SENATI

Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial

Mecatrónica Industrial



Mediciones Eléctricas

Código: 89001453

Nivel Técnico Medio

INTRODUCCIÓN

Este manual, denominado MEDICIONES ELÉCTRICAS, comprende las prácticas de laboratorio y la información tecnológica necesaria para el correcto entendimiento y desarrollo del curso del mismo nombre, inmerso dentro de la currícula del nivel técnico industrial.

Como este curso constituye, para los estudiantes, su primer contacto con el mundo eléctrico – electrónico, se ha tratado de sentar las bases para las “buenas prácticas”, tales como el uso correcto de los instrumentos de medición electrónicos, aplicación de los fundamentos matemáticos necesarios y el uso frecuente de los datasheet de los dispositivos electrónicos.

En la actualidad, con el avance tecnológico en la mejora de los dispositivos electrónicos tanto en su rapidez de respuesta, como en sus consideraciones de potencia y el abaratamiento de los costos de producción masiva; diariamente salen al mercado dispositivos cada vez mejores, por lo que se debe estimular al estudiante para que se habitúe a su correcta lectura e interpretación de la información técnica, proporcionada por el fabricante, en los datasheets.

Conforme lo indica el programa, los temas van avanzando de lo simple a lo complejo en una secuencia lógica, dándole al estudiante un sentido de dirección y al incentivarlo al montaje de los circuitos, aquí presentados, enriquece su autoconfianza.

Al efectuar el montaje de los circuitos adquiere habilidad manipulativa, por lo que debe efectuar todas las mediciones solicitadas, discutir las discrepancias entre los valores medidos y calculados y anticiparse a los resultados.

ÍNDICE

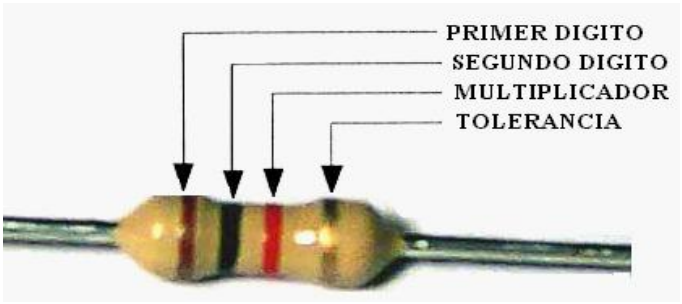
HOJA	CONTENIDO	PAG
HT01	Identificar el valor de una resistencia	005
HO01	Interpretar el código de colores	006
HIT01	Resistencia	007
HO02	Medir resistencias usando el ohmímetro	010
HO03	Montar circuito resistivo serie	011
HIT02	Resistencias conectadas en serie	012
HO04	Montar circuito resistivo en paralelo	013
HIT04	Resistencias conectadas en paralelo	014
HO05	Montar circuito resistivo en serie-paralelo	016
HIT05	Resistencias conectadas en serie-paralelo	017
HE01	Resistencias	019
HT02	Comprobar las leyes de Kirchhoff	020
HO06	Programar fuente de alimentación programable	021
HIT06	La fuente de alimentación programable	022
HO07	Medir voltaje promedio usando voltímetro DC	023
HIT07	Procedimiento para medir tensión continua usando multímetro digital	024
HO08	Verificar la ley de las tensiones de Kirchhoff	027
HIT08	La ley de las tensiones de Kirchhoff	028
HO09	Medir corriente promedio usando el amperímetro DC	030
HO10	Verificar la ley de las corrientes de Kirchhoff	032
HO11	Verificar el divisor de corriente	033
HIT09	La ley de las corrientes de Kirchhoff	034
HE02	La ley de Ohm	037
HT03	Aplicar leyes y teoremas en la solución de circuitos eléctricos	039
HO12	Aplicar el método de las mallas en la solución de circuitos eléctricos	040
HIT10	Método de las mallas en la solución de circuitos eléctricos resistivos	043
HO13	Aplicar el teorema de Thevenin en la solución de circuitos eléctricos	047
HIT11	El teorema de Thevenin	049
HO14	Aplicar el teorema de Norton en la solución de circuitos eléctricos	051
HIT12	El teorema de Norton	053
HO15	Verificar el puente de Wheatstone balanceado	056
HIT13	El puente de Wheatstone	057
HE03	Método de las mallas aplicado en la solución de circuitos eléctricos	058
HT04	Circuito RC y RL en serie en DC	060
HO16	Medir condensador usando el capacímetro	061
HO17	Medir voltaje pico a pico usando el osciloscopio digital	062
HO18	Medir tiempo usando el osciloscopio digital	064
HO19	Comprobar el comportamiento del circuito RC serie en DC	065
HIT14	La capacidad en DC	067

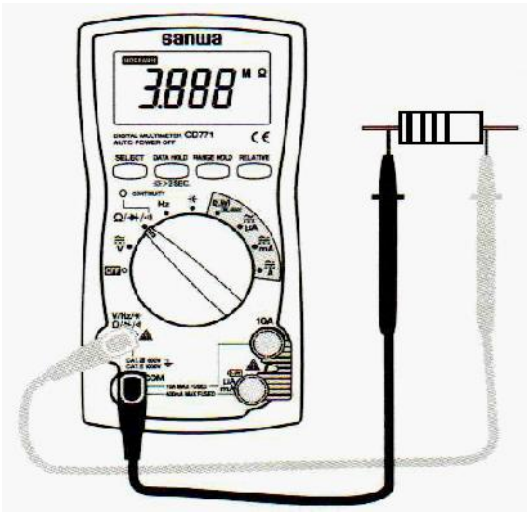
HOJA **CONTENIDO** PAG

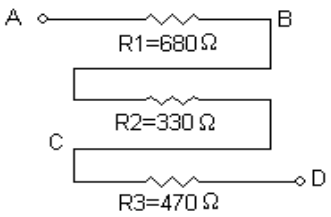
HO20	Montar circuito con relé DC	069
HO21	Comprobar el comportamiento de un circuito RL serie en DC	072
HIT16	El campo electromagnético y su aplicación en el relé	073
HE04	La capacidad en DC	076
HT05	Circuitos RC y RL serie en ca	078
HO22	Medir ángulo de desfasaje usando el osciloscopio digital	079
HO23	Comprobar el comportamiento del circuito RC serie en ca	080
HIT17	La onda alterna	081
HIT18	Redes serie en ca	082
HO24	Comprobar el comportamiento del circuito RL serie en ca	088
HIT19	Circuito RL serie	089
HE05	Redes serie en ca	092
HT06	Circuitos con diodos y transistores	096
HO25	Verificar la condición de un diodo semiconductor usando el multímetro	097
HIT20	El diodo semiconductor	098
HO26	Montar circuito rectificadores con diodos	102
HIT21	El rectificador de media onda	103
HO27	Montar circuito con diodo Zener	106
HO28	Montar circutio con diodo LED	106
HIT22	El diodo Zener	107
HIT23	El diodo emisor de luz	109
HO29	Montar circuito de aplicación del transistor BJT como interruptor	111
HIT24	El transistor BJT	112
HO30	Montar circuito de aplicación con transistor MOSFET	117
HIT25	El transistor de efecto de campo	119
HE06	Dispositivos electrónicos , el diodo semiconductor	124
HT07	Circuitos con SCR y TRIACS	128
HO31	Montar circuito de aplicación del SCR	129
HIT26	El rectificador de silicio controlado	131
HO32	Montar circuito de aplicación del TRIAC	139
HIT27	El TRIAC	141
HE07	El rectificador de silicio controlado (SCR)	146
HT08	Circuitos con circuitos integrados lineales y digitales	149
HO33	Montar circuito de aplicación de aislador óptico con	150
HIT28	El aislador óptico	151
HO34	Montar circuito de aplicación con el amplificador operacional	156
HIT29	El amplificador operacional	157
HO35	Montar circuito de aplicación con compuertas lógicas	165
HIT30	Compuertas lógicas	167
HE08	El aislador óptico	175

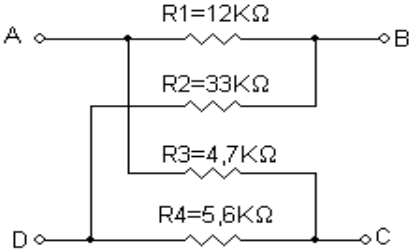
HOJA **CONTENIDO** PAG

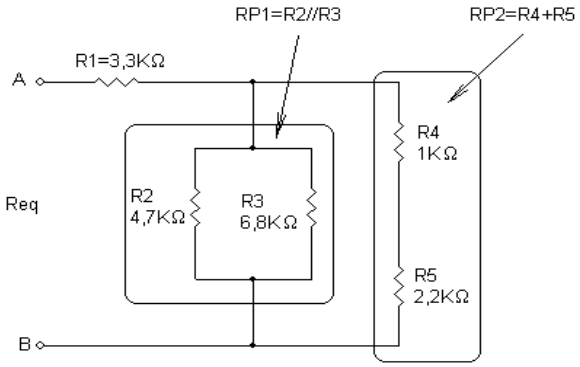
	Datasheet del diodo 1N4001 – 1N4007	101
	Datasheet del diodo Zener 1N4728 – 1N4764	108
	Datasheet del diodo LED CDLE-038-106	110
	Datasheet del transistor BJT BD135/137/139	114
	Datasheet del transistor MOSFET IRF840	122
	Datasheet del SCR BT151	137
	Datasheet del transistor UJT 2N2646	138
	Datasheet del TRIAC BT136	144
	Datasheet del aislador óptico 4N25 – 4N36	154
	Datasheet del amplificador operacional LM741	161
	Datasheet de la compuerta lógica SN74LS08	171
	Datasheet de la compuerta lógica SN74LS32	172
	Datasheet de la compuerta lógica SN74LS04	173
	Bibliografía consultada	176











N°	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Interpretar el código de colores	Multímetro digital
2	Medir resistencias usando el ohmímetro	Protoboard
3	Identificar el protoboard	Alicate de punta semiredonda de 4"
4	Montar circuito resistivo serie	Alicate de corte diagonal de 4"
5	Montar circuito resistivo paralelo	Destornillador plano de 6"x1/8"
6	Montar circuito resistivo serie-paralelo	Resistencias de diversos valores de 1/2 Wattio
		Alambre telefónico 2x22 AWG

SENATI	IDENTIFICAR EL VALOR DE UNA RESISTENCIA	HT:T1	
	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 4 horas	HOJA:1/1

HOJA DE OPERACIÓN 01.

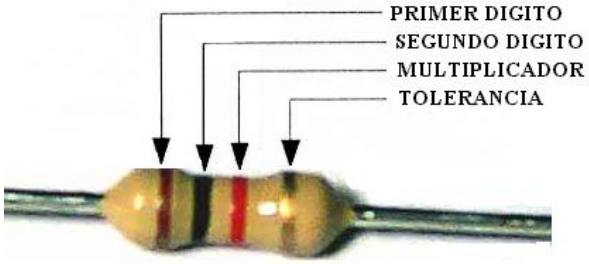
INTERPRETAR EL CÓDIGO DE COLORES.

El valor y la tolerancia de las resistencias o resistores empleados en electrónica viene indicado mediante un código de colores.

El código de colores para resistencias es un código reconocido internacionalmente, por lo tanto, es de suma importancia su interpretación y aplicación.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1.- Tome una resistencia y coloque, en la siguiente Tabla, los colores indicados. Luego interprete su valor haciendo uso del código de colores.



Nº	1º Banda	2º Banda	3º Banda	4º Banda	Valor indicado
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

2.- Realice el proceso inverso e indique en la Tabla mostrada a continuación, los colores que le corresponden a las siguientes resistencias.

	VALOR DE LA RESISTENCIA	1º BANDA	2º BANDA	3º BANDA	4º BANDA
1	1,5KΩ ± 5%				
2	6,8KΩ ± 10%				
3	0,56 Ω ± 2%				
4	3KΩ ± 5%				
5	1MΩ ± 5%				
6	2,2K ± 5%				
7	33K ± 10%				
8	470K ± 5%				
9	10M ± 10%				

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 01.

1.- RESISTENCIA.

Es la propiedad que tienen algunos materiales, de ofrecer oposición al paso de la corriente eléctrica y ello desprende calor.
El calor generado por la corriente que pasa por el elemento resistivo se emplea para efectuar una función útil como son los tostadores domésticos, planchas eléctricas o para generar divisores de tensión mediante caídas de tensión.
El elemento físico especialmente construido para ofrecer resistencia se denomina resistor.

2.- SÍMBOLO.

Tenemos la simbología Americana y la Europea.



3.- UNIDAD DE MEDIDA.

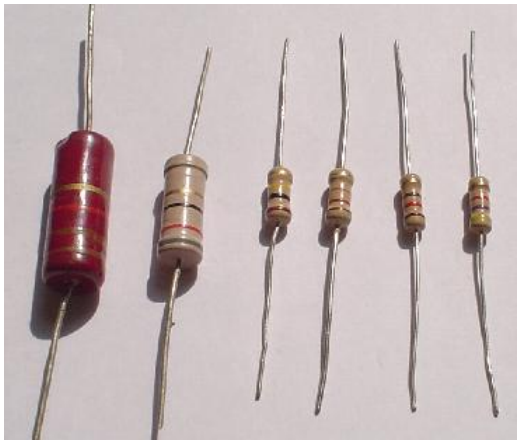
La unidad de medida de la resistencia es el **OHM** (**George Simón Ohm** físico alemán 1789-1854).y se representa por la letra griega omega (Ω).

4.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE UNA RESISTENCIA.

Una resistencia se especifica por su valor nominal y su potencia. Por ejemplo:

Una resistencia de 4 700 ohmios/ ½ Wattio

5.- CLASES DE RESISTENCIAS.



a.- **RESISTENCIAS DE CARBÓN.-** Vienen siendo usadas desde el inicio de la electrónica.
Su rango de valores está entre 2,7 ohmios a 22 Megaohmios y con tolerancias de 5% y 10%.
Su potencia está típicamente entre ¼ de Wattio a 2 wattios.
El tamaño relativo de la resistencia indica la potencia; en la figura observamos una resistencia de 2 Watios, uno de 1 Watio y 4 de ½ Watio

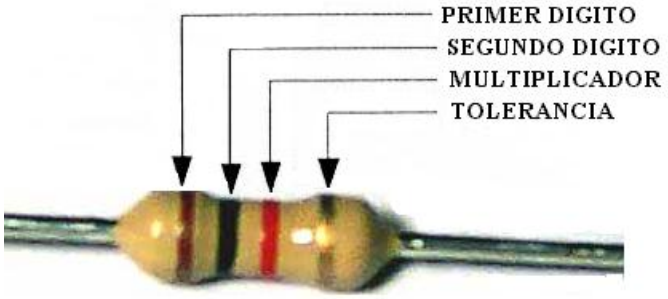


b.- **RESISTENCIAS DE ALAMBRE.-** Son construidas enrollando alambre de cobre-nickel o nickel-cromo. Su potencia típica está entre 1 Wattio hasta 200 Wattios. Su fabricación permite obtener valores muy precisos con tolerancias hasta de 0,1 %.
Su principal desventaja es que ellas son inherentemente inductivas y generalmente no

pueden ser usadas en aplicaciones de alta frecuencia.
En este tipo de resistencias, la potencia viene indicada en el cuerpo de la misma.

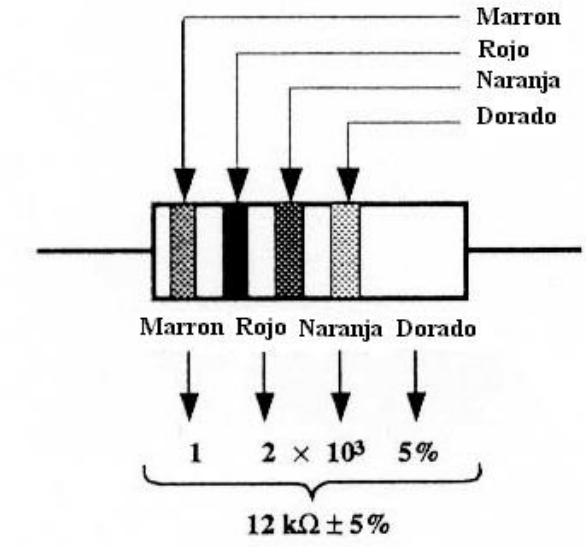
1.- CÓDIGO DE COLORES PARA RESISTENCIAS.

El código de colores para resistencias es un código reconocido internacionalmente para determinar el valor de una resistencia de carbón, las resistencias de propósito general tienen 4 bandas de colores y las resistencias de precisión tienen 5 bandas.
Las resistencias más comúnmente usadas en electrónica son las de 4 bandas. La primera banda es aquella que está más cerca de un extremo de la resistencia, de la siguiente manera:
A continuación veamos el código de colores para resistencias.



COLOR	CIFRAS SIGNIFICATIVAS	MULTIPLICADOR	TOLERANCIA
NEGRO	0	x 1	
MARRÓN	1	x 10	± 1 %
ROJO	2	x 10^2	± 2 %
NARANJA	3	x 10^3	
AMARILLO	4	x 10^4	
VERDE	5	x 10^5	± 0.5 %
AZUL	6	x 10^6	± 0.25 %
VIOLETA	7	x 10^7	± 0.1 %
GRIS	8	x 10^8	
BLANCO	9	x 10^9	
DORADO		x 0.1	± 5 %
PLATEADO		x 0.01	± 10 %

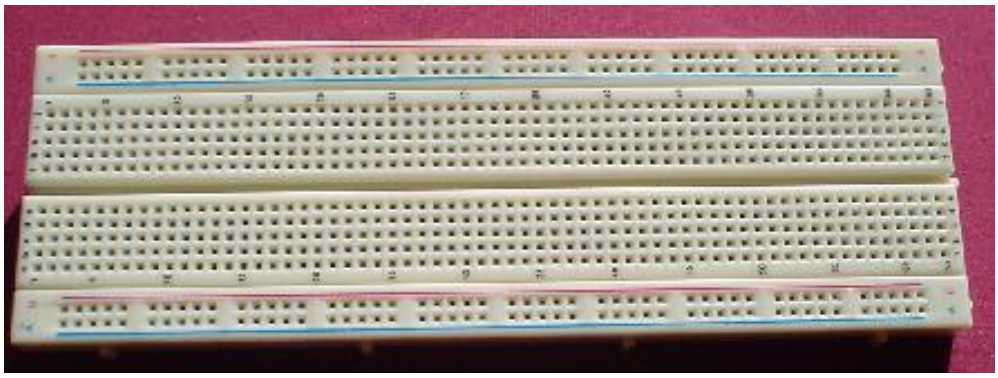
2.- LECTURA DE UNA RESISTENCIA DE 4 BANDAS.



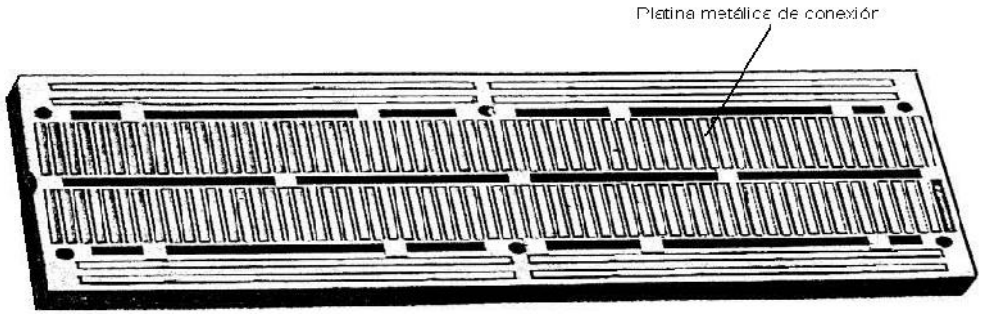
Veamos un ejemplo en resistencias de carbón de 4 bandas.
Su valor indicado es de 12K ohmios,
(12 000 ohms) 5% de tolerancia.

3.- EL PROTOBOARD.

El protoboard o tablero de experimentos para prototipos o modelos de circuitos, nos permite realizar el montaje de diversos dispositivos electrónicos sin usar soldadura. Además, la modificación de la circuitería es relativamente rápida y sencilla.
Veamos el aspecto frontal de un protoboard.



Se aprecian los agujeros por donde se colocan los terminales de los dispositivos electrónicos.



Aquí se observa el protoboard desde su cara inferior luego de retirarle su cubierta protectora.

Se aprecia las platinas de conexión metálicas que permiten el “cableado” de los dispositivos. Por ejemplo, en la parte superior, se observan dos hileras horizontales paralelas y durante el montaje se destina una de ella para la alimentación de la tensión positiva. y de modo similar, en la parte inferior, se observan otras dos hileras paralelas, las cuales, durante el montaje, se destinan para la alimentación del terminal negativo o tierra.

En la zona central, sin embargo, se observa que las platinas son pequeñas y permiten el conexionado en sentido vertical.

Debe remarcarse que el protoboard tiene limitado su uso a tensiones menores de 50 Voltios y a corrientes no mayores de 10 Amperios.

De igual modo no funcionará correctamente con circuitos montados que trabajen a una frecuencia mayor de 10 MHz.

El alambre utilizado para el conexionado debe ser calibre Nº 22 AWG.

HOJA DE OPERACIÓN 02. MEDIR RESISTENCIAS USANDO EL OHMÍMETRO.

Para medir resistencias usando el ohmímetro que se encuentra incorporado en el multímetro digital Sanwa mod CD771 se debe seguir el siguiente procedimiento:

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Conectar las puntas de prueba en los terminales de medición; la punta de color rojo debe ir en el borne indicado V/Hz/⊣⊢ Ω/⊣⊬/◦))



La punta de color negro deberá conectarla al punto denominado **COM.**

2.- Colocar el selector de función en la posición Ω/⊣⊬/◦)) .
En la pantalla LCD deberá aparecer lo siguiente:



3.- Proceder a medir la resistencia de la manera que indica el gráfico adjunto:

OBSERVACIÓN: Cuando se mide resistencia, ésta debe encontrarse sin tensión aplicada o desconectada del circuito.
De igual modo, no se debe tocar los terminales de metal de las puntas de prueba, para no alterar el resultado de la medición.

4.- Completar la siguiente Tabla empleando las resistencias que se le ha proporcionado.

Color de la primera banda	Color de la segunda banda	Color de la tercera banda	Color de la cuarta banda	Valor indicado	Valor medido

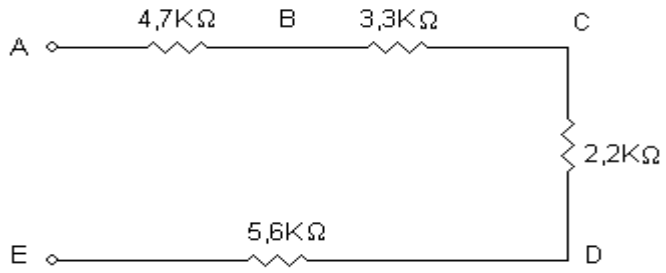
VALORES COMERCIALES DE LAS RESISTENCIAS DE CARBÓN							
± 10%	**± 5%**	**± 10%**	**± 5%**	**± 10%**	**± 5%**	**± 10%**	**± 5%**
1,0	1,0	1,8	1,8	3,3	3,3	5,6	5,6
	1,1		2,0		3,6		6,2
1,2	1,2	2,2	2,2	3,9	3,9	6,8	6,8
	1,3		2,4		4,3		7,5
1,5	1,5	2,7	2,7	4,7	4,7	8,2	8,2
	1,6		3,0		5,1		9,1

Es decir, existen resistencias de 1,0 , 1,2, 1,5 ohmios etc; 10, 12, 15 ohmios etc;100, 120, 150 ohmios etc; 1K, 1,2K, 1,5K ohmios etc; 10K, 12K, 15K ohmios etc al 10% de tolerancia. Similar analogía se efectúa para obtener las resistencias al 5% de tolerancia.

HOJA DE OPERACIÓN 03. MONTAR CIRCUITO RESISTIVO SERIE.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

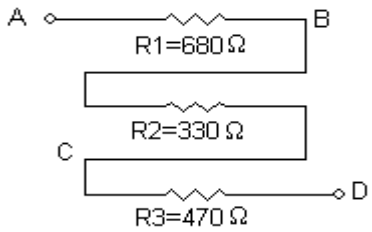
1.- Haciendo uso del protoboard montar el siguiente circuito serie.



2.- Recordar que en un circuito serie, la resistencia equivalente es igual a la suma de sus componentes.

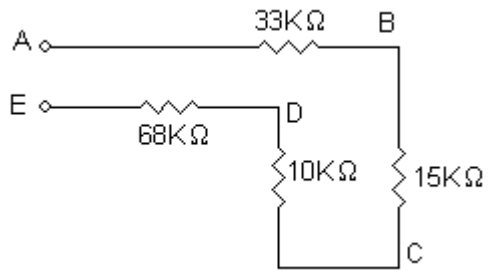
3.- Completar la siguiente Tabla:

RAC		RBD		RCE		RAE	
CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO



4.- Montar, a continuación, el siguiente circuito serie.
5.- Tener en mente que, la resistencia equivalente es igual a la suma de sus componentes.
6.- Completar la siguiente Tabla:

RAC		RBD		RAD		RBC	
CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO



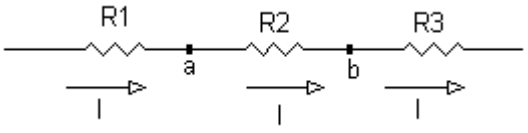
7.- Finalmente, en su protoboard, montar el siguiente circuito.
8.- En un circuito serie, la suma de sus componentes es igual a la resistencia equivalente
9.- Completar la siguiente Tabla:

RAC		RBD		RAD		RBC	
CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 02.

1.- RESISTENCIAS CONECTADAS EN SERIE.

