salida depende de la actualización de sus entradas.

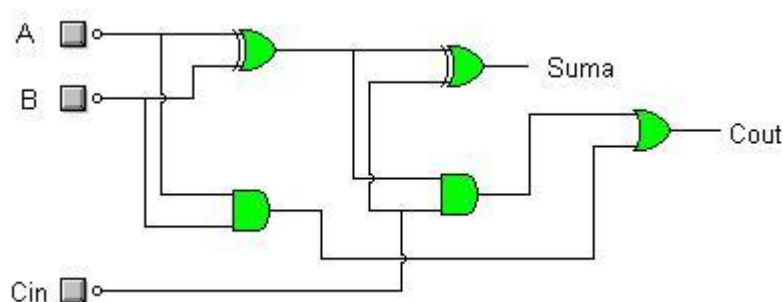
Como ejemplos de circuitos secuenciales ([http://www.unicrom.com/Dig\\_Circuito\\_Secuencial.asp](http://www.unicrom.com/Dig_Circuito_Secuencial.asp)) se tienen: Los flip flops, contadores, etc.

#### Ejercicio del tema: Generalidades.

Enunciar tres ejemplos de circuitos combinacionales y tres ejemplos de circuitos secuenciales.

## 9.2. Sumador binario

Observar el siguiente circuito con su tabla de verdad:



ENTRADAS			SALIDAS	
A	B	Cin	Cout	Suma
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

Donde:

Cin = acarreo de entrada.

**Cout** = acarreo de salida.

**Ejercicio del tema: Sumador binario.**

Explicar el funcionamiento del sumador binario.

### 9.2.1. Decodificadores

Un decodificador (<http://www.angelfire.com/al2/Comunicaciones/Laboratorio/decodifi.html>) es un circuito combinacional, cuyo funcionamiento es el siguiente:

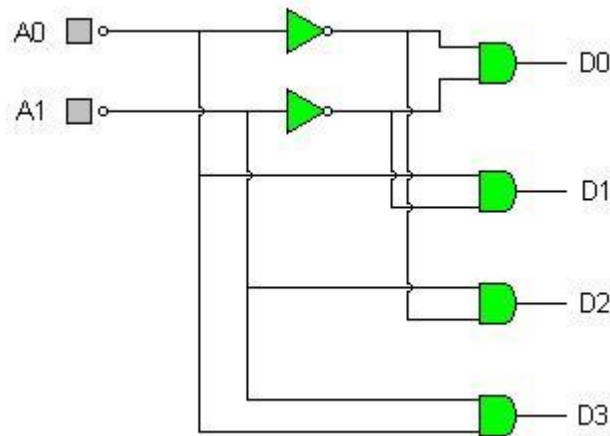
Dado el código binario en la entrada se activa (Coloca en uno) la salida correspondiente a dicho código.

Posee  $n$  entradas y  $2^n$  salidas.

Un ejemplo de aplicación se da con el manejo de los diferentes periféricos del computador.



**Ejemplo.**



ENTRADAS		SALIDAS			
$A_1$	$A_0$	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0

**Ejercicio del tema: Decodificadores.**

Explicar el funcionamiento de un decodificador de 4 entradas y 16 salidas.

### 9.3. Codificador

Un codificador (es un circuito combinacional, cuyo funcionamiento es el siguiente:

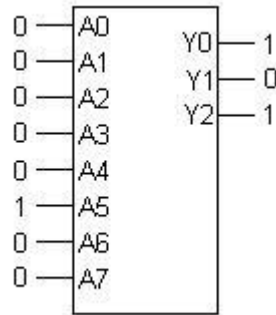
Se obtiene en la salida el código binario correspondiente a la entrada que se activa.(Colocada en uno)

Posee  $2^n$  entradas y n salidas.

Existen dos tipos de codificadores: codificadores sin prioridad y codificadores con prioridad.

Los codificadores con prioridad generan el código binario de la entrada activa más alta (Valor decimal)

**Ejemplo.**



#### **Ejercicio del tema: Codificadores**

Explicar el funcionamiento de un codificador sin prioridad.

### **9.4. Multiplexores**

El multiplexor (MUX) es un circuito combinacional que permite seleccionar de las entradas (mediante selectores) cuál de ellas pasará a la salida.

Al multiplexor también se le llama selector de datos.

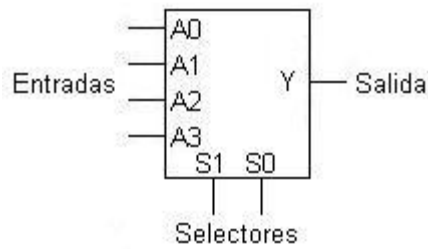
Posee  $2^n$  entradas y una salida.

La cantidad de selectores está dada por  $n$  donde:

Número de entradas =  $2^n$ .

**Ejemplo:**

Para un multiplexor de 4 entradas,  $n = 2$  selectores



### **Ejercicio del tema: Multiplexores**

Explicar el funcionamiento de un multiplexor de 8 entradas.

## **9.5. Demultiplexores**

Un demultiplexor es un circuito combinacional.

Permite seleccionar a cuales de las salidas (mediante selectores) pasará la entrada.

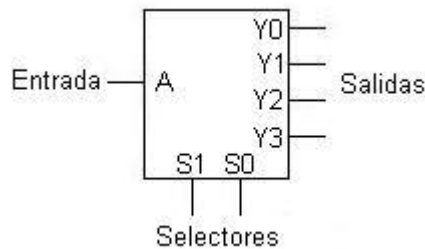
Posee una entrada y  $2^n$  salidas.