Dos elementos se encuentran en serie si sólo cuentan con un terminal común, es decir, un terminal de un elemento se encuentra conectado solamente a un terminal del otro elemento. Por ejemplo, en el siguiente circuito:



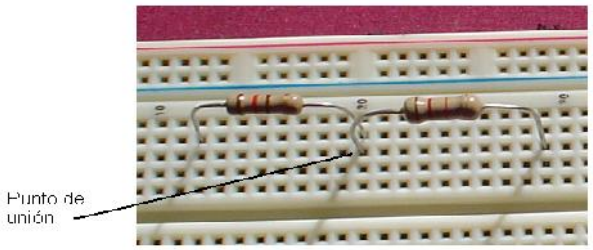
La resistencia R2 se encuentra en serie con la resistencia R3 porque ambas resistencias cuentan con el punto común “b”.

La característica del circuito serie es que la corriente que circula por él es la misma en cualquier punto del circuito, tal como la corriente I; es decir, existe un solo camino para la circulación de la corriente eléctrica.

A continuación vemos dos resistencias R1 y R2 conectadas en serie y representadas mediante su símbolo esquemático.



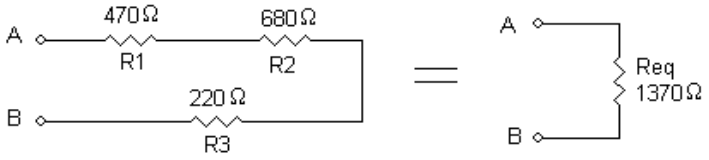
Asimismo, apreciamos cómo se conectan dichas resistencias en el protoboard. Otra vez, observe que ambas tienen un punto común de unión.



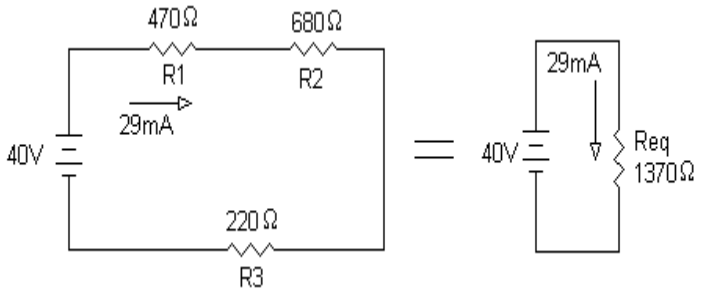
2.- RESISTENCIA EQUIVALENTE.

Un conjunto de resistencias conectadas en serie puede ser reemplazado por una resistencia equivalente, cuyo valor es igual a la suma de sus componentes.

Por ejemplo, en el siguiente circuito de tres resistencias conectadas en serie.

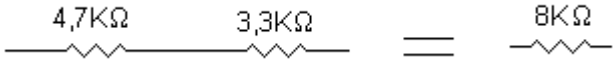


$$\text{Re}\,quivalente = RT = R1 + R2 + R3 = 470\Omega + 680\Omega + 220\Omega = 1370\Omega$$



Si se conecta una fuente de tensión a ambos circuitos, la corriente que circula por ellos, es la misma, (29mA) independientemente de la configuración y topologia del circuito.

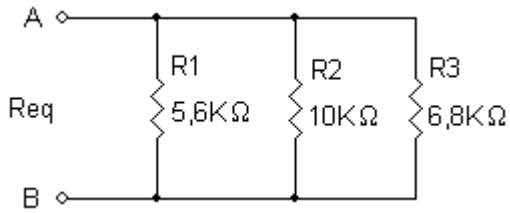
Una aplicación del circuito serie es cuando se desea obtener una resistencia de un valor diferente a los valores comerciales de resistencias, por ejemplo, se desea una resistencia de 8KΩ, los valores comerciales mas cercanos son 6,8KΩ y 8,2KΩ; sin embargo podemos emplear una resistencia de 4,7KΩ en serie con otra de 3,3KΩ y así se obtiene 8KΩ.



HOJA DE OPERACIÓN 04. MONTAR CIRCUITO RESISTIVO EN PARALELO.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Haciendo uso del protoboard montar el siguiente circuito serie.

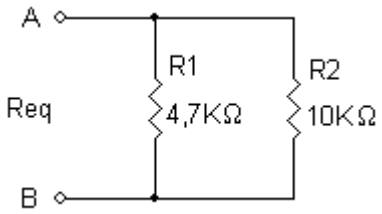


2.- Recordar que en un circuito resistivo en paralelo, la resistencia equivalente es igual a la inversa de la suma de sus inversas.

3.- Completar la siguiente Tabla:

R1		R2		R3		Req	
INDICADO	MEDIDO	INDICADO	MEDIDO	INDICADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO

4.-Montar, a continuación, el siguiente circuito resistivo paralelo.

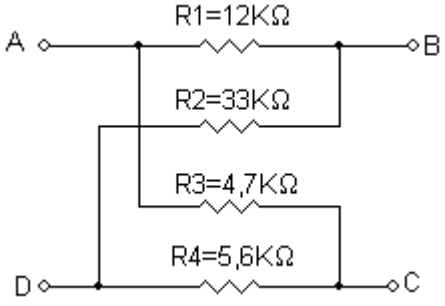


5.- Tener en mente la ecuación de dos resistencias en paralelo.

6.- Completar la siguiente Tabla:

R1		R2		Req	
INDICADO	MEDIDO	INDICADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO

7.- Finalmente, en el protoboard, montar el siguiente circuito.



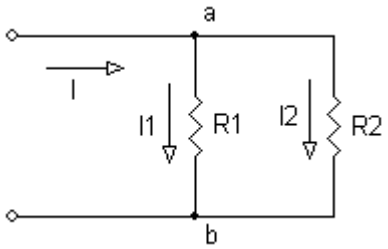
8.- Completar la siguiente Tabla:

RBC		RAD	
CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 04.

1.- RESISTENCIAS CONECTADAS EN PARALELO.

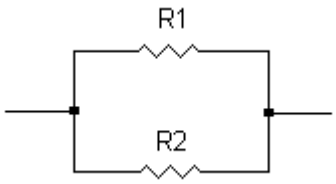
Dos elementos se encuentran en paralelo si tienen dos puntos en común.



Por ejemplo, las resistência R1 y R2 tienen los terminales “a” y “b” en común, por lo tanto, se encuentran en paralelo. Una característica del circuito paralelo es que existe mas de un camino para la circulación de la corriente eléctrica, tal como se aprecia en la figura, existe la corriente I1 y la corriente I2.

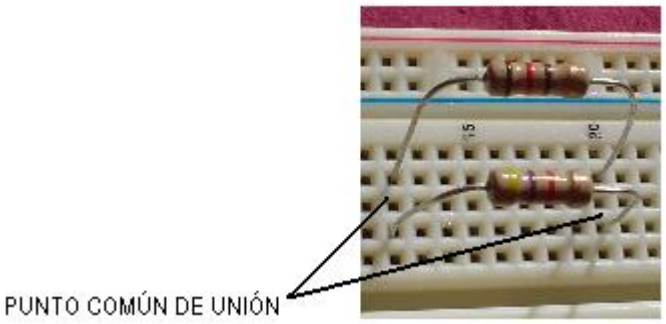
2.- RESISTENCIA EQUIVALENTE.

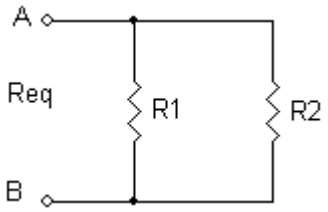
2.1.- CASO DE DOS RESISTENCIAS CONECTADAS EN PARALELO.



A continuación se ven dos resistencias R1 y R2 conectadas en paralelo y representadas mediante su símbolo esquemático.

Asimismo, se aprecia cómo se conectan dichas resistencias en el protoboard. Otra vez, observar que ambas tienen dos puntos comúnes de unión.

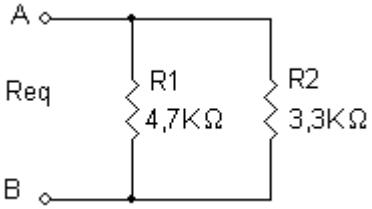




$$RT\ entre\ los\ bornes\ A\ y\ B = \mathrm{Re}\,quivalente = \frac{R1\ x\ R2}{R1 + R2}$$

EJEMPLO.

En el siguiente circuito, calcular la resistencia total entre los bornes A y B, es decir, la resistencia equivalente.

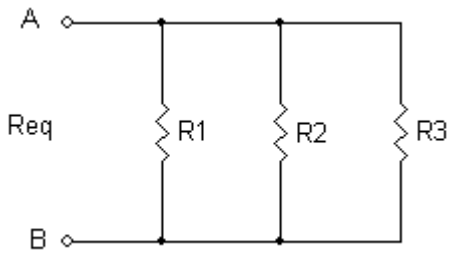


$$\mathrm{Re}\,q = \frac{R1\ x\ R2}{R1 + R2}$$

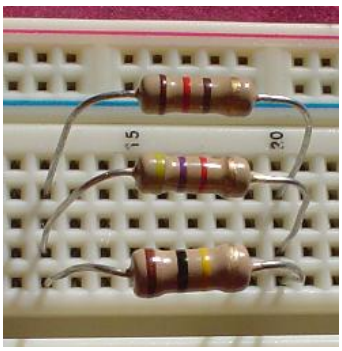
$$\mathrm{Re}\,q = \frac{4{,}7K\Omega\ x\ 3{,}3K\Omega}{4{,}7K\Omega + 3{,}3K\Omega} = 1{,}93K\Omega$$

Observar que el valor de la resistencia equivalente es menor que el menor valor de las resistencias que conforman el circuito en paralelo.

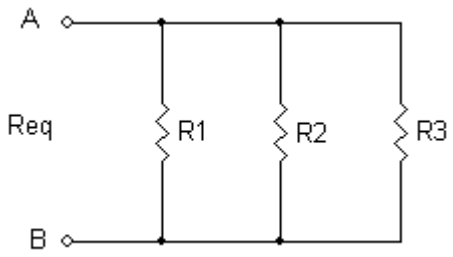
2.2.- CASO DE MÁS DE DOS RESISTENCIAS CONECTADAS EN PARALELO.



A continuación, se ven tres resistencias R1, R2 y R3 conectadas en paralelo y representadas mediante su símbolo esquemático.



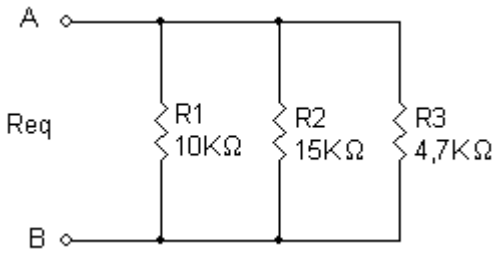
Asimismo, se aprecia cómo se conectan dichas resistencias en el protoboard. Otra vez, observar que todas tienen dos puntos comúnes de unión.



$$RT\ entre\ los\ bornes\ A\ y\ B = \text{Re}\,quivalente = \frac{1}{\frac{1}{R1}+\frac{1}{R2}+\frac{1}{R3}}$$

Es decir, la resistencia total o resistencia equivalente es igual a la inversa de la suma de sus inversas.

EJEMPLO.
En el siguiente circuito, calcular la resistencia total entre los bornes A y B, es decir, la resistencia equivalente.



$$RT\ entre\ los\ bornes\ A\ y\ B = \text{Re}\,quivalente = \frac{1}{\frac{1}{R1}+\frac{1}{R2}+\frac{1}{R3}}$$

$$\text{Re}\,q = \frac{1}{\frac{1}{1OK\Omega}+\frac{1}{15K\Omega}+\frac{1}{4,7K\Omega}} = 2,63K\Omega$$

Nuevamente, observar que el valor de la resistencia equivalente es menor que el menor valor de las resistencias que conforman el circuito en paralelo.

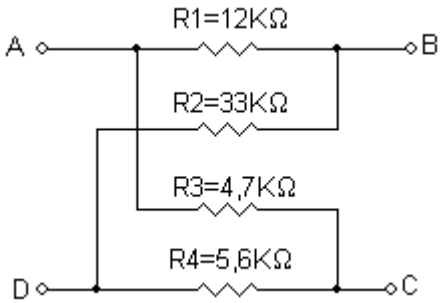
HOJA DE OPERACIÓN 05.

MONTAR CIRCUITO RESISTIVO EN SERIE-PARALELO.

Hemos visto que las resistencias pueden ser conectadas en serie y en paralelo; a continuación, veamos la combinación de ambas, es decir, la conexión serie-paralelo.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Montar el siguiente circuito:



2.- Complete las siguientes tablas:

R1	R2	R3	R4
Colores indicados	Colores indicados	Colores indicados	Colores indicados

RAB		RBC		RCD		RDA	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

RAD con cortocircuito en BC		RBC con cortocircuito en AD	
Calculado	Medido	Calculado	medido

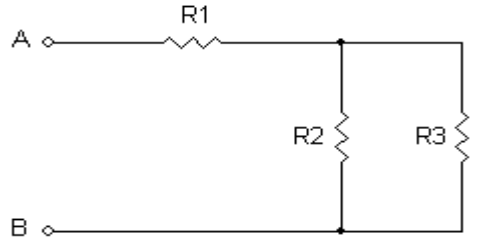
HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 05.

1.- RESISTENCIAS CONECTADAS EN SERIE-PARALELO.

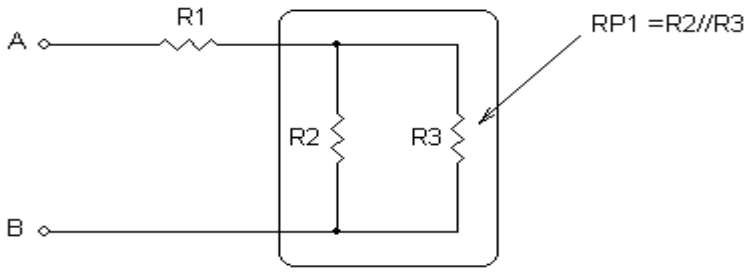
Los circuitos serie-paralelo contienen configuraciones de circuito, tanto en serie, como en paralelo.

Similarmente, todo el conjunto de resistencias en serie-paralelo puede ser reemplazado por una resistencia equivalente o Resistencia total.

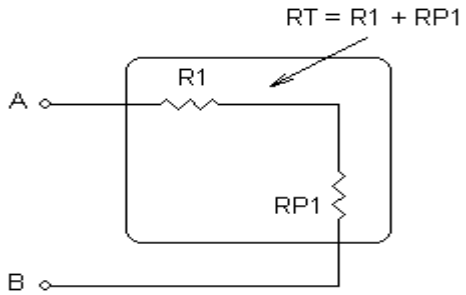
Viendo el siguiente circuito:



Se observa que la resistencia R2 se encuentra en paralelo con la resistencia R3, luego, éste será el primer circuito a resolver.

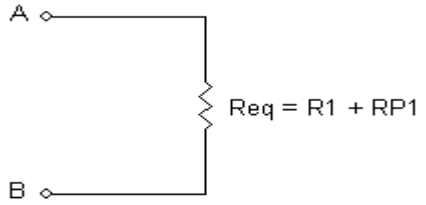


Como la resistencia R2 se encuentra en paralelo con la resistencia R3, su resistencia equivalente se denominará RP1 (resistencia parcial 1).



Al reemplazar el conjunto en paralelo de R2 y R3 por la Resistencia equivalente RP1, se observa que ésta, ahora, queda en serie con la resistencia R1, configurando así, un circuito en serie.

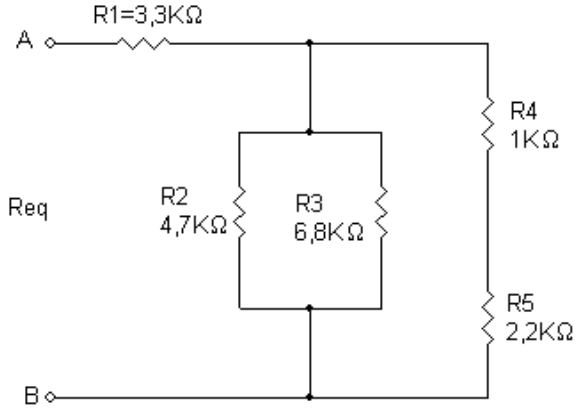
De donde se desprende que, la resistencia total entre los bornes A y B o resistencia equivalente es igual a la suma de la resistencia R1 con la resistencia RP1.

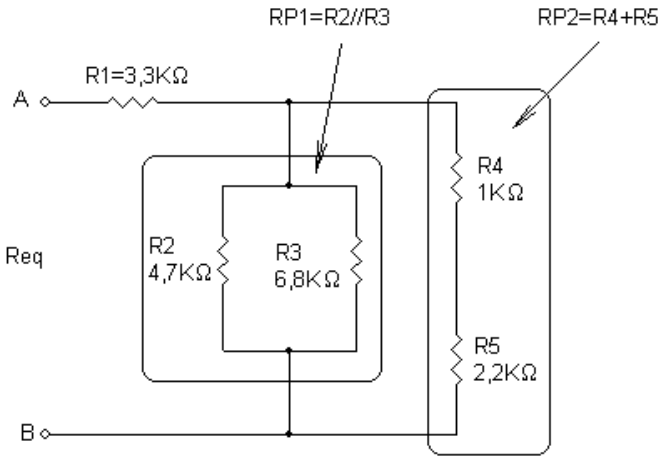


Finalmente, la resistencia equivalente es obtenida.

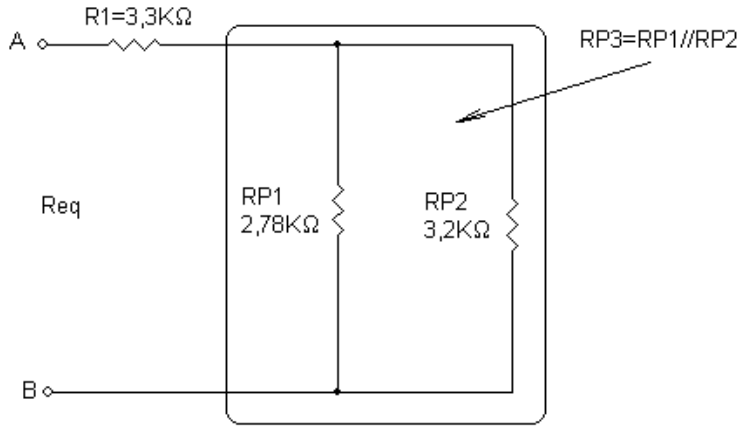
Tomando otro ejemplo.

Considerar el siguiente circuito:

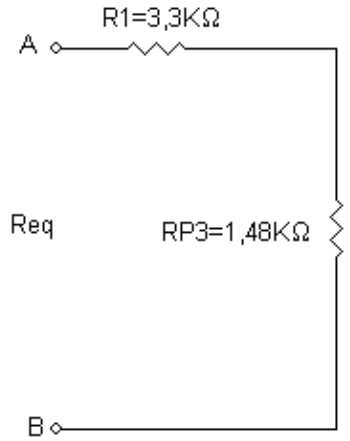




Se observa que la resistencia R2 está en paralelo con la resistencia R3, de ahí obtenemos RP1, similarmente la resistencia R4 se encuentra en serie con la resistencia R5, obtenemos por lo tanto RP2.



Se aprecia que las resistencias RP1 y RP2 se encuentran en paralelo, y por lo tanto, al resolverlo obtenemos RP3.



Finalmente, la resistencia RP3 queda conectada en serie con la resistencia R1, obteniendo como resistencia equivalente entre los bornes A y B el valor de :

$$RAB = \mathrm{Re}\,q = R1 + RP3$$

$$RAB = \mathrm{Re}\,q = 3{,}3K\Omega + 1{,}48K\Omega$$

$$RAB = \mathrm{Re}\,q = 4{,}78K\Omega$$

HOJA DE EVALUACIÓN 01.

1.- RESISTENCIAS.

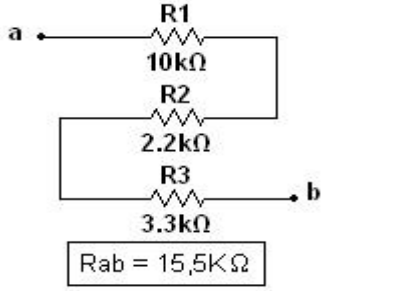
1.- Indicar los colores de las siguientes resistencias:

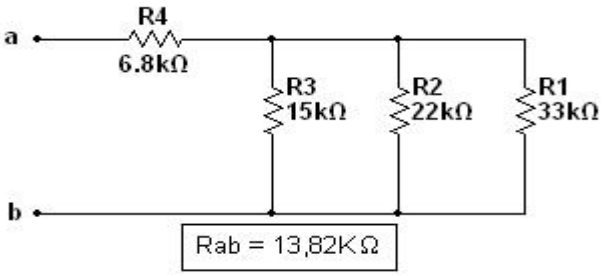
1.- 100KΩ/5% 2.- 47KΩ/10% 3.- 560Ω/10% 4.- 10KΩ/5%
5.- 2,2KΩ/5% 6.- 120Ω/5% 7.- 1,2MΩ/10% 8.- 470KΩ/5%

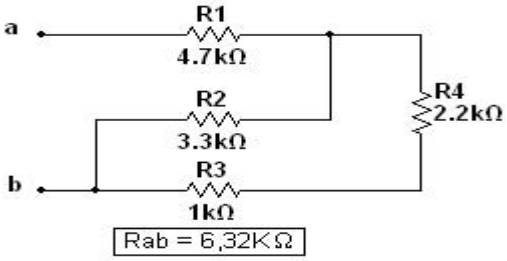
2.- Señalar el valor de las siguientes resistencias, cuyas bandas de colores son:

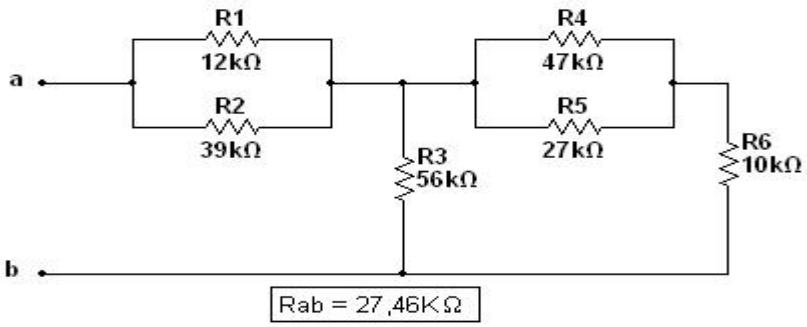
1.- Rojo, Violeta, Naranja. Dorado
2.- Gris, Rojo, Marrón, Plateado
3.-Amarillo, Violeta, Rojo, Dorado
4.- Marrón, Rojo, Marrón, dorado
5.- Naranja, Naranja, Naranja, Plateado
6.- Verde, azul, Rojo, Dorado

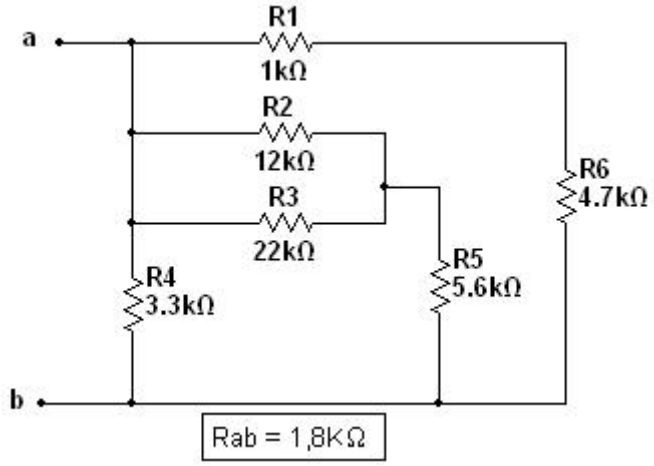
3.- Calcule la resistencia equivalente Rab de los siguientes circuitos:

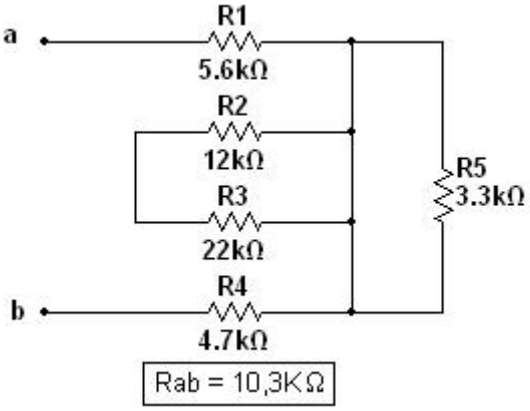


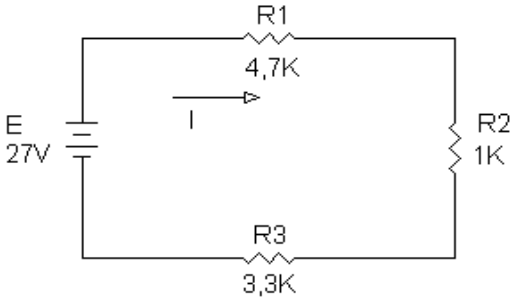


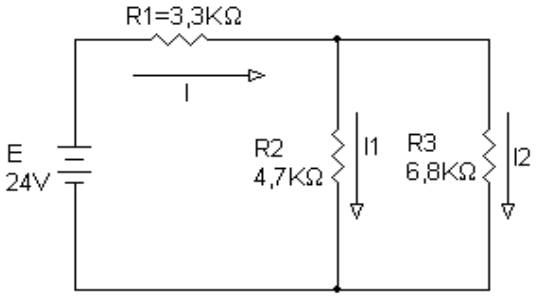


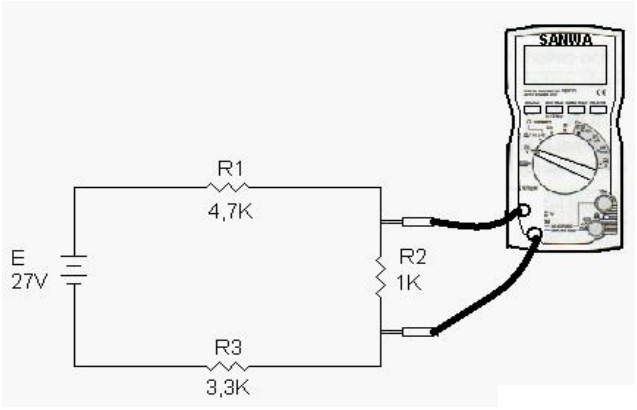


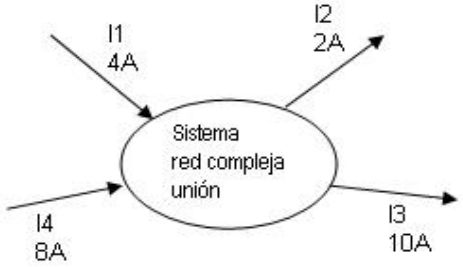


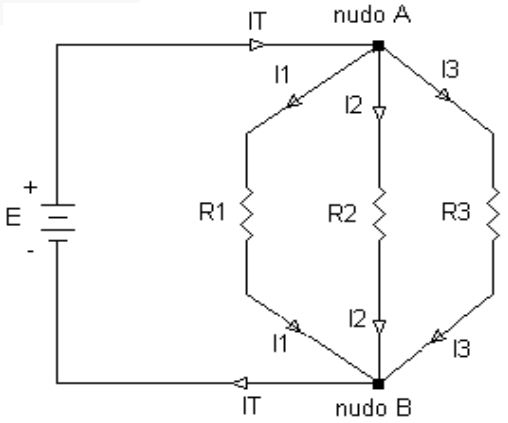












N°	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Medir Voltaje promedio usando el Voltímetro DC	Multímetro digital
2	Verificar la ley de las tensiones de Kirchhoff	Fuente de alimentación digital programada
3	Verificar el divisor de tensión	Alicate de punta semiredonda de 4"
4	Medir corriente promedio usando el amperímetro DC	Alicate de corte diagonal de 4"
5	Verificar la ley de las corrientes de Kirchhoff	Destornillador plano de 4"x1/8"
6	Verificar el divisor de corriente	Protoboard
		Resistencias de diversos valores de 1/2 Wattio
		Alambre telefónico Nº 2x22 AWG

	COMPROBAR LAS LEYES DE KIRCHHOFF	HT:T2	
SENATI	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 8 horas	HOJA:1/1

HOJA DE OPERACIÓN 06.

PROGRAMAR FUENTE DE ALIMENTACIÓN DIGITAL PROGRAMABLE.



1.-Identificar las teclas de control de la fuente de alimentación digital programable , tal como se aprecia a continuación.

OBSERVACIÓN.
La máxima tensión de salida en los bornes COM1, + ; es de 0 a +30 Voltios y en los bornes COM1, - ; es de 0 a -30 Voltios.
La máxima corriente de salida es de 2,5 Amperios.

La unidad de medida de la intensidad de corriente es el **Amperio** (**André Marie Ampere** (Francia 1775 – 1836).

2.- Programe la fuente de alimentación digital programable para obtener una tensión de salida dual de ±12 Voltios, mediante el siguiente procedimiento:
a.- Conectar el enchufe de la fuente de alimentación digital programable a la tensión alterna de 220 Voltios.
b.- Presionar el interruptor POWER I/O.

Esperar que la fuente de alimentación realice su autodiagnóstico.

c.- Presionar la tecla TRACK (1). En el display debe observar que el puntito brillante está indicando TRACK.

d.-Presionar la tecla +VSET (7). En el display debe aparecer VSET = X0,000.

e.- Presionar en el siguiente orden [1][2][.][0][0] . Al finalizar el display debe mostrar VSET = 12.00X.

f.- Ahora, para ingresar este dato, presionar la tecla ENTER. En el display debe aparecer

ALL OUTPUT OFF

12.00V -12.00V

3.- Emplear un Voltímetro DC y conéctelo en los bornes + y COM1, la tensión de salida será 0 Voltios.
Conectar el Voltímetro DC en los bornes - y COM1, la lectura de la tensión de salida también será 0 Voltios.

4.- Presionar la tecla ± OUTPUT(ON/OFF) y ahora en el display debe aparecer
+12.00 V 0.000 A

- 12.00 V 0.000 A

5.- Emplear el Voltímetro DC y vuelva a medir la tensión de salida en los bornes + y COM1, la tensión de salida, ahora, será +12 Voltios.

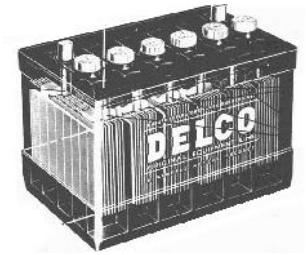
Conectar, nuevamente, el Voltímetro DC en los bornes - y COM1, la lectura de la tensión de salida también será, ahora, -12 Voltios.

6.- Programar la fuente de alimentación digital programable para obtener en los bornes de salida - y COM1; COM1 y +, la tensión de salida de ± 9 Voltios.

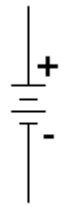
HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 06.

1.- LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN PROGRAMABLE.

La fuente de alimentación de tensión de salida DC es el equipo más ampliamente usado en sistemas electrónicos.
Forma parte del equipo normalizado en cualquier laboratorio de electrónica.
El término salida DC (Direct Current) es la abreviatura del término Corriente Directa, el cual engloba los distintos sistemas eléctricos donde existe un flujo de carga unidireccional.







BATERÍA FUENTE DE ALIMENTACIÓN SÍMBOLO ESQUEMÁTICO

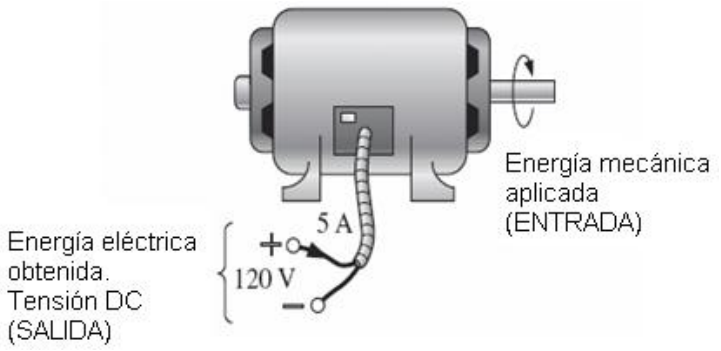
El símbolo esquemático mostrado se emplea para representar a las baterías y a la fuente de alimentación DC.

Observar que en el símbolo esquemático, la línea mas larga siempre representa el borne positivo, mientras que la línea mas corta, representa el borne negativo.

Las fuentes de voltaje DC pueden dividirse en tres amplias categorías:

1.- BATERÍAS.- Son aquellas que generan tensión DC por acción química con un electrodo positivo, otro negativo y un electrolito para completar el circuito.

2.- GENERADOR DC.- Una fuerza externa de energía mecánica se aplica al eje de un generador DC y éste convierte la energía mecánica en energía eléctrica.



3.- FUENTE DE ALIMENTACIÓN.- Son las de uso más frecuente en los laboratorios de electrónica, toman la energía eléctrica de corriente alterna que proporcionan las empresas

generadoras de electricidad; mediante un proceso de rectificación con diodos semiconductores y un circuito de filtrado, que emplea condensadores de alta capacidad, nos permite obtener tensión DC.

Usualmente, se adicionan circuitos electrónicos de estabilización, protección etc.

Las fuentes de alimentación, empleadas en electrónica, son normalmente variables, es decir, su tensión de salida puede variarse para operar a cualquier tensión entre algunos límites, tales como 0 a 30 Voltios.

Algunas fuentes son de tensión de salida simple como de 0 a 30 Voltios y otras son de tensión de salida dual, tales como de 0 a ± 30 Voltios.

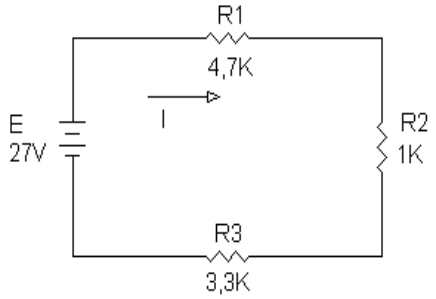
La unidad de medida de Voltaje es el **Voltio** (**Alessandro Volta.** Italia 1745 – 1827).

HOJA DE OPERACIÓN 07.

MEDIR VOLTAJE PROMEDIO USANDO EL VOLTÍMETRO DC.

PROCESO DE EJECUCÍÓN.

1.- Montar el siguiente circuito:



2.- Calculare la Resistencia equivalente del circuito.

3.- Aplicando la Ley de Ohm, calcular la corriente I que circula por el circuito

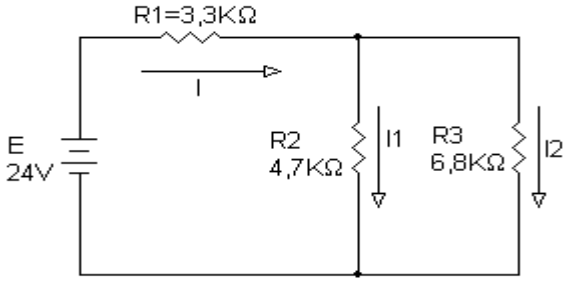
4.- Aplicando la Ley de Ohm determine la caída de tensión en cada una de las resistencias.

5.- Completar la siguiente Tabla.

Fuente de tensión DC (E)	Corriente (I) del circuito	R equivalente
Medida	Calculada	Medida

VR1		VR2		VR3	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

1.- Montar el siguiente circuito:



2.- Calcular la Resistencia parcial (RP1) del circuito.

3.- Calcular la Resistencia equivalente del circuito.

4.- Aplicando la Ley de Ohm, calcular la corriente I que circula por el circuito

5.- Aplicando la Ley de Ohm determinar la caída de tensión en cada una de las resistencias.

6.- Completar la siguiente Tabla.

Fuente de tensión DC (E)	Corriente (I) del circuito	Rparcial 1 (RP1)	Resistencia equivalente
Medida	Calculada	Calculada	Calculada

VR1		VR2		VR3	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 07.
PROCEDIMIENTO PARA MEDIR TENSIÓN CONTINUA O VOLTAJE D.C. USANDO EL MULTIMETRO DIGITAL SANWA CD771.

1.- Conectar las puntas de prueba en los terminales de medición; la punta de color rojo debe ir en el borne indicado V/Hz/⊣⊢ Ω/⊣⊢/•))) La punta de color negro deberá conectarla al punto denominado **COM.**

2.- Colocar el selector de función en la posición Ω/⊣⊢/•))) .

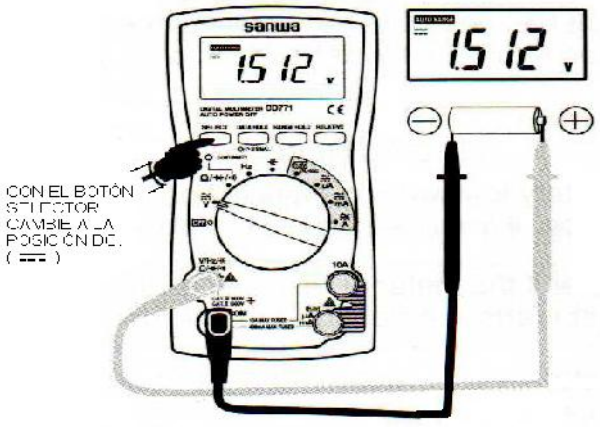
3.- Presionar el botón SELECTOR hasta que aparezca el símbolo de tensión DC ⎓ :

En la pantalla LCD deberá aparecer lo siguiente:

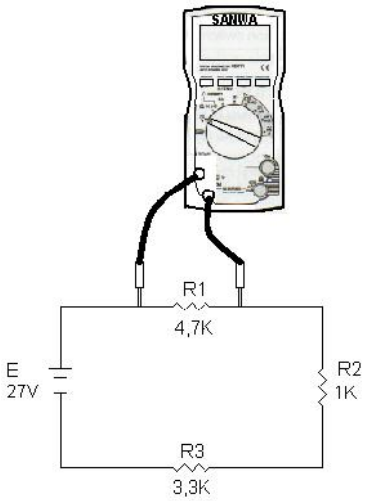


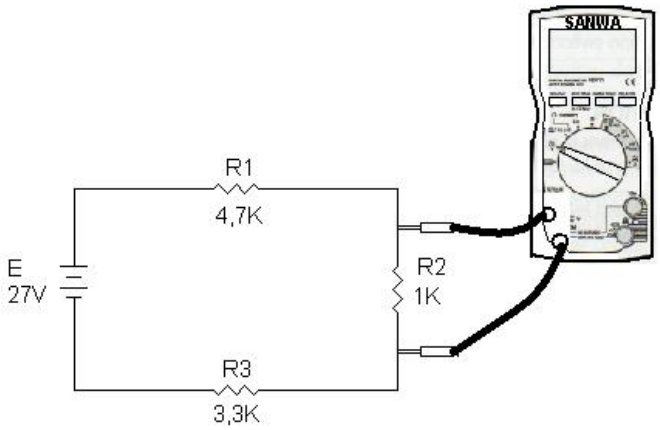
3.- Proceder a medir la tensión DC, conectando las puntas de prueba directamente a la fuente de tensión.

Recordar que el Voltímetro se conecta en paralelo.



Por ejemplo en el siguiente circuito, se observa la forma correcta de conectar el Voltímetro DC para medir la caída de tensión en la resistencia R1 (VR1)





Aquí apreciamos la forma correcta de conectar el Voltímetro DC para medir la caída de tensión en la resistencia R2 (VR2).

LA LEY DE OHM.

La Ley de Ohm dice lo siguiente:
"EN UN CIRCUITO ELÉCTRICO, LA CORRIENTE ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL VOLTAJE E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA RESISTENCIA".

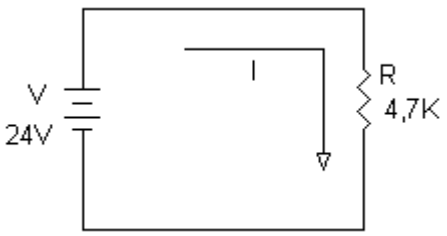
Y se representa por la siguiente ecuación: $$I = \frac{V}{R}$$

Donde:
I = Intensidad de corriente en Amperios
V = Voltaje en Voltios
R = Resistencia en Ohmios

El descubrimiento por Ohm (**Georg Simón Ohm** físico alemán 1787-1854) de la relación matemática entre corriente, voltaje y resistencia en un circuito eléctrico marcó el inicio del uso práctico de la electricidad.

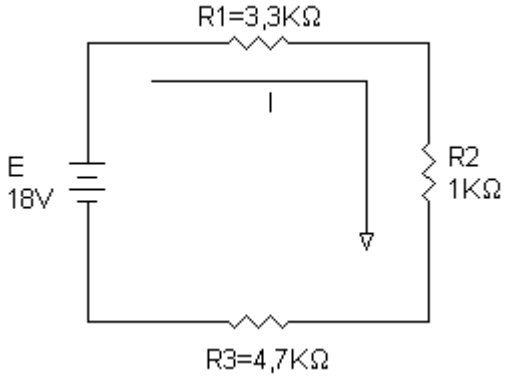
Ejemplo 1:

En el siguiente circuito, calcule la corriente I que circula por la resistencia.



$$I = \frac{V}{R} = \frac{24V}{4{,}7K\Omega} = 5{,}1mA$$

Ejemplo 2:
Si tenemos un circuito serie, como el mostrado a continuación y se desea calcular la caída de tensión en cada resistencia, se debe seguir el siguiente procedimiento:



1.- Calculamos la Resistencia equivalente. Observamos que es un circuito serie, por lo tanto
Requivalente = R1+R2+R3
Requivalente = 3,3KΩ+1KΩ+4,7KΩ = 9KΩ

2.- Calculamos la corriente I que circula por el circuito, aplicando la Ley de Ohm.

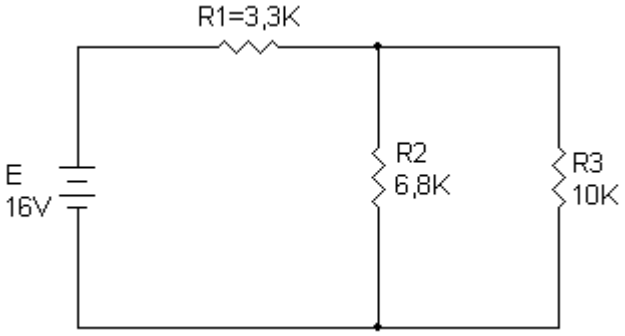
$$I = \frac{V}{R} = \frac{18V}{9K\Omega} = 2mA$$

OBSERVACIÓN: Recuerde que en un circuito serie, la corriente es la misma, en cualquier punto del circuito.

3.- Finalmente calculamos, a continuación, la caída de tensión en cada resistencia, otra vez, aplicando la Ley de Ohm.

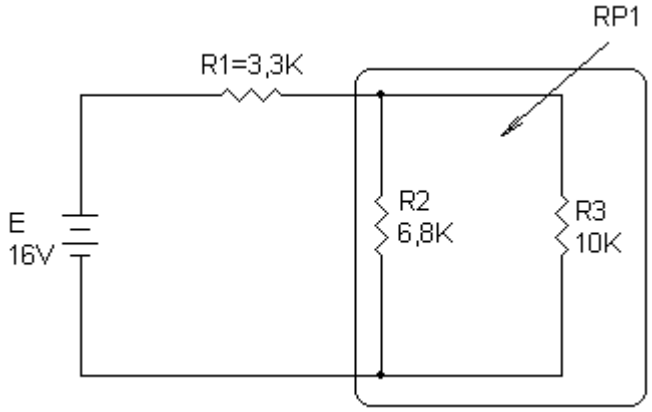
$$VR1 = I\ x\ R1 = 2mA\ x\ 3{,}3K\Omega = 6{,}6V$$
$$VR2 = I\ x\ R2 = 2mA\ x\ 1K\Omega = 2V$$
$$VR3 = I\ x\ R3 = 2mA\ x\ 4{,}7K\Omega = 9{,}4V$$

Ejemplo 3:
Si tenemos un circuito serie paralelo, como el mostrado a continuación:



1.- Observamos que hay dos resistencias (R3 y R3) que se encuentran conectadas en paralelo.

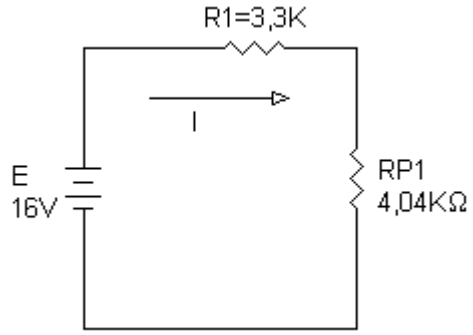
2.- Calculamos la RP1 (Resistencia parcial 1) de la siguiente manera:



$$RP1 = \frac{R1\,x\,R2}{R1 + R2}$$

$$RP1 = \frac{6{,}8K\Omega\,x\,10K\Omega}{6{,}8K\Omega + 10K\Omega}$$

$$RP1 = 4{,}04K\Omega$$



3.- El circuito ha quedado convertido en un circuito serie, luego, calculamos su resistencia equivalente que es igual a

$$\text{Re}\,quivalente = R1 + RP1 = 3{,}3K\Omega + 4{,}04K\Omega = 7{,}34K\Omega$$

4.- Procedemos a calcular la corriente I, aplicando la Ley de Ohm

$$I = \frac{V}{R} = \frac{16V}{7{,}34K\Omega} = 2{,}1mA$$

5.- Calculamos la caída de tensión en la resistencia R1 y en la resistencia RP1, aplicando la Ley de Ohm.

$$VR1 = I\,x\,R1 = 2{,}1mA\,x\,3{,}3K\Omega = 6{,}93V$$

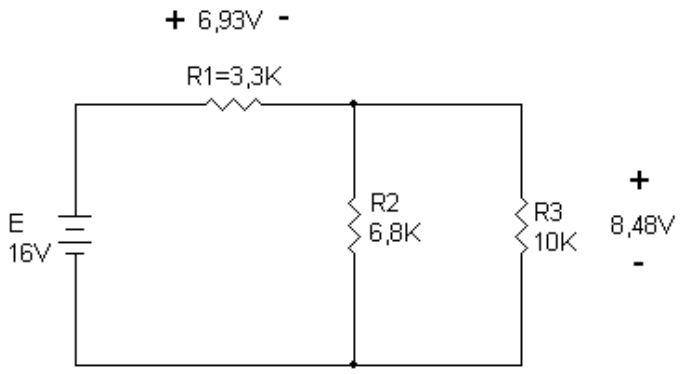
$$VRP1 = I\,x\,RP1 = 2{,}1mA\,x\,4{,}04K\Omega = 8{,}48V$$

Quedando finalmente:

VR1 = 6,93 V

VR2 = 8,48 V

VR3 = 8,48 V

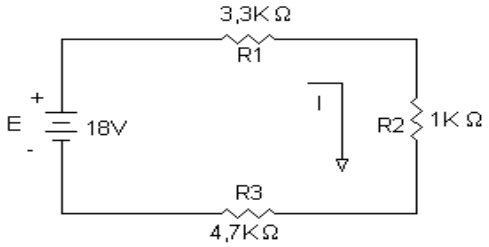


HOJA DE OPERACIÓN 08
VERIFICAR LA LEY DE LAS TENSIONES DE KIRCHHOFF.

La ley de las tensiones de Kirchhoff establece que en toda malla o lazo cerrado, la suma algebraica de las tensiones es igual a cero.

PROCESO DE EJECUCIÓN

1.- Monte el siguiente circuito.



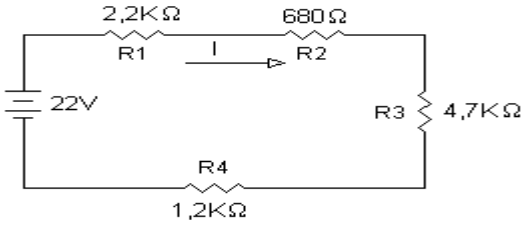
2.- Complete las siguiente Tablas:

E	Requiv	I
Medido	Calculado	Calculado

VR1		VR2		VR3	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

4.- Compruebe la Ley de las tensiones de Kirchhoff

V total		E = VR1 + VR2 + VR3	
Calculado	Medido	Calculado	Medido



1.- Monte el siguiente circuito.
2.- Complete la siguiente Tabla:

E	RT	I
Medido	Calculado	Calculado

3.- Complete la siguiente Tabla.

VR1		VR2		VR3		VR4	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

4.- Compruebe la Ley de las tensiones de Kirchhoff

V total		E = VR1 + VR2 + VR3 + VR4	
Calculado	Medido	Calculado	Medido

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 08

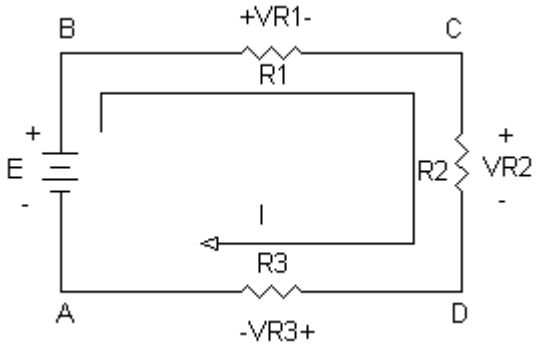
1.- LA LEY DE LAS TENSIONES DE KIRCHHOFF

(**Gustav Kirchhoff:** Rusia 1824- Berlin 1887).

"EN TODA MALLA O LAZO CERRADO, LA SUMA ALGEBRAICA DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN ES IGUAL A CERO".

En forma simbólica se representa por : $\sum V = 0$

Malla o lazo cerrado es cualquier trayectoria continua que sale de un punto en una dirección y regresa al mismo punto, desde otra dirección, sin abandonar el circuito.



Por ejemplo en el circuito mostrado se establece una malla si salimos desde el punto A, avanzamos hacia el punto B, continuamos al punto C, seguimos al punto D y terminamos en el punto A.

Ahí se puede establecer la siguiente ecuación:

$$-E + VR1 + VR2 + VR3 = 0$$

$$E = VR1 + VR2 + VR3$$

Ejemplo

En el siguiente circuito compruebe la ley de las tensiones de Kirchhoff.

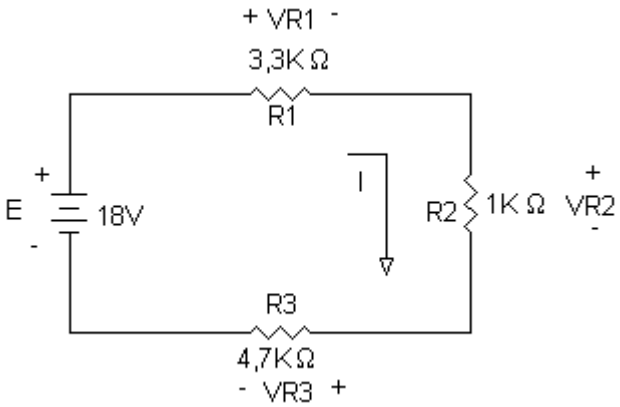
Se trata de demostrar que la tensión E es igual a la suma de VR1, VR2 y VR3

1.- Calculamos la resistencia equivalente del circuito.

$$RT = R1 + R2 + R3$$

$$RT = 3{,}3K\Omega + 1K\Omega + 4{,}7K\Omega$$

$$RT = 9K\Omega$$



2.- Aplicamos la Ley de Ohm y calculamos la corriente I que circula por el circuito.

$$I = \frac{E}{RT} = \frac{18V}{9K\Omega} = 2mA$$

3.- Nuevamente aplicamos la Ley de Ohm y calculamos la caída de tensión en cada resistencia :

$$VR1 = IxR1 = 2mAx3{,}3K\Omega = 6{,}6V$$

$$VR2 = IxR2 = 2mAx1K\Omega = 2V$$

$$VR3 = IxR3 = 2mAx4{,}7K\Omega = 9{,}4V$$

La Ley de las tensiones de Kirchhoff establece que :

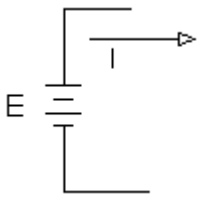
$$E = VR1 + VR2 + VR3$$

$$18V = 6{,}6V + 2V + 9{,}4V$$

De esa manera hemos comprobado la ley de las tensiones de Kirchhoff.