Al demultiplexor también se le llama distribuidor de datos.

La cantidad de selectores está dada por n donde:

Número de salidas =  $2^n$ .

Ejemplo.



### **Ejercicio del tema: Demultiplexores**

Explicar el funcionamiento de un demultiplexor con 16 salidas.

## 9.6. Temporizador IC-555

Es un circuito integrado ([http://enciclopedia.us.es/index.php/Circuito\\_integrado](http://enciclopedia.us.es/index.php/Circuito_integrado)) (C.I.) muy utilizado en la implementación de muchos circuitos electrónicos.



Se utiliza como:

- ◆ Multivibrador estable.
- ◆ Multivibrador monoestable.
- ◆ Generador de señal de reloj.

### Ejercicio del tema: Temporizador IC-555

Explicar el funcionamiento del C.I 555 como:

- a) Monoestable.
- b) Astable.

## 9.7. Flip-Flops

Un flip flop es un circuito secuencial que está conformado por compuertas lógicas. Es un dispositivo de memoria.

Son elementos biestables síncronos, ya que la salida varía de estado únicamente cuando la señal de control llamada reloj (Clock, CLK) lo indica.

Existen cuatro tipos de flip flops:

Flip flop SR.

Flip flop JK. (<http://www.ifent.org/lecciones/digitales/secuenciales/OtrosFF.asp>)

Flip flop D.

Flip flop T.

**Ejercicio del tema: Flip-Flops**

Explicar el funcionamiento de los diferentes tipos de flip flops.

## 9.8. Contadores

Son circuitos secuenciales. Se construyen al conectar los flip flops en cascada.

Dependiendo del modo en que se aplique la señal de reloj, los contadores se clasifican en:

Asíncronos ([http://medusa.unimet.edu.ve/sistemas/bpis03/contadores\\_asincronos.htm](http://medusa.unimet.edu.ve/sistemas/bpis03/contadores_asincronos.htm)) y síncronos.

**Ejercicio del tema: Contadores**

Investigar el circuito de un contador decadal ascendente.

## 10. PISTAS DE APRENDIZAJE

**Traer a la memoria** El exceso de electrones genera la carga negativa y la deficiencia de los mismos genera la carga positiva.

**No olvide** que para medir la corriente eléctrica se debe conectar en serie el amperímetro con el elemento a medir.

**Tener en cuenta** Para medir el voltaje se debe conectar en paralelo el voltímetro con el elemento a medir.

**Tener en cuenta** Para trabajar con la ley de corrientes de Kirchoff se debe asumir que las corrientes que entran a un nodo son positivas; por lo tanto las corrientes que salen del nodo son negativas. La suposición se puede dar en el sentido contrario.

**Tener en cuenta** que al trabajar con condensadores electrolíticos estos tienen polaridad.

**No olvide** que en el sistema hexadecimal los números del 10 al 15 se representan por las letras de la A a la F.

**Traer a la memoria** Las compuertas lógicas Exor y Nexor sólo poseen dos entradas.

**Traer a la memoria** En los mapas de Karnaugh al agrupar la mayor cantidad de unos posibles se obtiene la expresión lógica más simplificada.

**No olvide** La conexión de flip flops permite construir contadores digitales.

## 11. GLOSARIO

**Multímetro.** Aparato que permite medir entre otras variables: voltaje, corriente y Resistencia eléctrica.

**Valor rms.** “Es el valor equivalente de una fuente de continua que produciría la misma Cantidad de calor o potencia sobre el ciclo completo de una señal Dependiente del tiempo.” (Malvino, 2000, p.1091)

**Expresión lógica.** Expresión matemática que se utiliza en los circuitos digitales.

**Exor.** Compuerta lógica cuyo nombre proviene de Or exclusiva. Tanto la tabla de la Or Como la de la Exor difieren sólo en la combinación 11.

**Electrón libre.** “Aquel que solo está débilmente sujeto por un átomo. Conocido también Como electrón de la banda de conducción debido a que describe una Gran órbita equivalente a un nivel de alta energía.” (Malvino, 2000, p.1083)

**Circuito integrado.** Chip. Circuito fijo que está compuesto por resistores, Capacitores, transistores y otros elementos semiconductores.

**Lógica.** “En la Electrónica digital, la capacidad de los circuitos de puertas de tomar decisiones, en los que un nivel alto representa una proposición verdadera y un nivel bajo representa una proposición falsa.” (Floyd, 1997, p.GL-5)

**Electrónica.** Es el área de la ciencia que se encarga de la manipulación, Transformación y control de los electrones para un fin determinado.

**Símbolo.** Representación gráfica de un elemento eléctrico o electrónico.

**Digital.** “Relacionado con los dígitos o con cantidades discretas; que posee un conjunto de valores discretos, en oposición a tener valores continuos.” (Floyd, 1997, p.GL-3)

## 12. BIBLIOGRAFÍA

Malvino, A. (2000). Principios de Electrónica. (6ta Ed.). Aravaca, Madrid, España.: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.

Floyd, T.L. (1997). Fundamentos de Sistemas Digitales. (6ta Ed.). Madrid, España.: Prentice Hall.

Rojas W. (1994). Curso básico de Electrónica aplicada. Volumen (1,2,3). Pereira, Colombia.:Cekit.