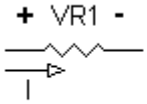
2.- POLARIDAD DE LA CAÍDA DE TENSIÓN EN UNA RESISTENCIA

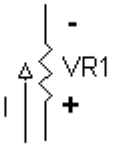
Cuando por una resistencia circula corriente, en ella se produce desprendimiento de calor por efecto **Joule**.(**James Prescott Joule** , Reino Unido 1818 – 1889), además se establece entre sus bornes una diferencia de potencial o caída de tensión polarizada.
La convención que se adopta en este Manual es la siguiente:

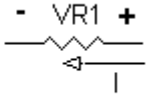


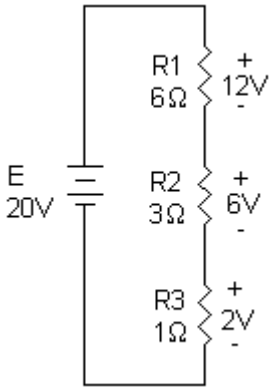
1.- En la fuente de tensión, la corriente sale desde el borne positivo hacia el circuito exterior.

2.-En una resistencia por donde circula corriente, el polo positivo de la caída de tensión se encuentra en el punto por donde ingresa la corriente y, evidentemente, el polo negativo se encuentra por donde sale la corriente.









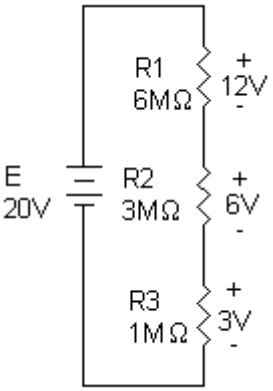
3.- EL DIVISOR DE TENSIÓN

En el divisor de tensión, el voltaje en los elementos resistivos se dividirá, en función de la magnitud de los niveles de resistencia.

Por ejemplo, en el circuito mostrado se observa que el resistor o resistencia de mayor valor (6Ω) acapara la mayor parte del voltaje aplicado, mientras que el resistor más pequeño (1Ω) tiene la menor parte.
Además observe que, como R1 es 6 veces el valor de R3; el voltaje en R1 será 6 veces el valor de R3; de igual modo observamos que el valor de R2 es 3 veces el valor de R1, lo que traerá como consecuencia que el voltaje en R2 sea 3 veces el voltaje en R1.

En general, el voltaje en resistencias en serie tendrá la misma proporción que los niveles de resistencia.

Resulta particularmente importante observar que, si los niveles de resistencia de todos los resistores del circuito se incrementan en una misma proporción, como se muestra en el siguiente esquema, los niveles de voltajes permanecen iguales. Por lo tanto, resulta evidente que, es la proporción de los valores de las resistencias o resistores lo que cuenta para la división de voltaje y no la magnitud relativa de todos los resistores, evidentemente, el nivel de corriente es fuertemente afectado.



Un regla práctica derivada de la ley de Ohm, y que se aplica en el divisor de tensión es la siguiente:

$Vx = \frac{Rx.E}{\text{Re}\,quiv}$ Por ejemplo, para calcular el voltaje en la resistencia R2 :

$$VR2 = \frac{3\Omega\, x\, 20V}{6\Omega + 3\Omega + 1\Omega} = \frac{60V}{10\Omega} = 6V$$

HOJA DE OPERACIÓN 09.

MEDIR CORRIENTE PROMEDIO USANDO EL AMPERÍMETRO DC.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

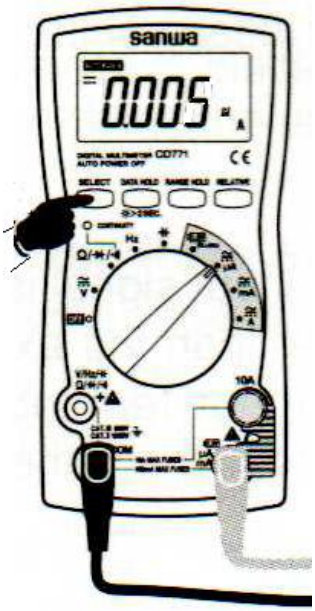
1.- Con mucho cuidado levante la cubierta de caucho que se encuentra en la parte inferior derecha del multímetro digital.
Conecte la punta de prueba de color rojo en el borne indicado **mA .**

La punta de prueba de color negro deberá mantenerse en el borne denominado **COM.**

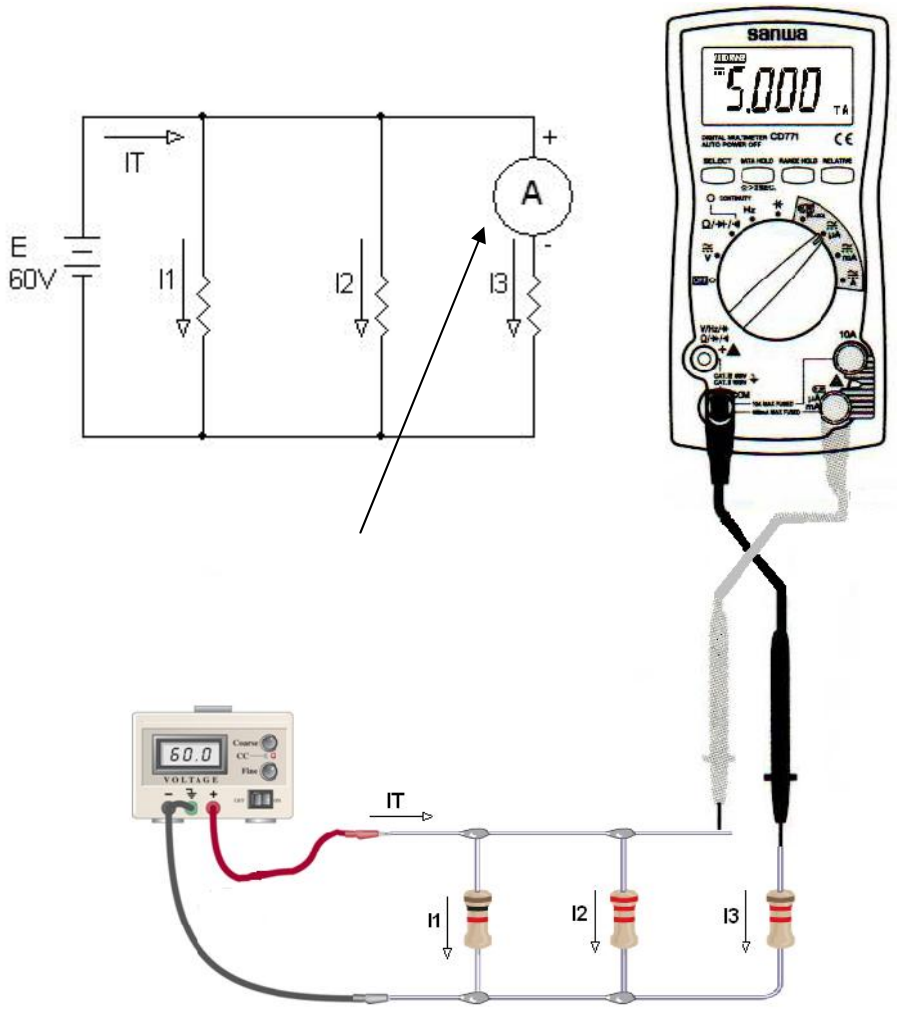
2.- Coloque el selector de función en la posición. 

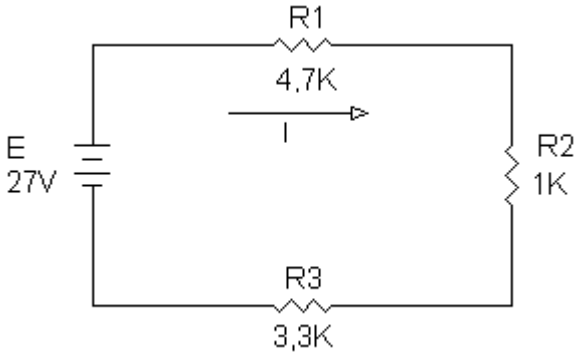
3.- Presione el botón SELECTOR hasta que vea el símbolo de corriente DC : ⎓
En la pantalla LCD deberá aparecer lo siguiente:





3.- Proceda a medir la corriente DC, para ello debe abrir el circuito e intercalar el instrumento.
Recuerde que el Amperímetro se conecta en serie.

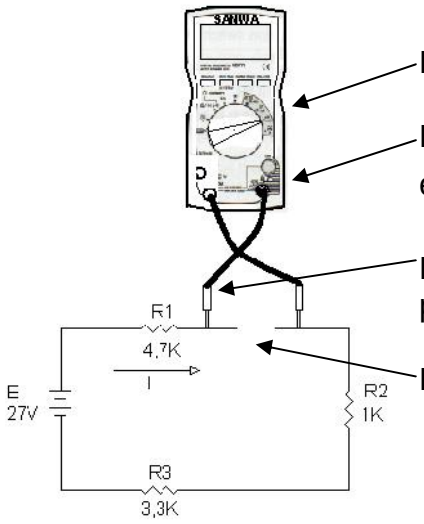




Por ejemplo, en el siguiente circuito se desea medir la corriente I.

Sabemos que es un circuito serie y por lo tanto, la corriente es la misma en cualquier punto del circuito; pero, para medir dicha corriente debemos abrir el circuito y entre esos puntos abiertos se debe intercalar el amperímetro.

Observe lo siguiente (posición 1):



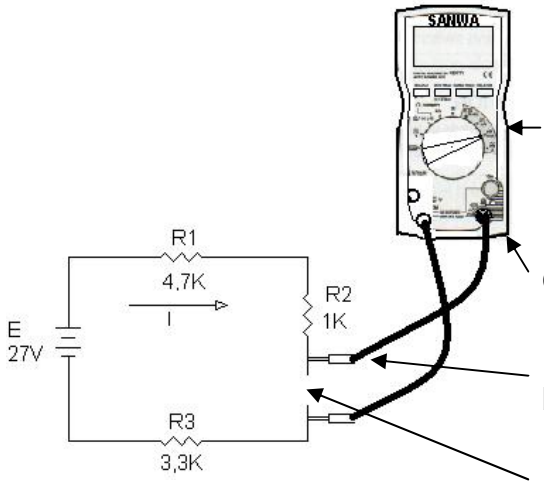
El selector de rangos está en la posición **mA.**

La punta de prueba positiva o de color rojo se encuentra en el borne marcado **mA**

La corriente debe ingresar al amperímetro por el borne positivo.

El circuito ha sido abierto para insertar el amperímetro

Nuevamente, en este segundo caso, (posición 2) observe lo siguiente:



El selector de rangos está en la posición **mA.**

La punta de prueba positiva o de color rojo se encuentra en el borne marcado **mA**

La corriente debe ingresar al amperímetro por el borne positivo.

El circuito ha sido abierto para insertar el amperímetro

Complete la siguiente Tabla:

Resistencia equivalente	Fuente de tensión E	Corriente calculada	Corriente medida en la posición 1	Corriente medida en la posición 2

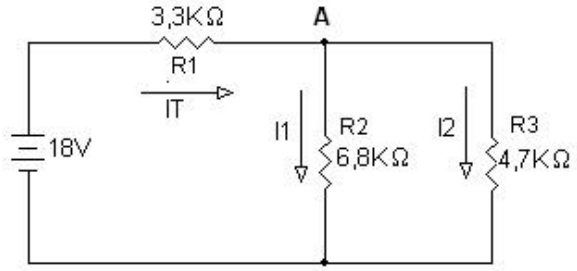
HOJA DE OPERACIÓN 10.

VERIFICAR LA LEY DE LAS CORRIENTES DE KIRCHHOFF.

La ley de las corrientes de Kirchhoff establece lo siguiente: La suma algebraica de las corrientes en un nudo es igual a cero.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Monte el siguiente circuito.



2.- Complete la siguiente Tabla:

E	Requiv	IT
Medido	Calculado	Calculado

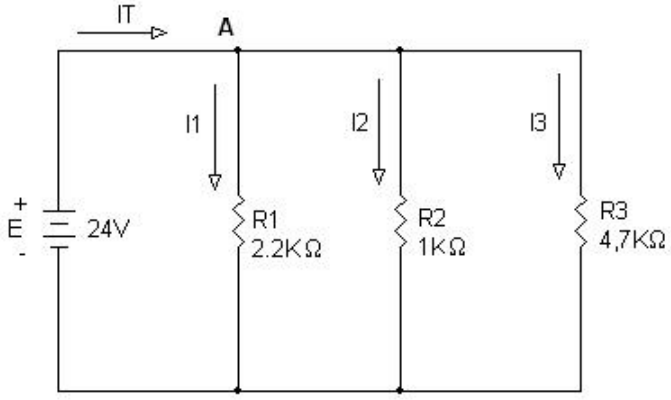
3.- Complete la siguiente Tabla.

IT		I1		I2	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

4.- Compruebe la Ley de las corrientes de Kirchhoff en el nudo A

I total (IT)	I1 + I2
Medido	Calculado

1.- Monte el siguiente circuito.



2.- Complete la siguiente Tabla:

V	RT	IT
Medido	Calculado	Calculado

3.- Complete la siguiente Tabla.

I1		I2		I3	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

4.- Compruebe la Ley de las corrientes de Kirchhoff en el nudo A

I total (IT)	I1 + I2 + I3

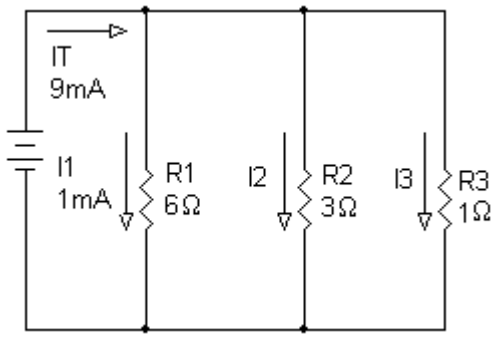
Medido	Calculado

HOJA DE OPERACIÓN 11.

VERIFICAR EL DIVISOR DE CORRIENTE.

Tal como su nombre lo sugiere, el divisor de corriente determinará cómo se divide entre los elementos, la corriente que entra a un conjunto de ramas paralelas.

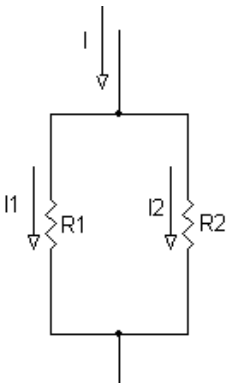
Por dos elementos de igual valor, la corriente se dividirá en forma equitativa.
Para elementos en paralelo con valores diferentes, a menor resistencia, mayor será la porción de la corriente de entrada.



Por ejemplo en el siguiente circuito:
Como la corriente I1 es igual a 1 mA y la resistencia R1 es 6 veces el valor de R3, la corriente a través de R3 (I3) debe ser 6 mA.
Para la resistencia R2, su corriente I2 debe ser 2 mA porque la resistencia R1 es 2 veces el valor de la resistencia R2.
La corriente total IT debe ser la suma de las corrientes I1, I2 e I3.

Una regla práctica es:

a.- En el caso de 2 resistencias en paralelo:



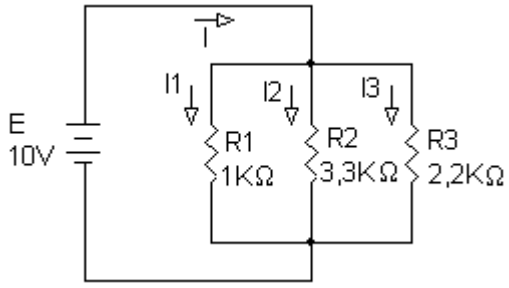
$$I1 = \frac{I \; x \; R2}{R1 + R2}$$

$$I2 = \frac{I \; x \; R1}{R1 + R2}$$

Observe que la corriente I1 toma a la resistencia

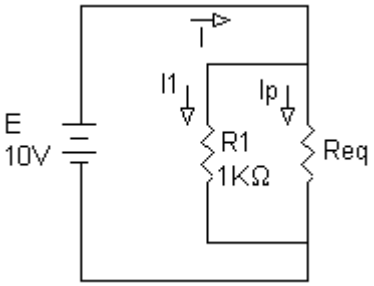
R2 para el cálculo, mientras que para calcular la corriente I2 se toma el valor de la resistencia R1

b.- En el caso de 3 resistencias en paralelo.



Combinamos la resistencia R2 con la resistencia R3 y obtenemos una resistencia equivalente.

Ahora el circuito quedará como el caso anterior de 2 resistencias en paralelo.



Completar la siguiente Tabla.

Req rotal	I	Req
Calculado	Calculado	Calculado

I1		Ip		I2		I3	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 09.

1.- LA LEY DE LAS CORRIENTES DE KIRCHHOFF.

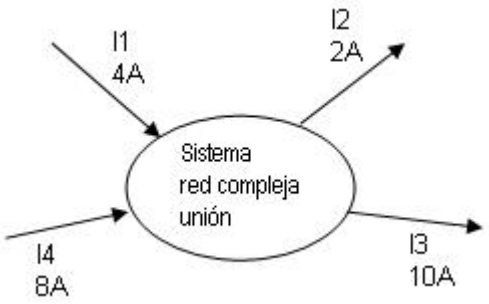
"LA SUMA ALGEBRAICA DE LAS CORRIENTES EN UN NUDO ES IGUAL A CERO".

Se denomina **NUDO o NODO** a la unión de dos o más ramas.

En forma simbólica se representa por

$$\sum I = 0$$

En otras palabras:

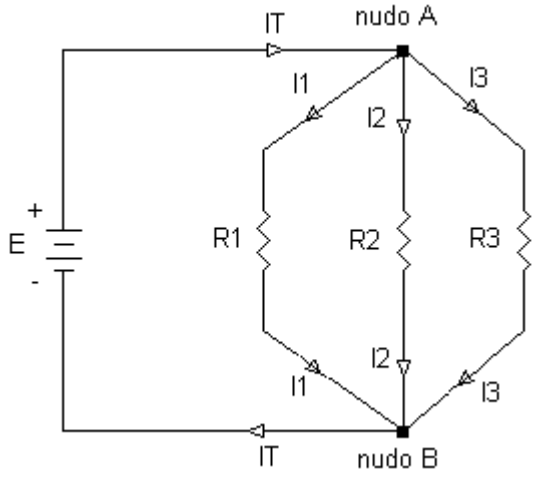


La suma de las corrientes que entran en un área, sistema o unión debe ser igual a la suma de las corrientes que salen del área, sistema o unión.

$I1 + I4 = I2 + I3$

$4A + 8A = 2A + 10A$

$12A = 12A$



Por ejemplo, en el siguiente circuito, en el nudo A se establece la ecuación:

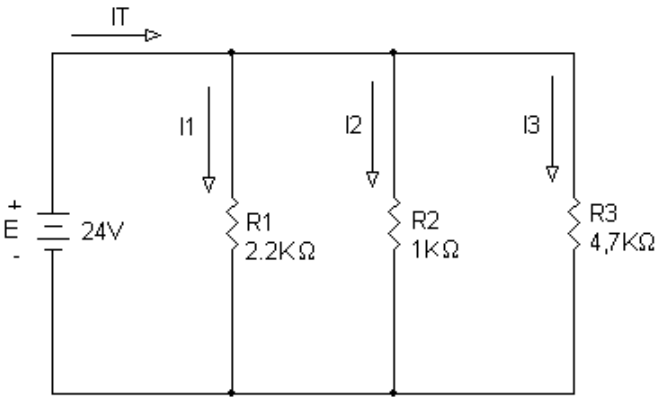
$IT - I1 - I2 - I3 = 0$

De donde se establece :

$IT = I1 + I2 + I3$

Ejemplo:

En el siguiente circuito:



1.- Calculemos la corriente que circula por cada resistencia, como es un circuito paralelo, la tensión es la misma en cada rama.

$$I1 = \frac{E}{R1} = \frac{24V}{2{,}2K\Omega} = 10{,}9mA$$

$$I2 = \frac{E}{R2} = \frac{24V}{1K\Omega} = 24mA$$

$$I3 = \frac{E}{R3} = \frac{24V}{4{,}7K\Omega} = 5{,}1mA$$

2.- Calculemos la corriente total suministrada por la fuente.

Aplicando la ley de las corrientes de Kirchhoff.

$$IT - I1 - I2 - I3 = 0$$

$$IT = I1 + I2 + I3$$

$$IT = 10{,}9mA + 24mA + 5{,}1mA = 40mA$$

Resolvamos el mismo circuito, empleando otro método, por ejemplo usemos la ley de Ohm.

1.- Calculemos la Resistencia equivalente del circuito.

$$RT = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}} = \frac{1}{\frac{1}{2{,}2K\Omega} + \frac{1}{1K\Omega} + \frac{1}{4{,}7K\Omega}} = 600\Omega$$

2.- Calculemos la corriente IT empleando la ley de Ohm

$$IT = \frac{V}{RT} = \frac{24V}{600\Omega} = 40mA$$

Observamos que se ha obtenido el mismo resultado, lo que comprueba la veracidad de lo enunciado.

2.- DISIPACIÓN DE POTENCIA DE LOS RESISTORES.

La **potencia** es una indicación de cuánto trabajo (conversión de energía de una forma a otra) puede efectuarse en una cantidad especificada de tiempo, esto es, una tasa de trabajo realizado.

Por ejemplo, un motor grande tiene mas potencia que un motor pequeño porque puede convertir mas energía eléctrica en energía mecánica en el mismo periodo.

Cuando una diferencia de potencial o voltaje es aplicada a una resistencia, por ella circula corriente; los electrones colisionan con los átomos y ello origina que la temperatura se eleve y la potencia en la resistencia sea disipada en forma de calor, por efecto **Joule**.(**James Prescott Joule** , Reino Unido 1818 – 1889)
Si se incrementa la tensión o, el valor óhmico del resistor se reduce, la corriente por el resistor se incrementa, por lo tanto, la potencia disipada aumenta.
Todos los resistores tienen su rango de disipación de potencia y el proceso de manufactura determina cuánta potencia puede disipar un resistor, para trabajar en forma segura.

La unidad de Potencia es el **Wattio** (**James Watt** , Escocia 1736 – 1819)

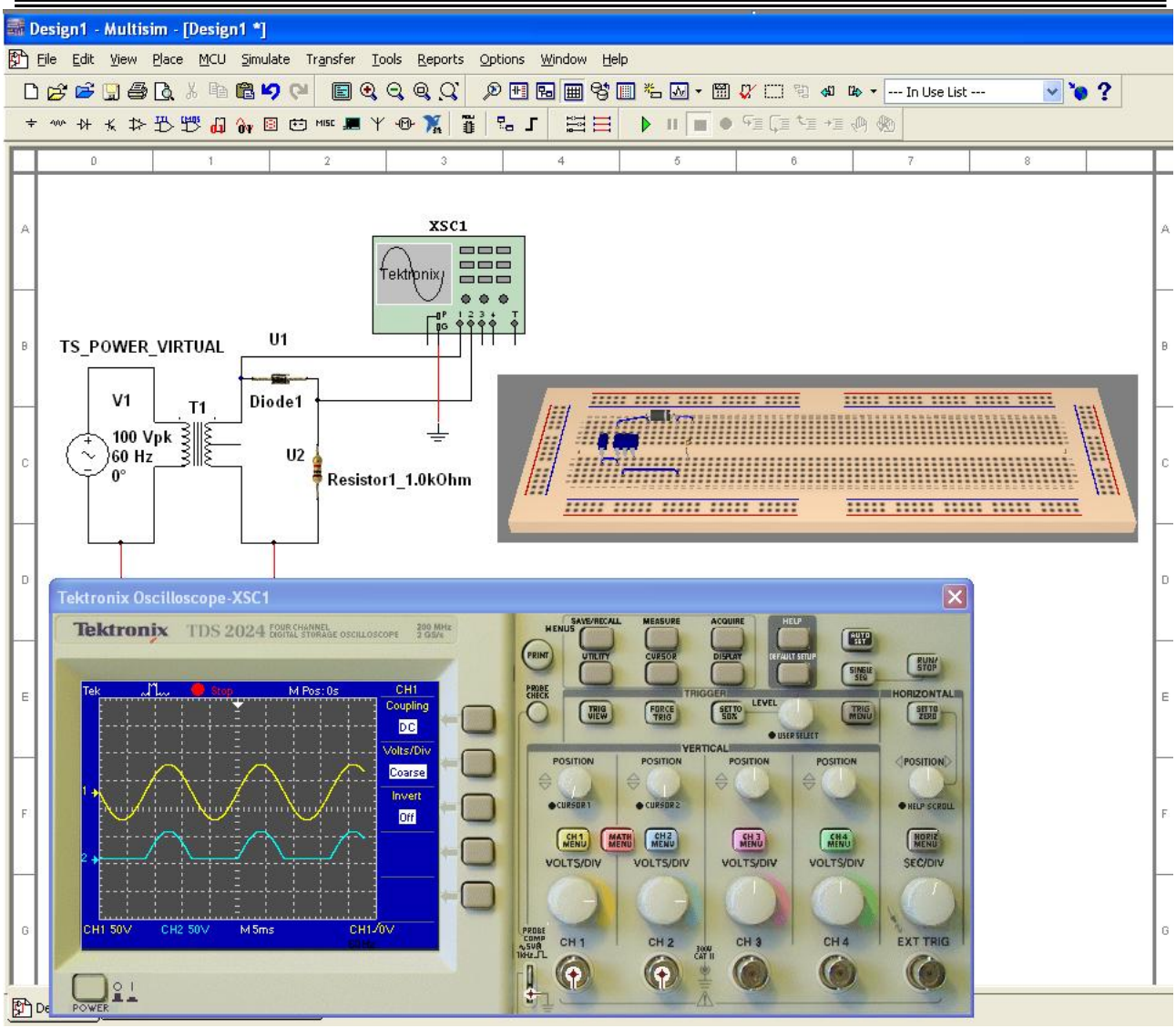
La ecuación que define la potencia es : $P = E\ x\ I$ donde :

P = Potencia en Wattios
E = Voltaje, tensión o diferencia de potencial en Voltios
I = Intensidad de corriente en Amperios
Cuando se asocia la ley de Ohm con la ley de Watt se obtienen las siguientes derivaciones:

$$P = \frac{E^2}{R} \quad \text{y} \quad P = I^2\ x\ R$$

APLICAR SIMULADORES TIPO CAD.

En la actualidad, en el proceso enseñanza-aprendizaje de diferentes disciplinas se está generalizando el uso de paquetes de software o simuladores.
El usuario, no tiene necesidad de conocer el lenguaje que se utilizó para desarrollar los programas incluidos en el paquete de software. Todo lo que requiere es el conocimiento de cómo capturar los parámetros del circuito, definir las operaciones que se realizarán y obtener los resultados; el paquete hará el resto.



En resumen, sólo necesita tener una idea acerca de cómo introducir los parámetros del circuito en la computadora y cómo obtener los resultados.

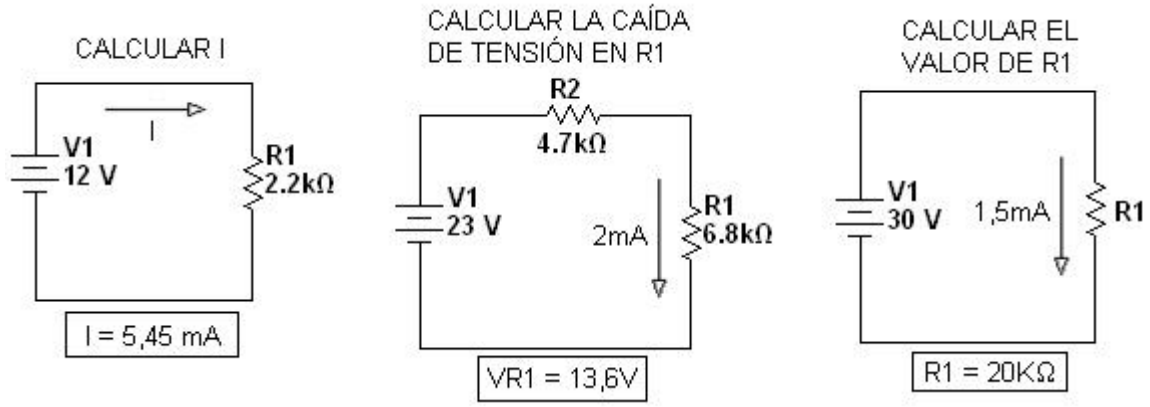
Todo simulador cuenta con un menú que define el rango de aplicación del paquete. El sistema sólo podrá efectuar todas las operaciones que aparecen en el menú en la forma que éste fue programado para hacerlo. Está limitado a lo que los programadores de dicho software establecieron. Si se desea algún tipo de análisis particular será necesario acudir a otro paquete de software más avanzado o a otra versión más actualizada.

En general, si el usuario encuentra un simulador y éste satisface sus expectativas, no hay necesidad de migrar a otro simulador. Electrónicamente hablando, los simuladores más populares son el ORCAD, MULTISIM DE ELECTRONIC WORKBENCH, PROTEUS etc

HOJA DE EVALUACIÓN 02.

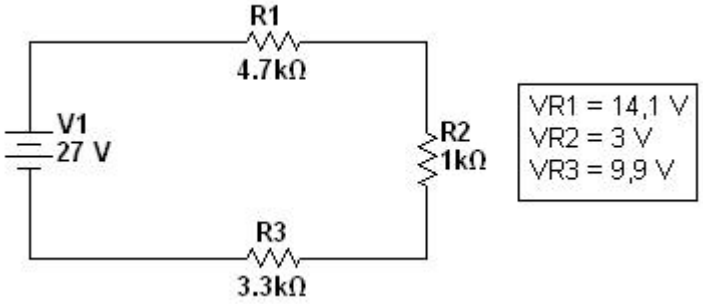
1.- LA LEY DE OHM.

En los siguientes circuitos, calcule el valor de la corriente I, la caída de tensión en la resistencia R1 y el valor de la resistencia R1.

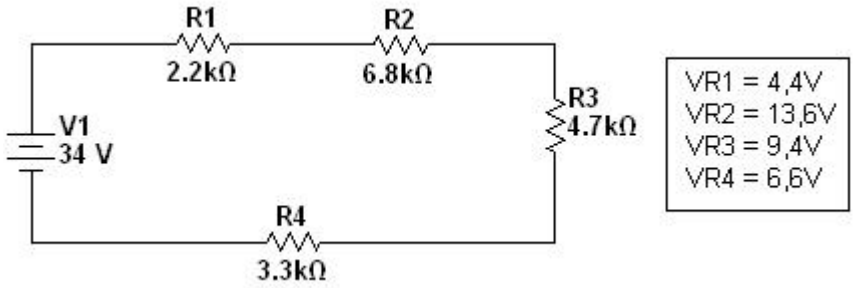


2.- LEY DE LAS TENSIONES DE KIRCHHOFF.

Calcule la caída de tensión en cada una de las resistencias y luego verifique la ley de las tensiones de Kirchhoff (Suma algebraica de tensiones en una malla o lazo cerrado es igual a cero)



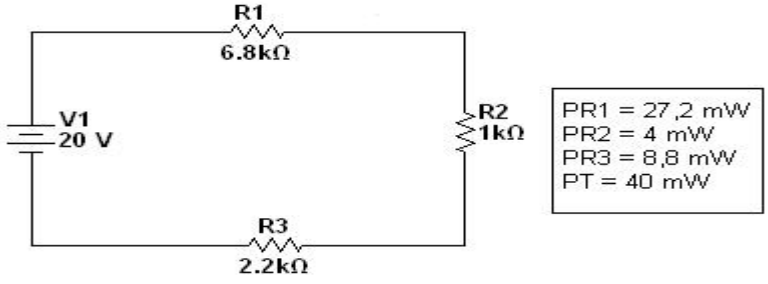
3.- EL DIVISOR DE TENSIÓN.



Calcule la caída de tensión en cada una de las resistencias aplicando el método del divisor de tensión.

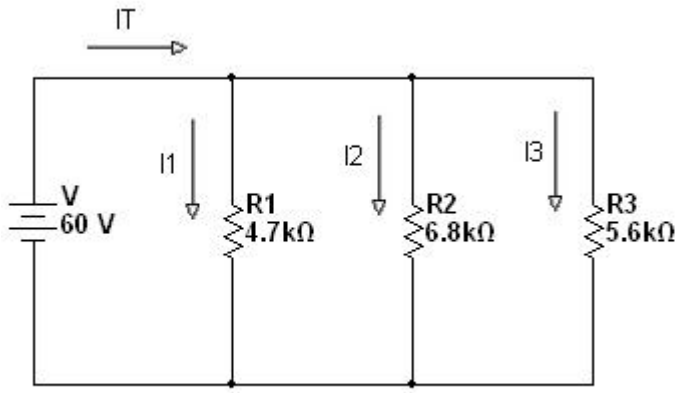
4.- POTENCIA.

Calcule la potencia disipada en cada resistencia y luego calcule la potencia total del circuito.



5.- LA LEY DE LAS CORRIENTES DE KIRCHHOFF.

En el siguiente circuito

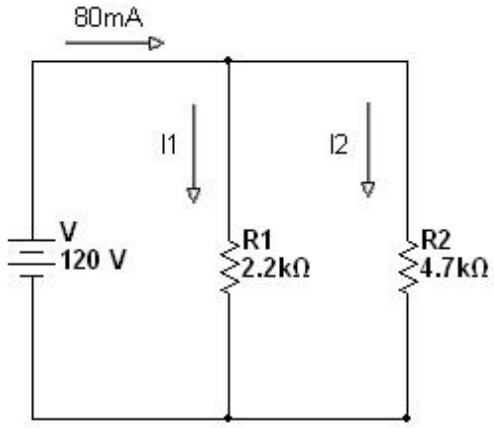


a.- Calcular I1, I2 , I3 e IT

I1 = 13 mA
I2 = 8,825 mA
I3 = 11 mA
IT = 32 mA

b.- Calcular RT
c.- Calcular IT = V/RT
d.- Comprobar que
IT = I1 + I2 + I3

6.- EL DIVISOR DE CORRIENTE.



a.- Calcular I1 e I2 aplicando el divisor de corriente

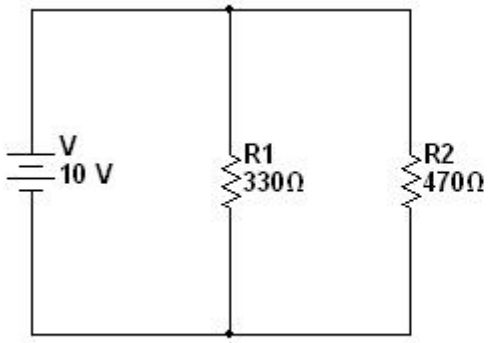
I1 = 54,5 mA
I2 = 25,5 mA

b.- Calcular RT

c.- Calcular IT = V/RT

d.- Comprobar que
IT = I1 + I2

7.- POTENCIA.



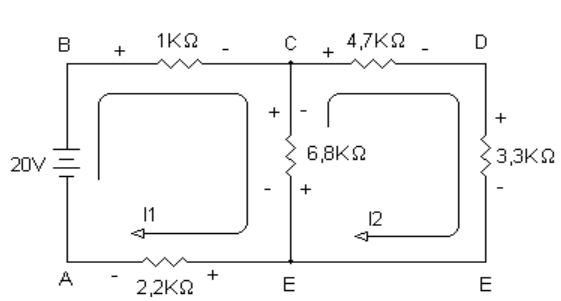
a.- Calcular La Potencia disipada en R1 y R2

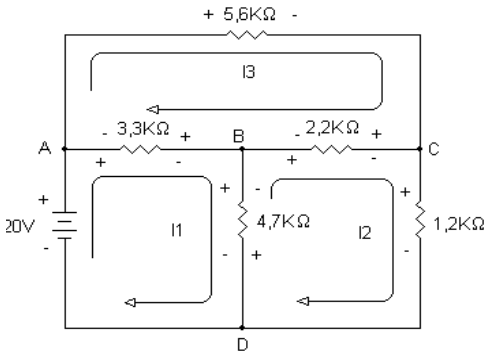
PR1 = 303 mW
PR2 = 212 mW

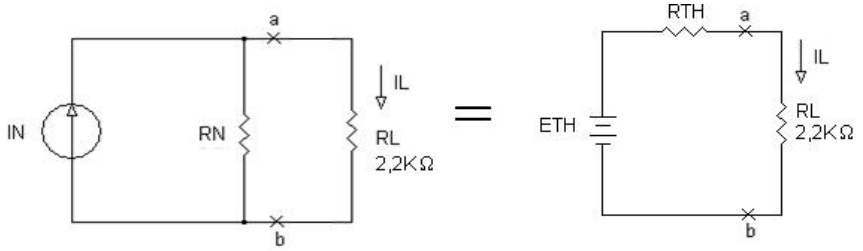
b.- Calcular RT

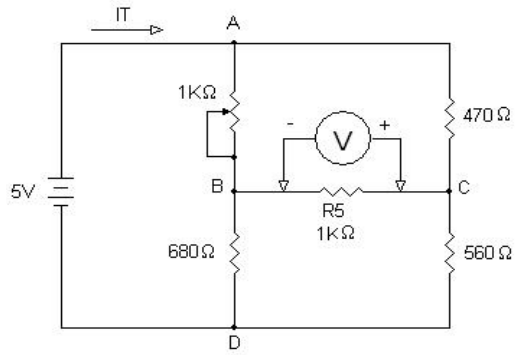
c.- Calcular IT

d.- Comprobar que
Pot Total = PR1 + PR2
Pot Total = $IT^2 . RT$
Pot Total = E^2 / RT









N°	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Aplicar el método de las mallas en la solución de circuitos eléctricos resistivos	Multímetro digital Fuente de alimentación digital programable
2	Aplicar el teorema de Thevenin en la solución de circuitos eléctricos resistivos.	Alicate de punta semiredonda de 4" Alicate de corte diagonal de 4"
3	Aplicar el teorema de Norton en la solución de circuitos eléctricos resistivos.	Destornillador plano de 4"x1/8" Resistencias de diversos valores de 1/2 Wattio
4	Verificar el puente de Wheatstone balanceado	Alambre telefónico 2x22 AWG Protoboard

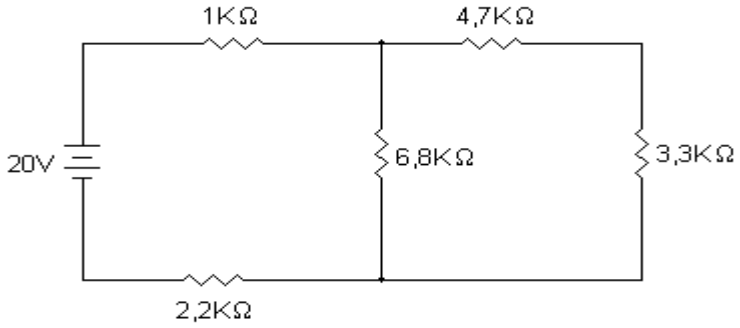
	LEYES Y TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS	HT:T3	
	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 16 horas	HOJA:1/1

HOJA DE OPERACIÓN 12.

APLICAR EL MÉTODO DE LAS MALLAS EN LA SOLUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESISTIVOS.

Aplicar el método de las mallas para realizar el análisis de un circuito eléctrico resistivo consiste en aplicar la ley de las tensiones de Kirchhoff.

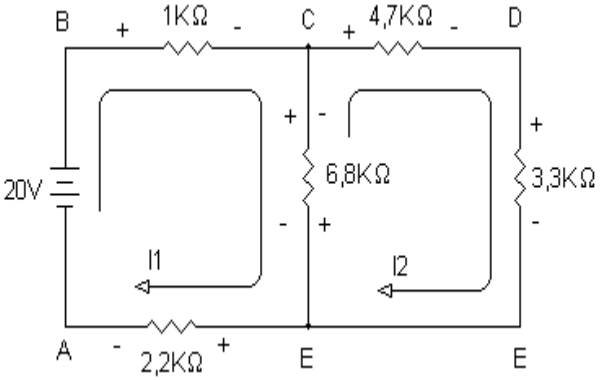
1.- Montar el siguiente circuito (Circuito 1).



2.- Identificar las mallas o lazos cerrados existentes en el circuito y asignéles una letra a cada nudo, por ejemplo la malla ABCEA.

3.- Arbitrariamente en cada malla trace el sentido de circulación de la corriente y asignarle un número por ejemplo I1, I2 etc.

4.- Asignar la polaridad de la caída de tensión a cada resistencia según el sentido de circulación de la corriente que pasa por ella. Debe recordar que en una resistencia, por donde ingresa la corriente se establece la polaridad positiva y por donde sale se ubica la polaridad negativa.



5.- Establecer las ecuaciones existentes en cada malla., por ejemplo en la malla ABCEA se establece la siguiente ecuación:

$$-20V + 1K\Omega.I1 + 6{,}8K.I1 - 6{,}8K\Omega.I2 + 2{,}2K\Omega.I1 = 0$$

6.- Obtener las ecuaciones de cada malla y complete la siguiente Tabla:

Malla ABCEA	
Malla ECDE	

7.- Resolver el sistema de ecuaciones por cualquier método conocido y determine el valor de las corrientes I1e I2 y complete la siguiente Tabla.

I1	I2
Calculado	Calculado

8.- Calcular la caída de tensión en cada resistencia.

9.- Empleando un Voltímetro DC mida la caida de tensión en cada resistencia y completar la siguiente Tabla:

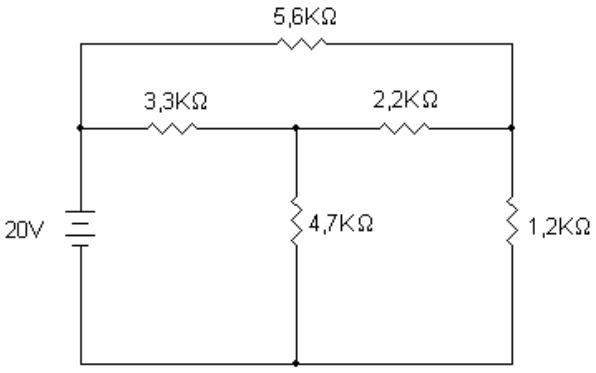
Fuente E	V en R de 1KΩ		V en R de 6,8KΩ	
Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

V en R de 2,2KΩ		V en R de 4,7KΩ		V en R de 3,3KΩ	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

10.- Comprobar que en cada malla se cumple la Ley de las tensiones de Kirchhoff, es decir : La suma algebraica de tensiones en cada malla debe ser igual a cero. Completar la siguiente Tabla.

Malla ABCEA	
Malla ECDE	
Malla ABCDEA	

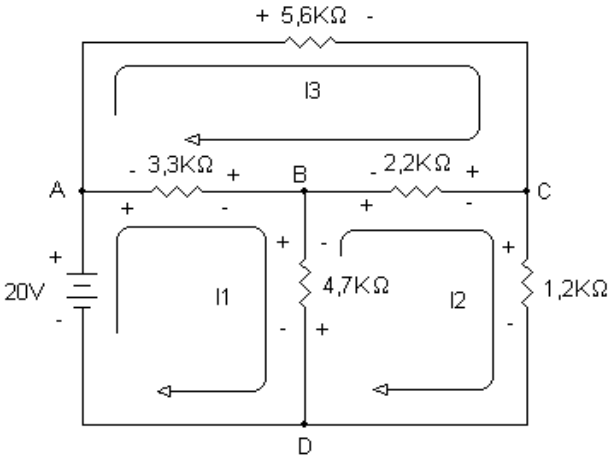
1.- Montar el siguiente circuito (Circuito 2).



2.- Identificar las mallas o lazos cerrados existentes en el circuito y asignéles una letra a cada nudo, por ejemplo malla ABDA.

3.- Arbitrariamente en cada malla trazar el sentido de circulación de la corriente y asígnele un número por ejemplo I1, I2 etc.

4.- Asignar la polaridad de la caída de tensión a cada resistencia según el sentido de circulación de la corriente que pasa por ella. Recordar que en una resistencia, por donde ingresa la corriente se establece la polaridad positiva y por donde sale se ubica la polaridad negativa.



5.- Establecer las ecuaciones existentes en cada malla., por ejemplo en la malla ABDA se establece la siguiente ecuación:

$$-20V + 3{,}3K\Omega.I1 - 3{,}3K.I3 + 4{,}7K\Omega.I1 - 4{,}7K\Omega.I2 = 0$$

$$(3{,}3K\Omega + 4{,}7K\Omega).I1 - 4{,}7K.I2 - 3{,}3K\Omega.I3 = 20V$$

6.- Obtener las ecuaciones de cada malla y complete la siguiente Tabla:

Malla ABDA	
Malla DBCD	
Malla ACBA	

7.- Resolver el sistema de ecuaciones por cualquier método conocido y determine el valor de las corrientes I1, I2 e I3. Y complete la siguiente Tabla.

I1	I2	I3
Calculado	Calculado	Calculado

8.- Calcular la caída de tensión en cada resistencia.

9.- Empleando un Voltímetro DC medir la caída de tensión en cada resistencia y completar la siguiente Tabla:

Fuente E	V en R de 3,3KΩ		V en R de 4,7KΩ	
Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

V en R de 5,6KΩ		V en R de 2,2KΩ		V en R de 1,2KΩ	
Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

10.- Comprobar que en cada malla se cumple la Ley de las tensiones de Kirchhoff, es decir : La suma algebraica de tensiones en cada malla debe ser igual a cero.
Completar la siguiente Tabla.

Malla ABDA	
Malla DBCD	
Malla ACBA	
Malla ACDA	

11.- Desmontar el circuito, dejar limpio su puesto de trabajo, los papeles que uso para sus cálculos y desee desecharlos depósitelos en el tacho ecológico del color correspondiente.

AMBIENTAL.

Los retazos de alambre que quedan después del montaje deposítelos en el tacho correspondiente (Alambres de cobre).

De igual modo, los papeles que utilizó para sus cálculos y circuitos y quiera eliminarlos, debe depositarlos en el tacho de color azul (papeles y cartones).

AHORRO DE ENERGIA

Y... No te olvides de desconectar todos los equipos que hayas utilizado durante tu día de trabajo.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 10.

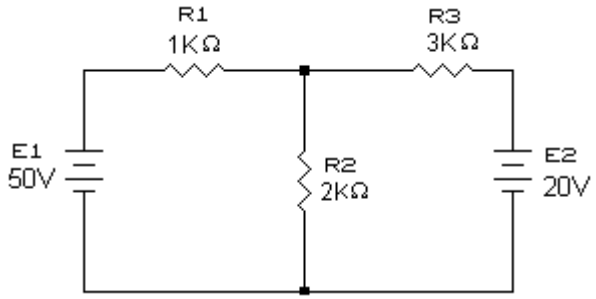
1.- MÉTODO DE LAS MALLAS APLICADO A LA SOLUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESISTIVOS.

Este método aplica la ley de los voltajes de Kirchhoff en cada una de las mallas o lazos cerrados existentes en la red bilateral lineal, que se está analizando.

El término lineal indica que las carácterísticas de los elementos de la red (como los resistores) son independientes del voltaje o de la corriente que pasa a través de ellos. El término bilateral se refiere al hecho de que no existirá un cambio en el comportamiento o en las características de los elementos si la corriente o el voltaje en el elemento se invierte.

Por ejemplo analizar la siguiente red o circuito, quiere decir, calcular las corrientes y las caídas de tensión en todo el circuito, aplicando el método de las mallas.

1er Paso.- Dibujar el circuito indicando los valores de las resistencias y fuentes de tensión

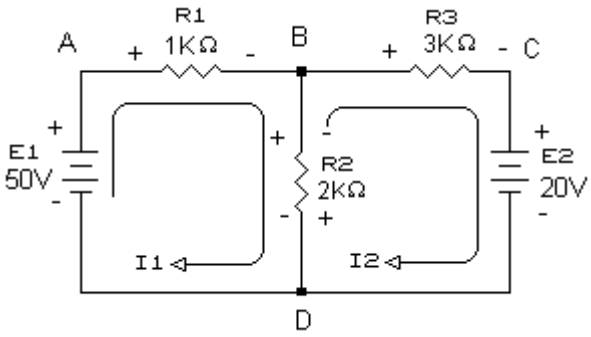


2do Paso.- Identificar las mallas o lazos cerrados, colocando letras que las identifiquen, por ejemplo malla ABCA etc.

3er Paso.- Trazar las corrientes en cada malla en sentido arbitrario, aunque se sugiere que se haga en el sentido de las agujas del reloj.

4to Paso. Colocar la polaridad de las caídas de tensión en cada resistencia, recordando que el polo positivo indica el ingreso de la corriente y el negativo, la salida.

4to Paso.- Aplique la ley de las tensiones de Kirchhoff en cada malla.



Por ejemplo, establecer las siguientes ecuaciones.

Malla ABDA

$$-50V + I1xR1 + I1xR2 - I2xR2 = 0 \quad (Ec.1)$$

Malla DBCD

$$-I1xR2 + I2xR2 + I2xR3 + 20V = 0 \quad (Ec.2)$$

Ordenar las ecuaciones y damos valores:

$$I1\,(R1 + R2) - I2xR2 = 50V$$

$$I1x3K\Omega - I2x2K\Omega = 50V \quad (Ec.3)$$

$$-I1xR2 + I2\,(R2 + R3) = -20V$$

$$-I1x2K\Omega + I2\,(5K\Omega) = -20V \quad (Ec.4)$$

Asociando las ecuaciones 3 y 4

$$I1\,(3K\Omega) - I2x2K\Omega = 50V \quad (Ec.3)$$

$$-I1x2K\Omega + I2\,(5K\Omega) = -20V \quad (Ec.4)$$

Se aprecia que se tiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.

El sistema es consistente y tiene solución.

Existen diversos métodos para calcular el valor de las corrientes I1 e I2, por ejemplo, multiplicar la ecuación 3 por 2 y la ecuación 4 por 3.

Obteniéndose lo siguiente:

$$I1\,(6K\Omega) - I2x4K\Omega = 100V$$

$$-I1x6K\Omega + I2\,(15K\Omega) = -60V$$

Ahora, se pueden sumar ambas ecuaciones y se cancela la incógnita I1

$$I2x11K\Omega = 40V$$

De donde se obtiene el valor de la corriente I2.

$$I2 = \frac{40V}{11K\Omega} = 3.6mA$$

Se reemplaza el valor de la corriente I2 en la ecuación 3 y se determina el valor de la corriente I1.

$$I1\ (3K\Omega) - (3{,}6mA)x2K\Omega = 50V$$

$$I1\ (3K\Omega) - 7{,}2V = 50$$

$$I1\ (3K\Omega) = 57{,}2V$$

Obteniendo finalmente el valor de la corriente I1

$$I1 = \frac{57{,}2V}{3K\Omega} = 19mA$$

2.- OBSERVACIÓN : Si en alguna corriente calculada se hubiera obtenido un valor negativo ello indica, simplemente, que el sentido que se asumió para dicha corriente es contrario al real, por lo que para el cálculo de las caídas de tensión se debe invertir el sentido de la corriente asumida, involucrando, por supuesto a sus caídas de tensión.

La caída de tensión en la resistencia es, ahora, el producto de la corriente por la resistencia, es decir:

$$VR1 = I1xR1 = 19mA\ (1K\Omega) = 19V$$

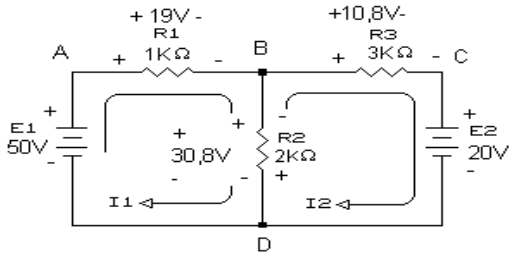
Para calcular el valor de la caída de tensión en R2, se observa que por ella circulan dos corrientes I1 e I2, donde la corriente I1 es mayor que la corriente I2,

$$VR2 = (I1 - I2)xR2 = 15{,}4mA\ (2K\Omega) = 30{,}8V$$

Finalmente ,

$$VR3 = I2xR3 = 3{,}6mA\ (3K\Omega) = 10{,}8V$$

El circuito final con sus valores calculados es el siguiente.



A continuación, verificamos si se cumple la Ley de las tensiones de KIrchhoff en cada una de las mallas.

Por ejemplo, vamos a verificar si la suma algebraica de las tensiones en la malla ABDA es igual a cero.

$-50V + 19V + 30{,}8V = 0$

$-0{,}2 = 0$. Es un valor razonable y sí se cumple la Ley de las tensiones de Kirchhoff.

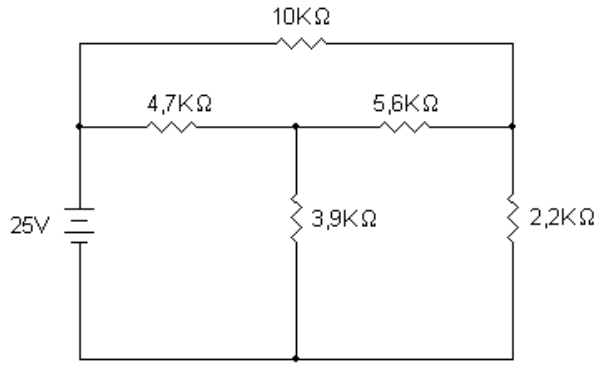
Veamos ahora en la malla DBCD.

$-30{,}8V + 10{,}8V + 20V = 0$

$0 = 0$. Nuevamente se comprueba que se cumple la Ley de las tensiones de Kirchhoff, por lo que concluimos que el circuito está bien calculado.

3.- EJERCICIO.

En el siguiente circuito, aplicando el método de las mallas, calcular la caída de tensión en cada una de las resistencias.



SOLUCIÓN:
V10KΩ = 19,17 V
V4,7KΩ = 15,19V
V5,6KΩ = 3,99V
V3,9KΩ = 9,82V
V2,2KΩ = 5,82V

4.- DETERMINANTES.

Los determinantes se utilizan para obtener soluciones matemáticas de las incógnitas en dos o más ecuaciones simultáneas. Una vez que el procedimiento se comprende correctamente, es posible obtener las soluciones con un mínimo de tiempo y esfuerzo y, por lo general, con menos errores que al utilizar otros métodos.

Veamos el caso de la solución de un sistema de tercer orden, que en este manual de aprendizaje está limitado a este nivel de dificultad.

Por ejemplo, Se desea calcular el valor de las corrientes I_1 I_2 e I_3 del siguiente sistema de ecuaciones:

$$3I1 + 0\,I2 + 2I3 = 10$$
$$2I1 - 4I2 + 9I3 = 0$$
$$0I1 + 9I2 - 4I3 = -15$$

1º Cálculo del determinante denominador (δ). Para ello repetimos en el primer miembro las primeras dos columnas del determinante a la derecha de éste y luego sumar el producto de las diagonales especificas como se muestra a continuación.

(-) (-) (-)

$$¢ = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & -4 & 9 & 2 & -4 \\ 0 & 9 & -4 & 0 & 9 \end{vmatrix} =$$

(+) (+) (+)

$$¢ = [3x(-4)x(-4)] + [0x9x0] + [2x2x9] - [0x(-4)x2] - [9x9x3] - [(-4)x2x0] = -159$$

2º Cálculo del valor de la corriente I_1

$$I1 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 0 & 2 & 10 & 0 \\ 0 & -4 & 9 & 0 & -4 \\ -15 & 9 & -4 & -15 & 9 \end{vmatrix}}{¢} =$$

Observar que los valores de la columna que lleva el valor de la incógnita (I1) han sido reemplazados por los valores del segundo miembro de la ecuación.

$$I1 = \frac{[10x(-4)x(-4)] + [0x9x(-15)] + [2x0x9] - [(-15)x(-4)x2] - [9x9x10] - [(-4)x0x0]}{-159} =$$

$$I1 = \frac{-770}{-159} = 4{,}84$$

3º Cálculo del valor de la corriente I_2

$$I2 = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 10 & 2 & 3 & 10 \\ 2 & 0 & 9 & 2 & 0 \\ 0 & -15 & -4 & 0 & -15 \end{vmatrix}}{¢} =$$

$$I2 = \frac{[3x0x(-4)] + [10x9x0] + [2x2x(-15)] - [0x0x2] - [(-15)x9x3] - [(-4)x2x10]}{-159} =$$

$$I2 = \frac{425}{-159} = -2{,}67$$

4º Cálculo del valor de la corriente I_3

Se sogue el procedimiento trazado y se deberá obtener I3 = -2,26

PRINCIPIOS BASICOS DE GESTION AMBIENTAL.

a.- ASPECTO AMBIENTAL.- Es el elemento derivado de las actividades, productos o servicios de la organización que puede interactuar con el medio ambiente.

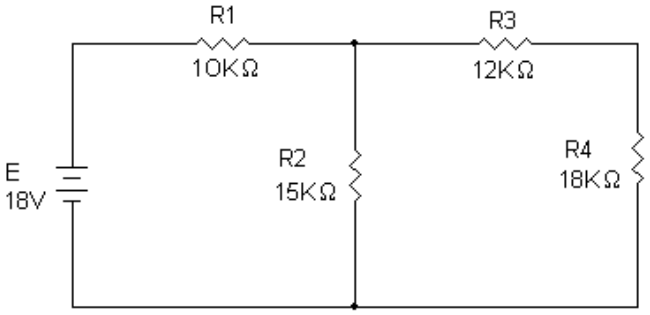
b.- IMPACTO AMBIENTAL.- Cualquier cambio en elmedio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización. Por ejemplo:

Actividad/producto/servicio	**Aspecto medio ambiental**	**Impacto medio ambiental**
Manejo de productos químicos tóxicos	Vertido químico accidental	Contaminación de aguas y/o suelos
Producto: papel blanco	Blanqueado con cloro	Contaminación de las aguas.

HOJA DE OPERACIÓN 13.

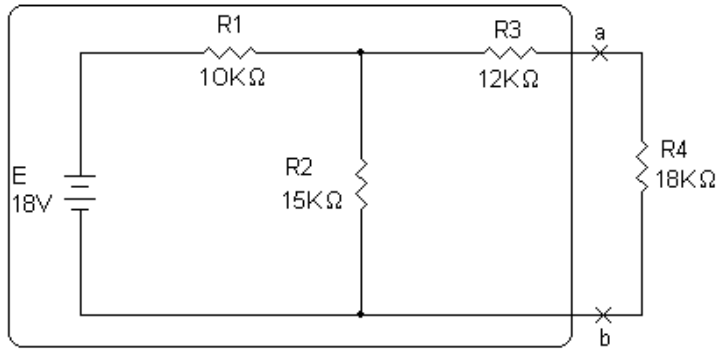
APLICAR EL TEOREMA DE THÉVENIN EN LA SOLUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESISTIVOS.

El Teorema de Thévenin es otro de los métodos empleados en la solución de redes eléctricas resistivas.



1.- En el siguiente circuito (CIRCUITO 1)se desea calcular la caída de tensión en la resistencia R4, empleando el Teorema de Thévenin.

2.- Establezca los bornes a y b de la red y, a partir de ella aplicar el Teorema de Thévenin.

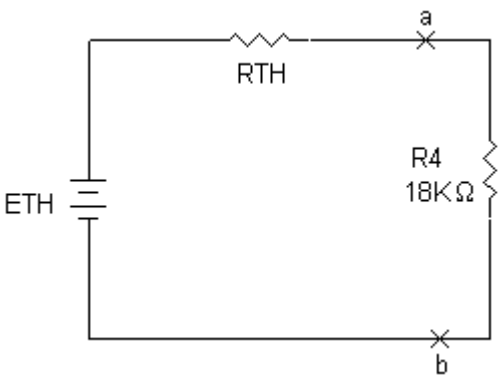


Por ejemplo, considere la siguiente red:

3.- Determine el valor de ETH y RTH y complete la siguiente Tabla:

ETH	
RTH	

4- Reemplazar los valores calculados en el siguiente circuito:



5.- Calcular la caída de tensión en la resistencia R4 aplicando la regla del divisor de tensión y complete la siguiente Tabla:

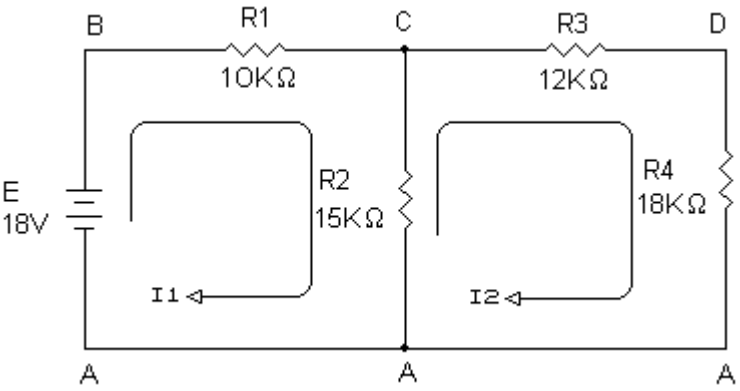
VR4 calculado

6.- Montar el circuito del Paso 1 y haciendo uso de un Voltímetro DC mida la caída de tensión en la resistencia R4.

7.- Montar el circuito del Paso 4 y empleando un Voltímetro DC mida la caída de tensión en la resistencia R4.

Completar la siguiente Tabla.

Voltaje en la resistencia R4		
Calculado en el Paso 5	Medido en el Paso 6	Medido en el Paso 7



8.- Para efectos de comprobación, efectuar el análisis teórico del circuito mostrado en el Paso 1 y calcular la caída de tensión en la resistencia R4, empleando el método de las mallas completando la siguiente Tabla.

Malla ABCA	
Malla ACDA	

9.- Resolver el sistema de ecuaciones obtenido, calculando las corrientes I1 e I2 y completar la siguiente Tabla.

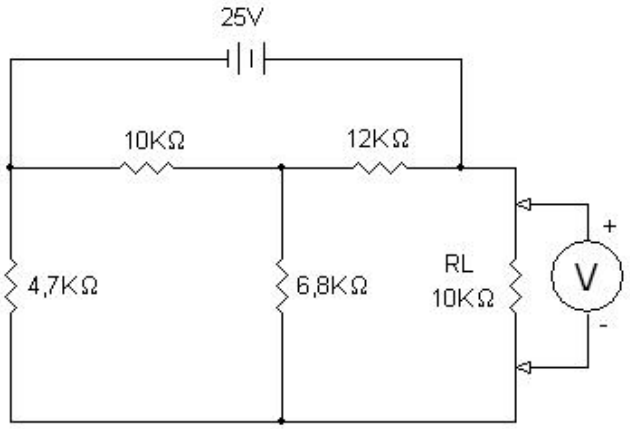
Corriente I1 calculada	Corriente I2 calculada

10.- Empleando un Voltímetro DC medir la caida de tensión en cada resistencia y complete la siguiente Tabla:

Fuente E	V en R de 10KΩ		V en R de 15KΩ	
Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido

V en R de 12KΩ		V en R de 18KΩ	
Calculado	Medido	Calculado	Medido

1.- En el siguiente circuito (CIRCUITO 2) se desea calcular la caída de tensión en la resistencia RL, empleando el Teorema de Thévenin.



2.- Determinar el valor de ETH y RTH y complete la siguiente Tabla:

VTH	
RTH	

V en R de 10KΩ	
Calculado	Medido

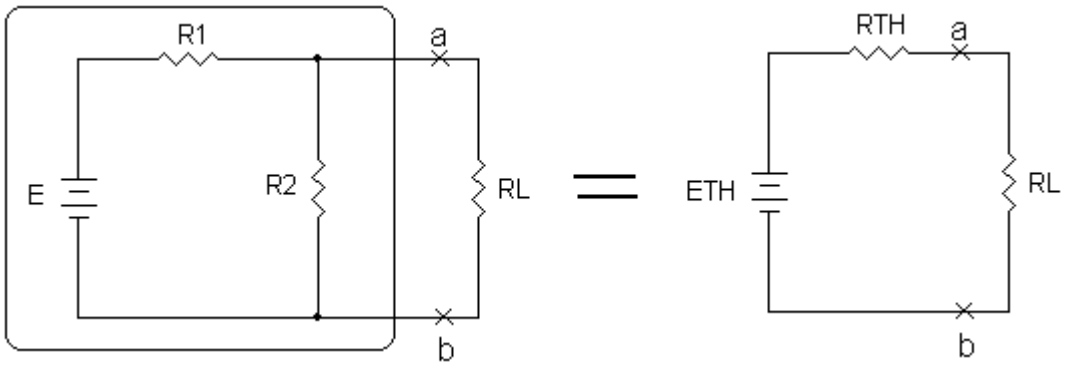
HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 11.

1.- EL TEOREMA DE THÉVENIN.

El teorema de **Thévenin** (**Leon Charles Thévenin**; Meaux, Francia 1857-1926) expresa lo siguiente:

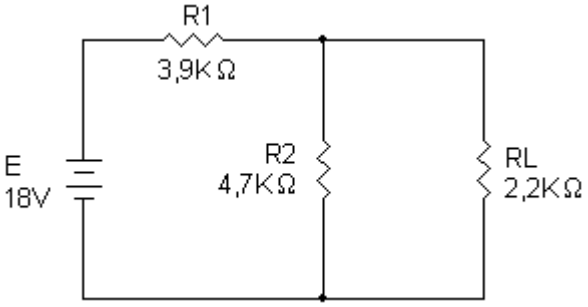
"Toda red bilateral lineal de dos terminales, consistente de resistencias y fuentes de tensión, puede ser reemplazada por una fuente de tensión llamada ETH (Tensión de Thevenin) en serie con una resistencia denominada RTH (Resistencia de Thevenin).
ETH es el voltaje existente, en circuito abierto, en los bornes de la red.

RTH es la resistencia medida entre los bornes de la red, cuando todas las fuentes de tensión han sido reemplazadas por cortocircuitos."

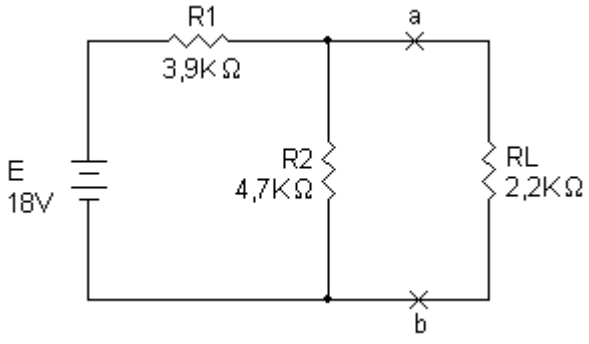


Observar que RL se mantiene inalterable en ambos circuitos.

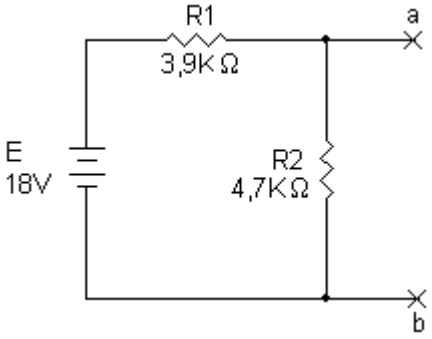
Por ejemplo:
En el siguiente circuito se desea calcular la caída de tensión en la resistencia RL, aplicando el Teorema de Thévenin.



1.- Se debe establecer los bornes de la red. Por ejemplo consideremos la siguiente red con los bornes a y b.



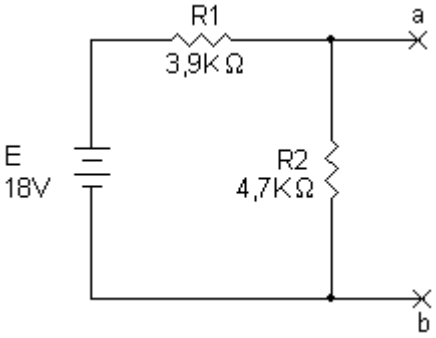
2.- Extraemos dicha parte de la red



2.- En dicha red, se procede a calcular la tensión de Thévenin ETH.

Según el enunciado ETH es el voltaje existente, en circuito abierto, en los bornes de la red; en este caso, ETH será igual al voltaje Vab.

Por los conocimientos de análisis de circuitos, se deduce lo siguiente:



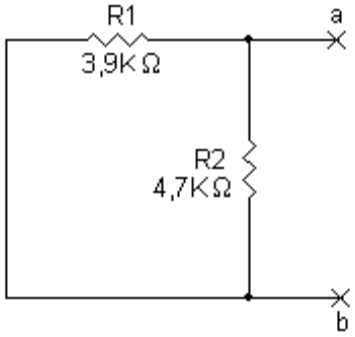
$$ETH = Vab = \frac{E\,x\,R2}{R1+R2}$$

$$ETH = Vab = \frac{18V\,x\,4{,}7K\Omega}{3{,}9K\Omega+4{,}7K\Omega} = 9{,}8V$$

3.- A continuación calcular la Resistencia de Thévenin o RTH.

Según el enunciado, RTH es la resistencia medida entre los bornes de la red, cuando todas las fuentes de tensión han sido reemplazadas por cortocircuitos.

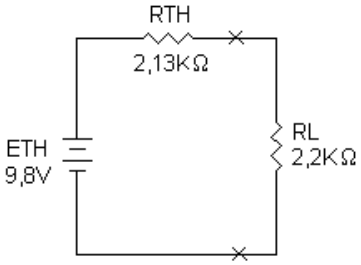
Nuevamente, la RTH es igual a la resistencia entre los bornes ab, es decir :



$$RTH = Rab = \frac{R1\,.R2}{R1+R2}$$

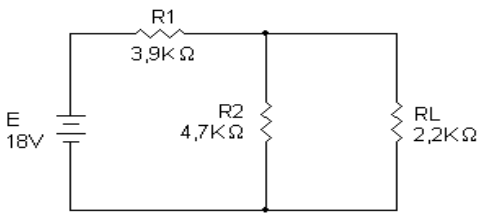
$$RTH = Rab = \frac{3{,}9K\Omega\,x4{,}7K\Omega}{3{,}9K\Omega+4{,}7K\Omega} = 2{,}13K\Omega$$

4.- Reemplazar el circuito Thévenin obtenido, en la red original de la siguiente manera:



5.- Finalmente, calcular la caída de tensión en la resistencia RL por cualquiera de los métodos conocidos, por ejemplo, apliquemos el divisor de tensión.

$$VRL = \frac{VTHxRL}{RTH+RL} = \frac{9{,}8V\,x\,2{,}2K\Omega}{2{,}13K\Omega+2{,}2K\Omega} = 4{,}97V$$

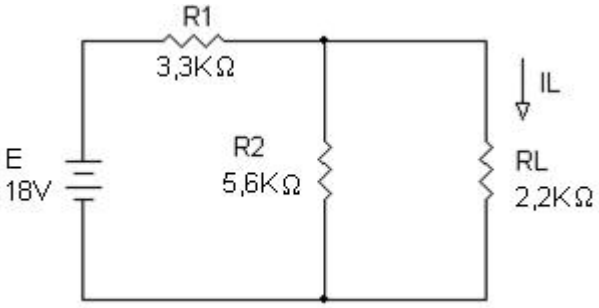


OBSERVACIÓN : Si en el circuito original, se calcula por cualquier otro método la caída de tensión en la resistencia RL, se obtendrá el mismo valor de 4,97 Voltios.

HOJA DE OPERACIÓN 14.

APLICAR EL TEOREMA DE NORTON EN LA SOLUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS RESISTIVOS.

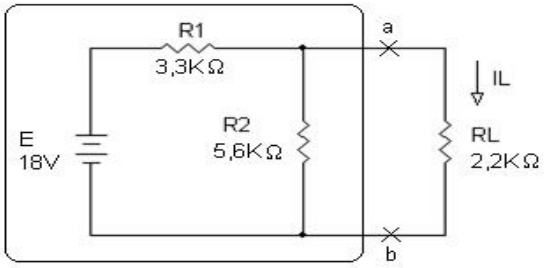
El Teorema de Norton es otro de los métodos empleados en la solución de redes eléctricas resistivas.

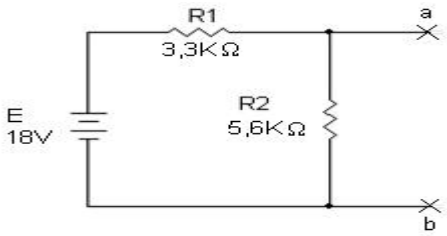


1.- En el siguiente circuito se desea calcular la corriente IL y la caída de tensión en RL, empleando el Teorema de Norton.

2.- Establecer los bornes a y b de la red y, a partir de ella, aplicar el Teorema de Norton.

Por ejemplo, considerar la siguiente red y se extrae del circuito.

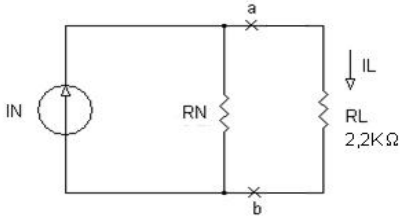




3.- Determinar el valor de IN y RN y complete la siguiente Tabla:

IN	
RN	

4.- Reemplazar los valores calculados en el siguiente circuito:

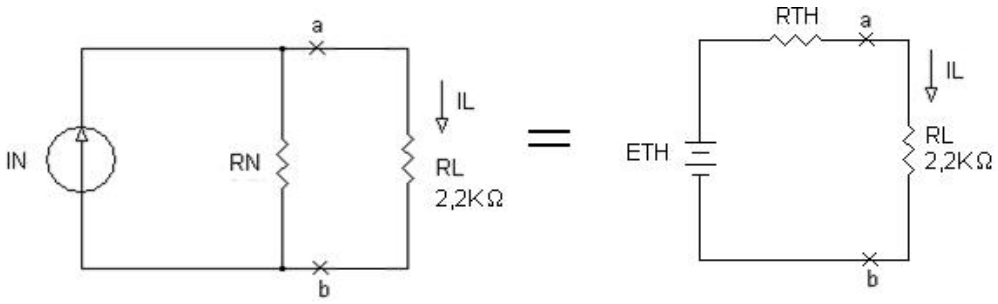


5.- Calcular la corriente IL y la caída de tensión en la resistencia RL aplicando la regla del divisor de corriente y completar la siguiente Tabla:

IL	VRL
Calculado	Calculado

6.- Para efectos de verificación aplicar la equivalencia Thévenin/Norton, calculando ETH y RTH, completar la siguiente Tabla y montar en el protoboard el circuito Thevenin obtenido.

IN	RN	VTH	RTH
Calculado	Calculado	Calculado	Calculado



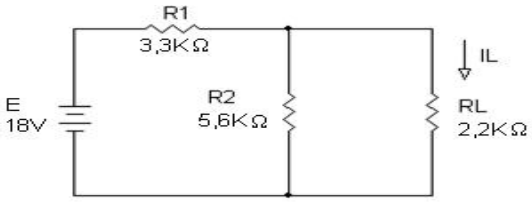
Completar la siguiente Tabla:

7.- En el circuito original, calcular la corriente IL, por otro método conocido y diferente del teorema de Norton; por ejemplo, emplear la ley de Ohm, el método de las mallas, el teorema de Thevenin etc.

VRL		IL	
Calculado	Medido	Calculado	Medido

Verificar que se obtiene el mismo valor para la corriente IL, con lo que se comprobará que no importa el método empleado , el resultado siempre será idéntico.

Completar la siguiente Tabla:



Cálculo de la corriente IL utilizando el Teorema de Norton	Cálculo de la corriente IL utilizando otro método diferente del teorema de Norton

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 12.

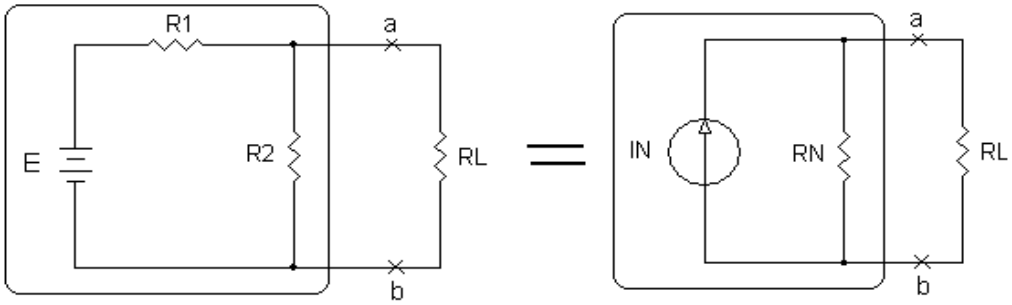
1.- EL TEOREMA DE NORTON.

El teorema de **Norton** (**Edward Lawry Norton**, Maine, USA 1898-1983) expresa lo siguiente:

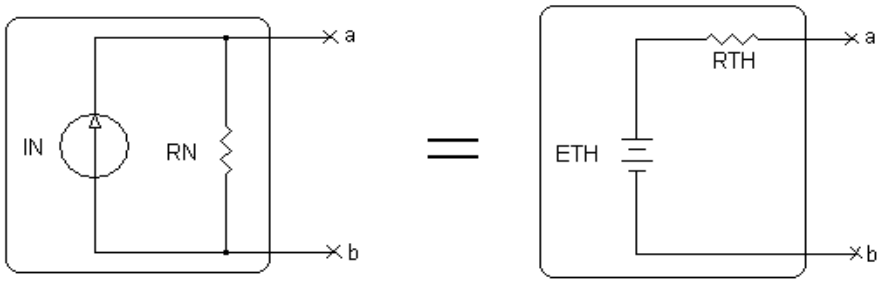
"Toda red bilateral lineal de dos terminales o bornes, consistente de resistencias y fuentes de tensión, puede ser reemplazada por una fuente de corriente llamada IN en paralelo con una resistencia denominada RN.

La fuente de corriente IN se obtiene calculando la corriente que circula por un cortocircuito colocado en los bornes de la red.

RN es la resistencia medida entre los bornes de la red, cuando todas las fuentes de tensión han sido reemplazadas por cortocircuitos."



Se debe considerar además la equivalencia Thévenin/Norton.

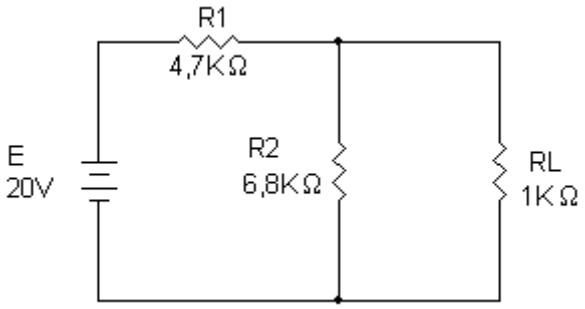


Donde:

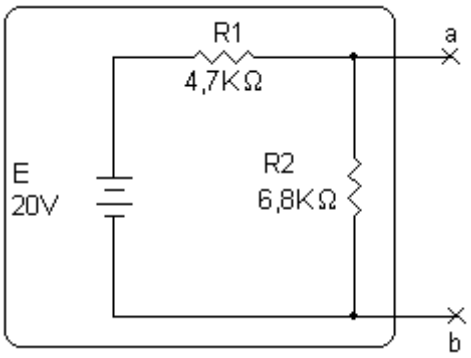
$ETH = IN \; x \; RN$

$RTH = RN$

Por ejemplo: En el siguiente circuito calcular la corriente y la caída de tensión en la resistencia RL, aplicando el teorema de Norton.

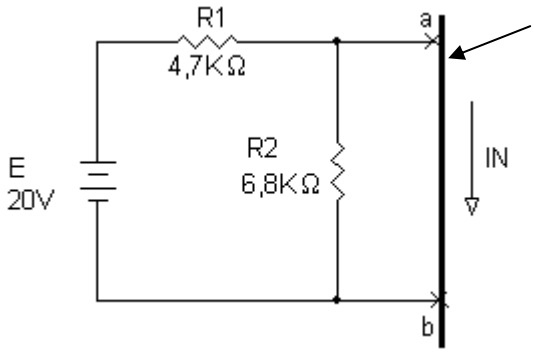


1.- Se debe establecer los bornes de la red, extraerla y aplicar sobre ella el teorema de Norton. Por ejemplo consideremos la siguiente red con los bornes a y b.



2.- En dicha red, procedemos a calcular la corriente de Norton IN.

Según el enunciado del teorema, IN es la corriente existente en un cortocircuito colocado entre los bornes de la red (a y b)



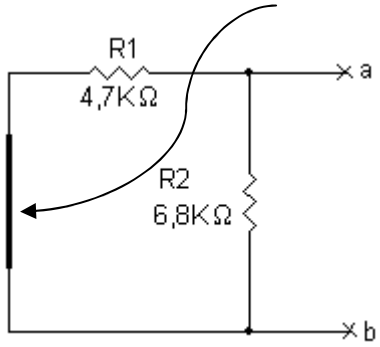
Observar el cortocircuito entre los bornes a y b.

Por los conocimientos de análisis de circuitos, se deduce:

$$IN = \frac{E}{R1} = \frac{20V}{4,7K\Omega} = 4,2mA$$

3.- A continuación calcular la Resistencia de Norton o RN.

Nuevamente, según el enunciado del teorema de Norton, RN es la resistencia medida entre los bornes de la red (a y b), cuando todas las fuentes de tensión han sido reemplazadas por cortocircuitos.

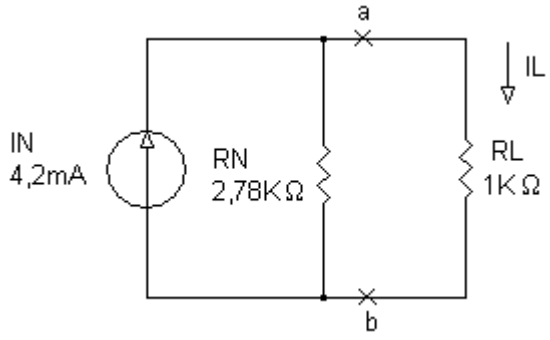


$$RN = Rab = \frac{R1\,x\,R2}{R1 + R2}$$

$$RN = Rab = \frac{4,7K\Omega\,x\,6,8K\Omega}{4,7K\Omega + 6,8K\Omega}$$

$$RN = 2,78K\Omega$$

4.- Reemplazar el circuito Norton obtenido, IN, RN;en la red original, de la siguiente manera:

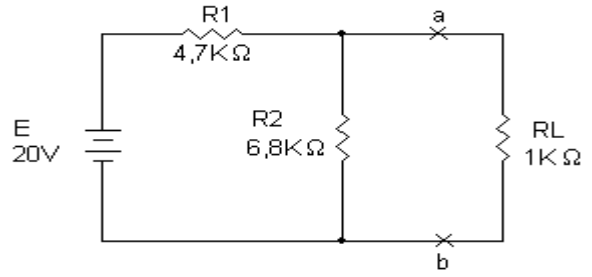


Observar que la resistencia RL ha permanecido inalterable.

5.- Finalmente, calcular la corriente IL que circula por la resistencia RL por cualquiera de los métodos conocidos, por ejemplo, apliquemos el divisor de corriente.

$$IL = \frac{INxRN}{RN + RL} = \frac{4{,}2mA\ x\ 2{,}78K\Omega}{2{,}78K\Omega + 1K\Omega} = 3{,}08mA$$

6.- Para efectos de verificación aplicar la equivalencia Thévenin/Norton, de la siguiente manera:

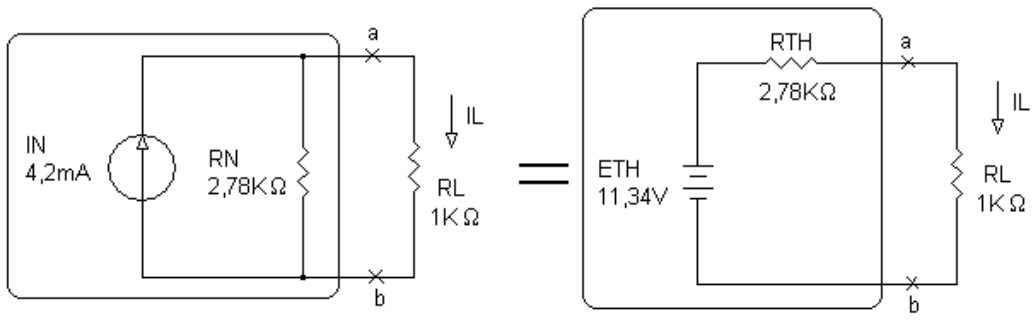


Este es el circuito original

Aquí graficar la equivalencia Thevenin/Norton.

El objeto de la equivalencia Thevenin/Norton es efectuar la comprobación real en un circuito donde sus variables puedan ser medidas.

Evidentemente, si se deseara comprobar el circuito Norton, será necesario emplear una fuente de corriente, la cual en algunos laboratorios no es un instrumento de uso frecuente, al contrario de la fuente de tensión, que es muy popular.



Donde :

$ETH = IN\ x\ RN = 4{,}2mA\ x\ 2{,}78K\Omega = 11{,}34V$

$RTH = RN = 2{,}78K\Omega$

Calculando la corriente L en el circuito Thevenin equivalente se obtiene :

$$IL = \frac{ETH}{RTH + RL} = \frac{11{,}34V}{2{,}78K\Omega + 1K\Omega} = 3{,}08mA$$

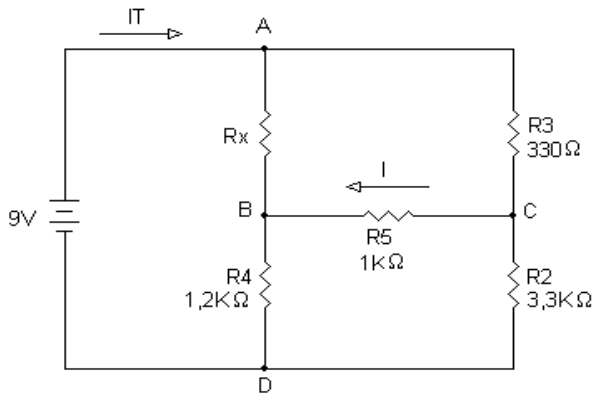
Se obtiene idéntico resultado, lo que confirma la validez del enunciado.

HOJA DE OPERACIÓN 15.

VERIFICAR EL PUENTE DE WHEATSTONE BALANCEADO.

El Puente de Wheatstone es el circuito más versatil usado en muchas aplicaciones, se basa en el principio de balance nulo y puede medir resistencias con mucha precisión.

1.- Montar el siguiente circuito.



2- Calcular el valor de la resistencia Rx, de tal modo que el Puente esté balanceado.

3.- Con el valor calculado de Rx, medir la tensión entre los puntos B y C y calcular la corriente I e IT.

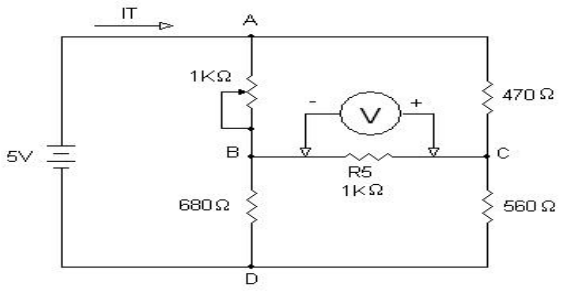
Completar la siguiente Tabla :

Rx	VBC	I	IT
Calculado	Medido	Calculado	Calculado

4.- Cambiar el valor de la resistencia Rx a un valor tal que el puente esté desbalanceado. En esas condiciones completar la siguiente Tabla.

Rx	VBC		I
Seleccionado	Calculado	Medido	Calculado

5.- Montar, a continuación, el siguiente circuito. Observar que se está utilizando un potenciómetro en lugar de una de las resistencias.



6.- Variar el potenciómetro y observar la lectura del Voltímetro.

7.- Anotar el rango de variación del Voltímetro al girar el eje del potenciómetro desde uno hasta el otro extremo.

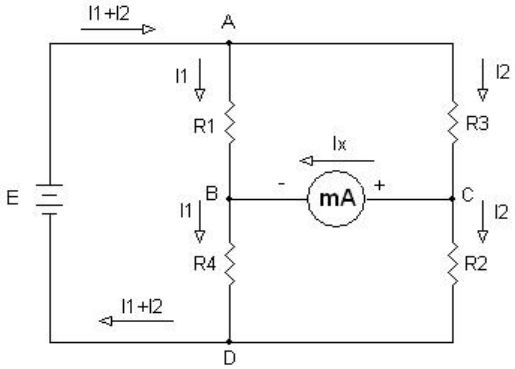
8.- Completar la siguiente Tabla.

Potenciómetro al mínimo	Potenciómetro al máximo	Rango de variación del voltaje en R5
Voltaje en la resistencia R5	Voltaje en la resistencia R5	Medido

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 13.

1.- EL PUENTE DE WHEATSTONE.

El Puente de **Wheatstone** (**Charles Wheatstone**; Gloucester,Reino Unido 1802- París 1875) es uno de los instrumentos mas precisos para medir resistencias. Tiene la siguiente configuración:



En el puente balanceado, la corriente fluye desde la fuente de tensión o batería E y se divide en el punto A.

Parte de esta corriente (I1) fluye por los resistores R1 y R4 y retorna a la batería por el punto D. La otra parte de la corriente (I2) fluye por los resistores R3 y R2 hacia el punto D donde se junta con la corriente I1.

Si los puntos B y C están al mismo potencial se dice que el puente está balanceado o en condición nula, por lo tanto no hay flujo de corriente por el miliamperímetro; en cambio si existiera una diferencia de potencial entre los puntos B y C el puente estaría desbalanceado y por ende circularía corriente por el miliamperímetro.

En los circuitos de aplicación práctica, uno de los brazos del Puente puede ser reeemplazado por un termistor (dispositivo cuya resistencia varía con la temperatura) y el puente resultará desbalanceado con los cambios de temperatura; asi la indicación de la corriente por el miliamperímetro será una indicación directa de la temperatura.

Usando los transductores apropiados (un transductor es un dispositivo cuya resistencia se altera con los cambios de una cantidad física) es posible usar el Puente de Wheatstone como un medidor de presión , flujo, indicador de polución, velocidad del viento etc.

La expresión PUENTE BALANCEADO significa que no hay circulación de corriente por el miliamperímetro, es decir Ix = 0 miliAmp.

Para que ello suceda se debe cumplir lo siguiente: VBD = VCD y VAB = VAC

Si se reemplaza el miliamperímetro por una resistencia R5, ello nos indica que no hay diferencia de potencial en los bornes de dicha resistencia R5 y por lo tanto Ix = 0

$$I1 = \frac{VAB}{R1} = \frac{VBD}{R4} \qquad entonces\ VBD = \frac{VAB\ x\ R4}{R1}\ ,\ I2 = \frac{VAC}{R3} = \frac{VCD}{R2} \qquad entoncesVCD = \frac{VAC\ x\ R2}{R3}$$

Pero, VBD = VCD, luego se tendrá: $\frac{VAB\ x\ R4}{R1} = \frac{VAC\ x\ R2}{R3}$ $\qquad además\ \ VAB = VAC$

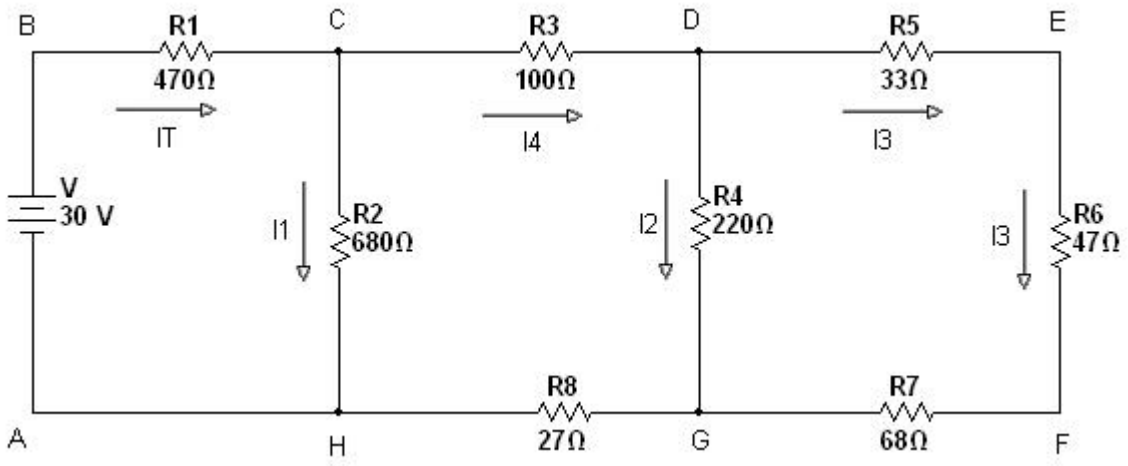
Obteniendo finalmente la ecuación del puente de Wheatstone balanceado.

$$R1\ x\ R2 = R3\ x\ R4$$

HOJA DE EVALUACIÓN 03.

1.- MÉTODO DE LAS MALLAS APLICADO A LA SOLUCIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.

En el siguiente circuito, aplicando el método de las mallas



a.- Calcule la corriente I1, I2, I3, I4, IT

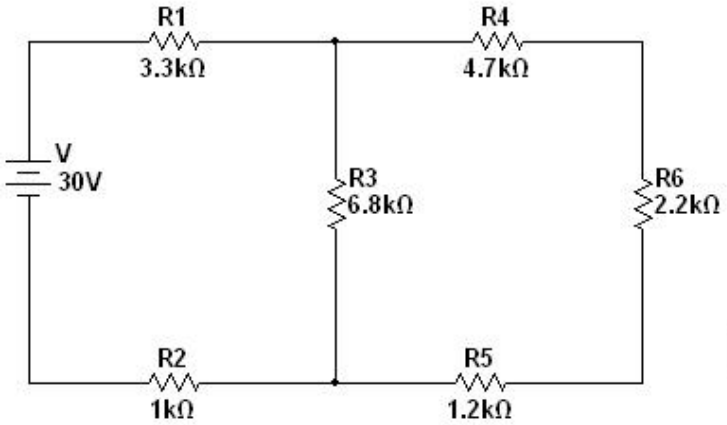
I1 = 11 mA
I2 = 14 mA
I3 = 21 mA
I4 = 36 mA
IT = 47 mA

b.- Aplicando La Ley de las tensiones de Kirchhoff, comprobar que la suma de tensiones es igual a cero en las siguientes mallas.
a.- Malla ABCHA
b.- Malla HCDGH
c.- Malla GDEFG
d.- Malla ABCDGHA
e.- Malla ABCDEFGHA

c.- Aplicando la Ley de las corrientes de Kirchhoff, comprobar que se cumple:
a.- I4 = I2 + I3
b.- IT = I1 + I4

2.- EL TEOREMA DE THEVENIN.

En el siguiente circuito, considerando R6 como resistencia de carga y aplicando el teorema de Thevenin.



a.- Calcular RTH
b.- Calcular VTH

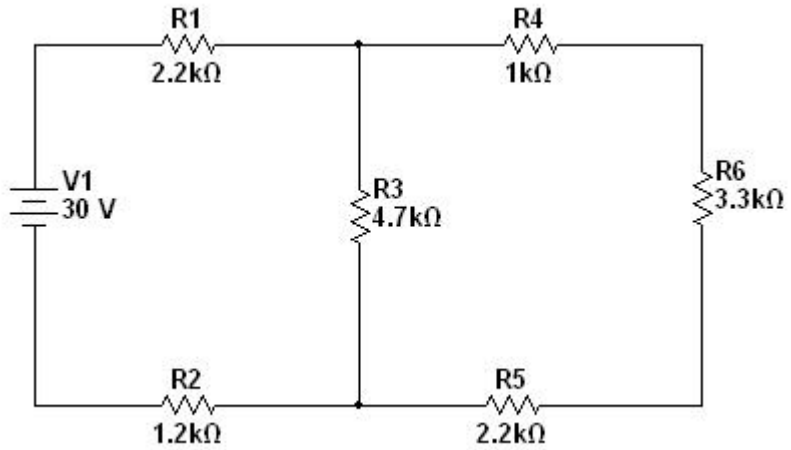
RTH = 8,54 Kohmios
VTH = 18,38 Voltios

c.- Calcular la caída de tensión en la resistencia R6 aplicando el teorema de Thevenin

VR6 = 3,767 Voltios

3.- EL TEOREMA DE NORTON.

En el siguiente circuito, considerando R6 como resistencia de carga y aplicando el teorema de Norton.



a.- Calcular RN
b.- Calcular IN

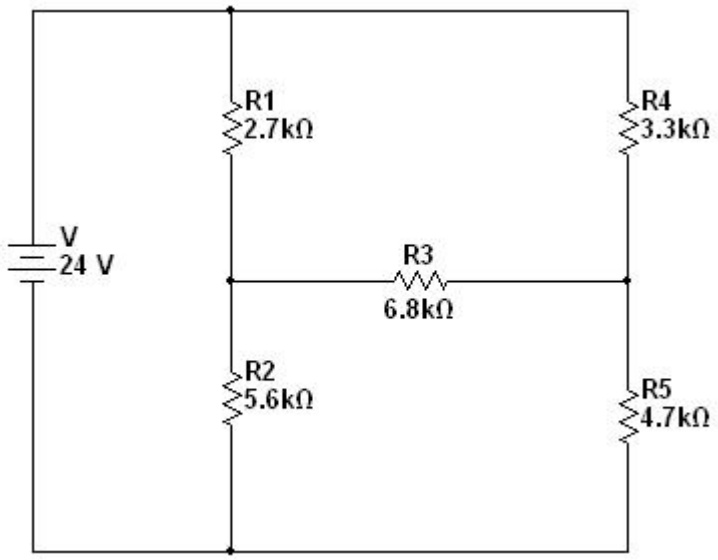
RN = 5,173 Kohmios
IN = 3,364 mA

c.- Calcular la caída de tensión en R6 aplicando el teorema de Norton

VR6 = 6,78 Voltios

4.- EL PUENTE DE WHEATSTONE

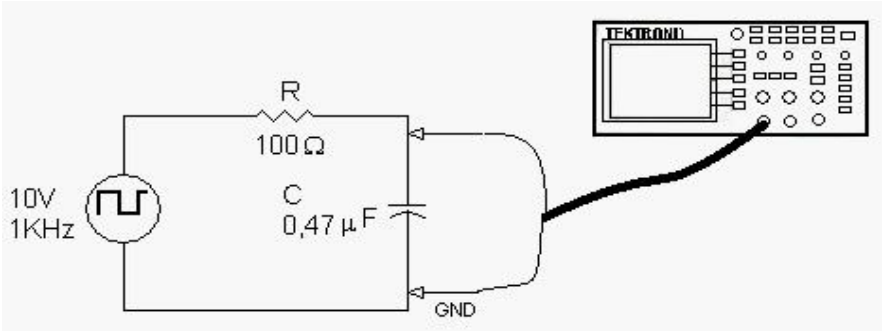
a.- En el siguiente circuito, calcular la caída de tensión en la resistencia R3.

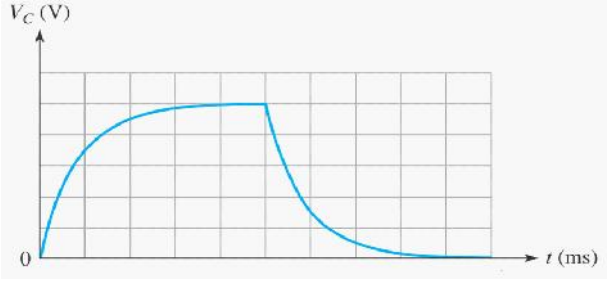


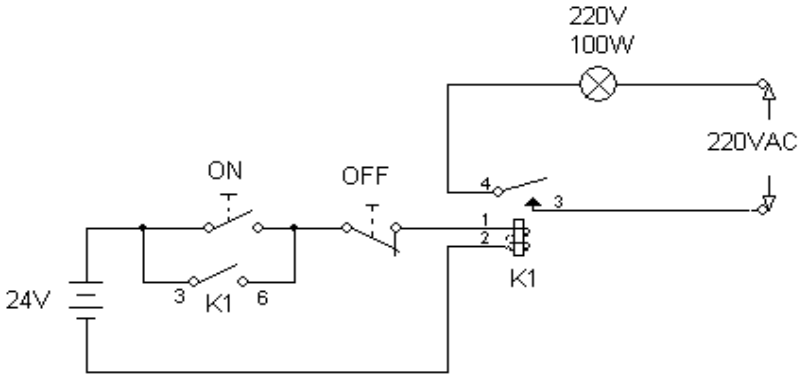
VR3 = 1,348 Voltios

b.- Calcular el nuevo valor de R2 de tal modo que el puente se encuentre balanceado.

R2 = 3,84 Kohmios







N°	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Medir condensadores usando el capacímetro	Osciloscopio digital
2	Medir Vpp usando el osciloscopio digital	Multímetro digital
3	Medir tiempo usando el osciloscopio digital	Generador de función
4	Comprobar el comportamiento del circuito RC serie	Alicate de punta semiredonda de 4"
5	Montar circuito con relé DC	Alicate de corte diagonal de 4"
6	Comprobar comportamiento de circuito RL serie	Destornilador plano de 4"x1/8"
		Condensadores de diversos valores
		Resistencias de diversos valores de 1/2 Wattio
		Alambre telefónico 2x22 AWG
		Protoboard

	CIRCUITOS RC Y RL EN SERIE EN DC	HT:T4	
	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 8 horas	HOJA:1/1

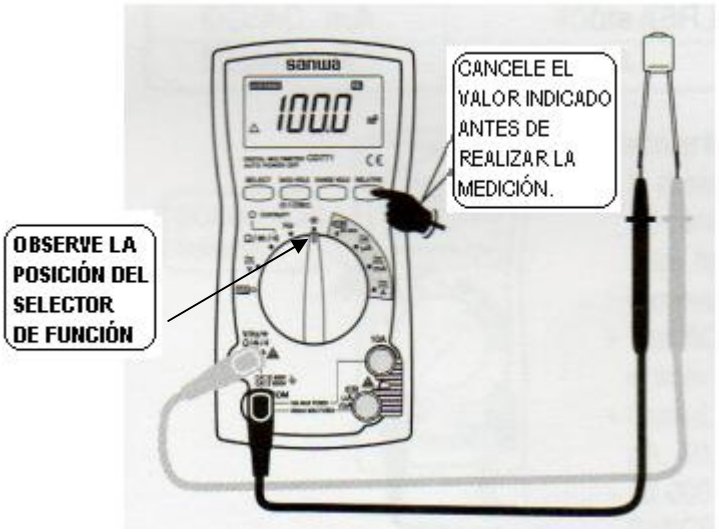
HOJA DE OPERACIÓN 16.

MEDIR CONDENSADORES USANDO EL CAPACÍMETRO.

Para medir condensadores usando el capacímetro, que se encuentra incorporado en el multímetro digital Sanwa mod. CD771, se debe seguir el siguiente procedimiento:

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Conectar las puntas de prueba en los terminales de medición; la punta de color rojo debe ir en el borne indicado V/Hz/⊣⊢ Ω/⊣◀/•)) La punta de color negro deberá conectarla al punto denominado **COM.**



2.- Colocar el selector de función en la posición ⊣⊢.
Presione el pulsador **RELATIVE** y en la pantalla debe aparecer:



3.- Proceder a medir el condensador de la manera que indica el gráfico adjunto:

OBSERVACIÓN: Cuando se mide condensadores, estos deben estar descargados.

Completar la siguiente Tabla:

Valor indicado en el condensador	Valor en microfaradios (µF)	Valor indicado en nanofaradios (ηF)	Valor indicado en picofaradios (pF)	Valor medido con el capacímetro

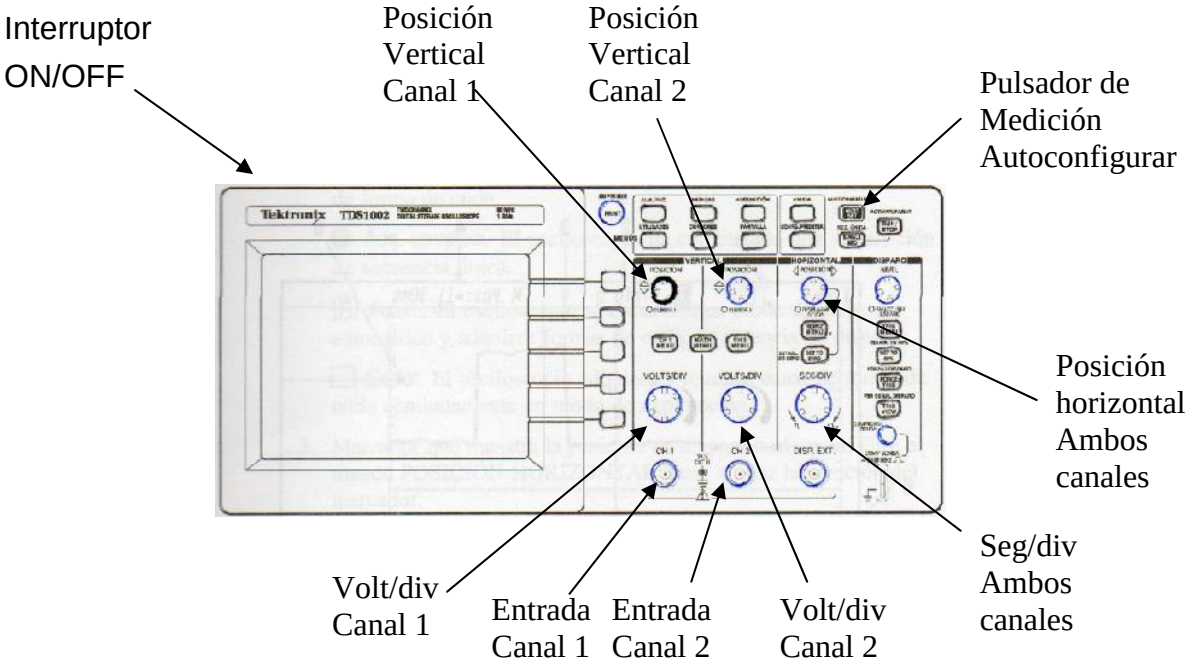
HOJA DE OPERACIÓN 17.

MEDIR VOLTAJE PICO A PICO USANDO EL OSCILOSCOPIO DIGITAL.

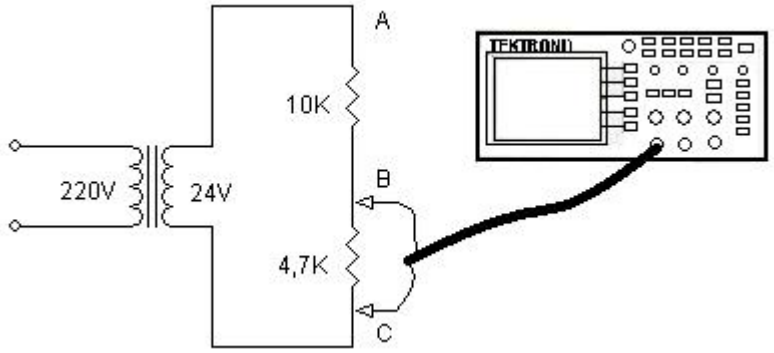
El osciloscopio digital es el instrumento que nos permite visualizar las formas de onda de cualquier circuito eléctrico o electrónico.

El osciloscopio que vamos a estudiar tiene la siguiente apariencia frontal.

Veamos algunos de sus controles principales



El Voltaje pico a pico es el voltaje medido en sentido vertical en cualquier forma de onda, siendo necesario para ello el uso del osciloscopio, quien además nos permite visualizar la forma de onda que estamos midiendo.



1.- Montar el siguiente circuito.

2.- Energizar el osciloscopio, accionando el interruptor encendido/apagado ubicado en la parte superior izquierda del osciloscopio.

OBSERVACION.- Esperar unos segundos mientras el osciloscopio hace su autodiagnóstico y aparezca en la pantalla el texto: **Pruebas de encendido OK**.

3.-Conectar la sonda de medición en el conector BNC denominado CH1.

4.- Pulsar el botón CH1 MENU y establezca la atenuación de opción SONDA en 1X.

5.- Conectar la sonda del osciloscopio del Canal 1 en los puntos B y C para medir la tensión pico a pico en la resistencia de 4,7K.

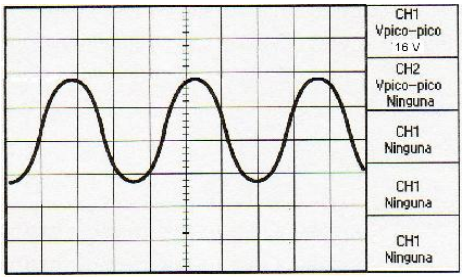
7.- Presionar el pulsador AUTOCONFIGURAR.

OBSERVACION.- El osciloscopio establece automáticamente los controles vertical, horizontal y de disparo.

Si se desea mejorar la presentación de la forma de onda, puede ajustar manualmente dichos controles.

La medición del Voltaje pico a pico con el osciloscopio, se puede realizar de tres maneras.

1.- MEDICIÓN DEL VOLTAJE PICO A PICO USANDO LA RETÍCULA.



a.- Observar que en la parte inferior izquierda de la pantalla del osciloscopio está ubicado el factor de escala vertical del canal 1, por ejemplo, suponer que indica 5V

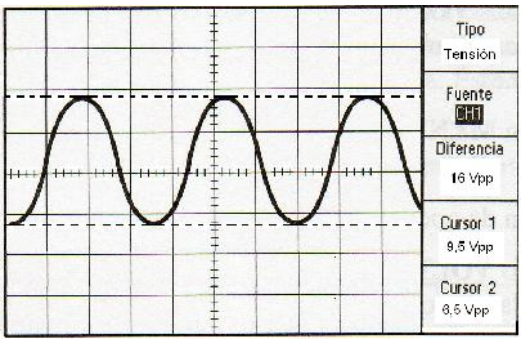
(será 5Voltios/división).

b.- Variando los controles de posición vertical y horizontal, ubicar la forma de onda de tal modo que pueda contar, en sentido vertical, el número de divisiones de la retícula que ocupa la forma de onda. Suponer que ocupa 3,2 divisiones.

c.- En este caso, el voltaje pico a pico medido será:

$$Vpp = 3{,}2\ div\ x\ \frac{5V}{div} = 16\ Vpp$$

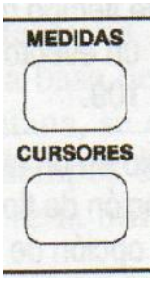
2.- MEDICION DEL VOLTAJE PICO A PICO USANDO LOS CURSORES.



a.- Pulsar el botón CURSORES, para ver el menú CURSORES.
b.-Pulsar el botón de opción TIPO y seleccionar TENSIÓN.
c.- Pulsar el botón de opción FUENTE y seleccionar CH1.
d.- Girar la perilla CURSOR1 (Control de posición vertical del Canal 1) para colocar un cursor en el pico más alto de la oscilación.
e.- Girar la perilla CURSOR2 (Control de posición

vertical del Canal 2) para colocar un cursor en el pico mas bajo de la oscilación.
f.- En la pantalla del osciloscopio observar el parámetro
DIFERENCIA, ahí podrá leer el Voltaje pico a pico medido.

3.- MEDICION DEL VOLTAJE PICO A PICO USANDO LAS MEDIDAS AUTOMATICAS DEL OSCILOSCOPIO.



a.- Pulsar el botón MEDIDAS.
En el lado derecho de la pantalla del osciloscopio aparece el menú MEDIDAS con 5 opciones y su botón correspondiente.
b.- Pulsar el botón de opción superior, aparece el menú MEDIR 1.
c.- Elegir la opción FUENTE: CH1.
d.- Pulsar el segundo botón de opción que debe estar indicando TIPO: NINGUNA. Continúe pulsando hasta obtener TIPO: Vpico-pico.
OBSERVACION.- Automáticamente aparece el resultado en la parte inferior.
e.- Pulsar el botón MEDIDAS, ahora debe visualizar
el resultado: MEDIDAS: CH1 : Vpico-pico (..el valor medido...).

HOJA DE OPERACIÓN 18.

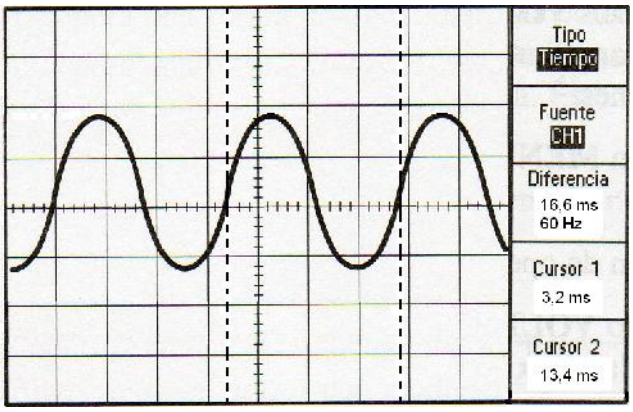
MEDIR TIEMPO USANDO EL OSCILOSCOPIO DIGITAL.

La variable tiempo es la magnitud medida en sentido horizontal en cualquier forma de onda, siendo necesario para ello el uso del osciloscopio, que además permite visualizar la forma de onda que se está midiendo.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

Manteniendo el mismo circuito que empleó para medir Voltaje pico a pico, vamos ahora a medir la variable tiempo, a su vez, ello nos permite calcular la frecuencia de la onda que estamos visualizando.

MEDICIÓN DEL PERIODO (TIEMPO) USANDO LOS CURSORES.



a.-Pulsar el botón CURSORES para ver el menú CURSORES.

b.-Pulsar el botón de opción TIPO y seleccionar TIEMPO.

c.-Pulsar el botón de opción FUENTE y seleccionar CH1.

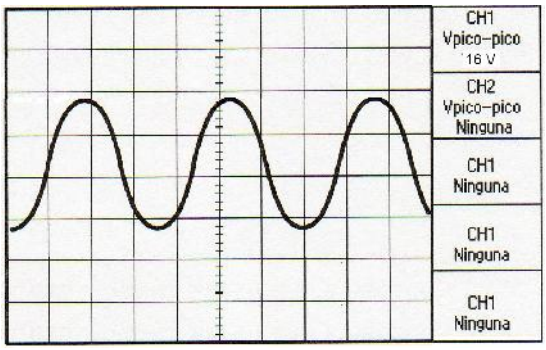
d.-Girar la perilla CURSOR1 (Control de posición del Canal 1) para colocar un cursor en el inicio de la comba positiva de la oscilación.

e.- Girar la perilla CURSOR2 (Control de posición del Canal 2) para colocar un cursor en el término de la comba negativa de la oscilación.

f.- En la pantalla del osciloscopio observar el parámetro DIFERENCIA, podrá leer el tiempo (periodo) medido y adicionalmente la frecuencia de la forma de onda.

MEDICIÓN DEL PERIODO (TIEMPO) USANDO LAS MEDIDAS AUTOMÁTICAS DEL OSCILOSCOPIO.

a.- Pulsar el botón MEDIDAS.
En el lado derecho de la pantalla del osciloscopio aparece el menú MEDIDAS con 5 opciones y su botón correspondiente.



b.- Pulsar el botón de opción superior, aparece el menú MEDIR 1.

c.- Elegir la opción FUENTE: CH1.

d.-Pulsar el segundo botón de opción que debe estar indicando TIPO: NINGUNA. Continuar pulsando hasta obtener TIPO: PERIODO.

OBSERVACION.- Automáticamente aparece el resultado en la parte inferior.

e.-Pulsar el botón MEDIDAS, ahora debe visualizar el resultado: MEDIDAS: CH1: PERIODO (... el valor medido...).

HOJA DE OPERACIÓN 19.

COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL CIRCUITO RC SERIE EN D.C.
PROCESO DE EJECUCIÓN.

LECTURA DE CONDENSADORES Y CONVERSIÓN DE UNIDADES.

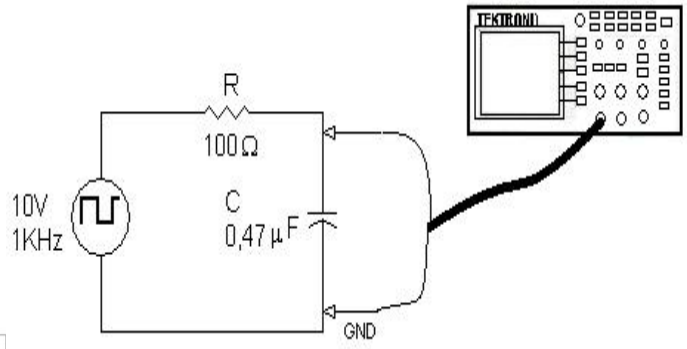
Completar la siguiente Tabla:

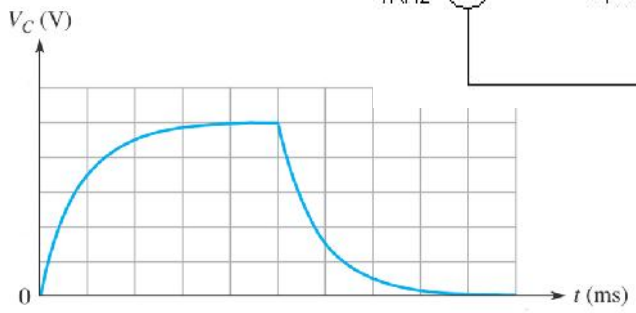
VALOR INDICADO EN EL CONDENSADOR	VALOR EN MICROFARADIOS (μF)	VALOR EN NANOFARADIOS (nF)	VALOR EN PICOFARADIOS (pF)
561			
.001M			
224K			
.22			
473K			
.33K			
474K			
683K			
.01			
471			
100n			

CIRCUITO RC SERIE.

1.- Montar el siguiente circuito.

2.-Ajustar los controles del osciloscopio hasta obtener la siguiente forma de onda.





3.- Calcular el valor de la constante de tiempo τ .

4.- Determinar el valor de la zona transiente y la zona estacionaria. Identifíquelas en su gráfico.

5.- Completar la siguiente Tabla.

R	C	τ	Duración de la zona transiente	Duración de la zona estacionaria

CARGA DEL CONDENSADOR.
Visualizar en la pantalla del osciloscopio, la curva de carga del condensador y completar la siguiente Tabla.

Constante de tiempo τ	1τ	2τ	3τ	4τ	5τ
Tiempo en milisegundos					
Voltaje en el condensador calculado					
Voltaje en el condensador medido					

DESCARGA DEL CONDENSADOR.
Visualizar en la pantalla del osciloscopio, la curva de descarga del condensador y complete la siguiente Tabla.

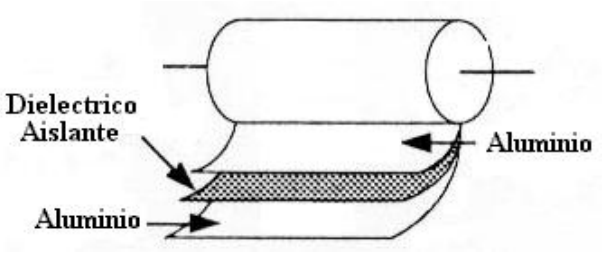
Constante de tiempo τ	1τ	2τ	3τ	4τ	5τ
Tiempo en milisegundos					
Voltaje en el condensador calculado					
Voltaje en el condensador medido					

CÁLCULO DEL VALOR DEL CONDENSADOR.
Aplicando los valores obtenidos, calcular el valor del condensador.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 14.

1.- LA CAPACIDAD EN DC.

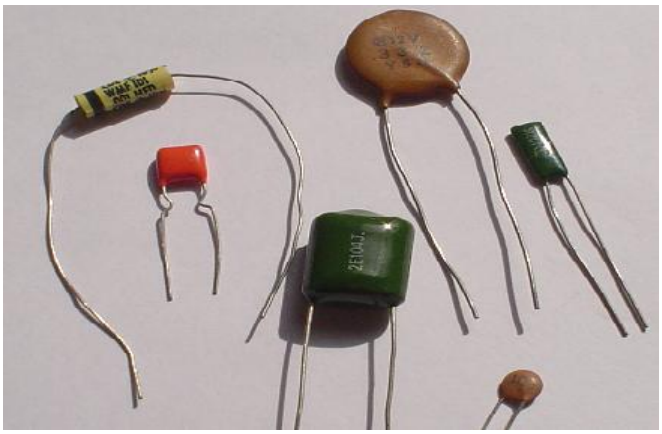
Los condensadores son elementos que almacenan energía eléctrica temporal en forma de campo electrostático y están constituidos por dos armaduras o placas metálicas paralelas separadas por un aislante llamado dieléctrico.



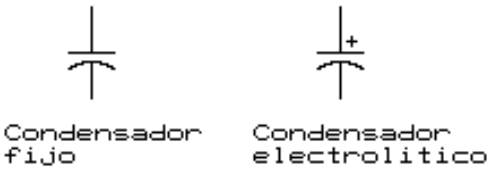
Los condensadores son usados en, prácticamente, todos los circuitos electrónicos para una variedad de propósitos. A diferencia de las resistencias, sin embargo, ellos realizan sus funciones solamente cuando hay un cambio en el voltaje del circuito.

El condensador puede ser cargado, almacenar una carga, o descargarse devolviendo corriente al circuito.

Actúan como una clase de batería temporal para almacenar energía en forma de campo eléctrico.



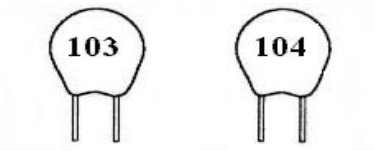
2.- SÍMBOLO.



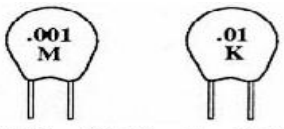
3.- UNIDAD DE MEDIDA.

La unidad básica para la capacidad es el **FARADIO**, (Michael **Faraday**, físico inglés 1791-1867), sin embargo, los condensadores de valores prácticos están dados en MICROFARADIOS (μF), NANOFARADIOS (nF) y PICO FARADIOS (pF).
Su orden de equivalencia es la siguiente:
1 microfaradio (μF) = 10^{-6} F
1 nanofaradio (nF) = 10^{-9} F
1 picofaradio (pF) = 10^{-12} F

LETRA MAYÚSCULA	TOLERANCIA C > 10 pF
J - D	± 5 %
K	± 10 %
M	± 20 %
F	± 1 %



103 = 10 000 pF =0,01 uF
104 = 10 0000 pF = 0,1 uF



.001M = 0,001 uF = 1000 pF, 20%
.01K = 0,01 uF = 10 000 pF,10%

4.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE UN CONDENSADOR.

Un condensador se especifica por su capacidad en MICROFARADIOS (μF) , NANOFARADIOS (nF) o PICO FARADIOS (pF) y su tensión en Voltios. Por ejemplo:

Un condensador de 0,1 microfaradios, 100 Voltios

5.-PROCESO DE CARGA DE ENERGÍA EN UN CONDENSADOR.

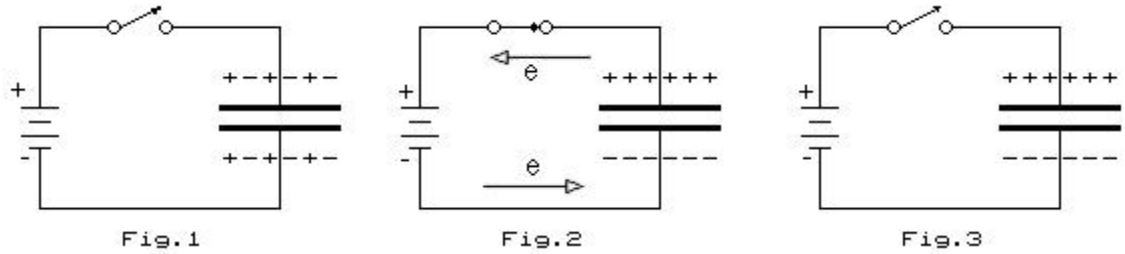


Fig.1 Fig.2 Fig.3

En la Fig.1 se observa un condensador descargado, las cargas eléctricas en cada placa están balanceadas y la tensión entre los bornes del condensador será cero.

En la Fig.2 se aprecia que el condensador ha sido conectado a una fuente de tensión DC, por lo que ahora sus cargas se han repartido en ambas placas. La tensión entre los bornes del condensador será igual a la tensión de la fuente.

En la Fig.3, se ha abierto el interruptor, desconectando la fuente de tensión DC, pero sin embargo, el condensador permanece cargado.

La ecuación que determina la carga de un condensador es la siguiente:

$$Vc = E\left(1 - \ell^{\frac{-t}{R.C}}\right) = E\left(1 - \ell^{\frac{-t}{2}}\right)$$

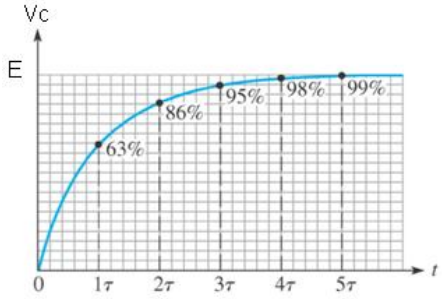


GRÁFICO DE LA CARGA

Mientras que la ecuación que determina la descarga es la siguiente:

$$Vc = E\,\ell^{\frac{-t}{R.C}} = E\,\ell^{\frac{-t}{2}}$$ donde :

Vc = Tensión de carga almacenada en el condensador (V).
E = Tensión de la fuente de alimentación (V).
t = Tiempo de carga del condensador (segundos)
R = Valor de la resistencia (ohmios)
C = Valor del condensador (Faradios)
τ = Constante de tiempo = RC (segundos)

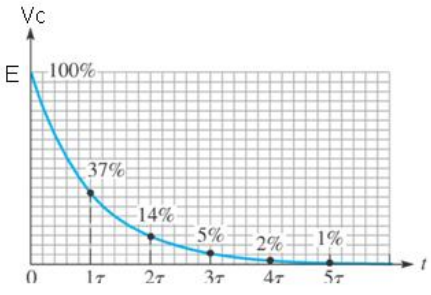


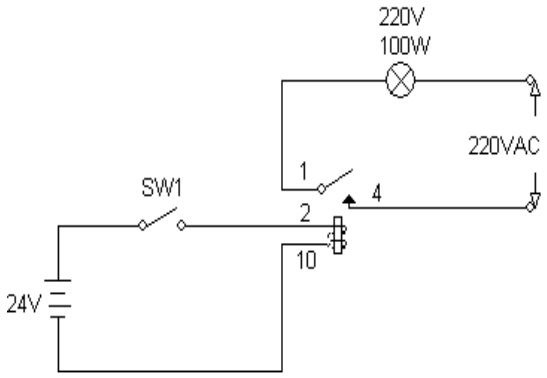
GRÁFICO DE LA DESCARGA

Al graficar dicha ecuación se obtiene la siguiente curva universal de carga y descarga de un condensador.

En dicha curva se aprecia que el tiempo de 5τ es conocido como **ZONA TRANSIENTE** y el tiempo más allá de los 5τ se conoce como **ZONA ESTACIONARIA**.

HOJA DE OPERACIÓN 20.

MONTAR CIRCUITO CON RELÉ DC.



PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Solicitar un relé encapsulado de 11 pines.

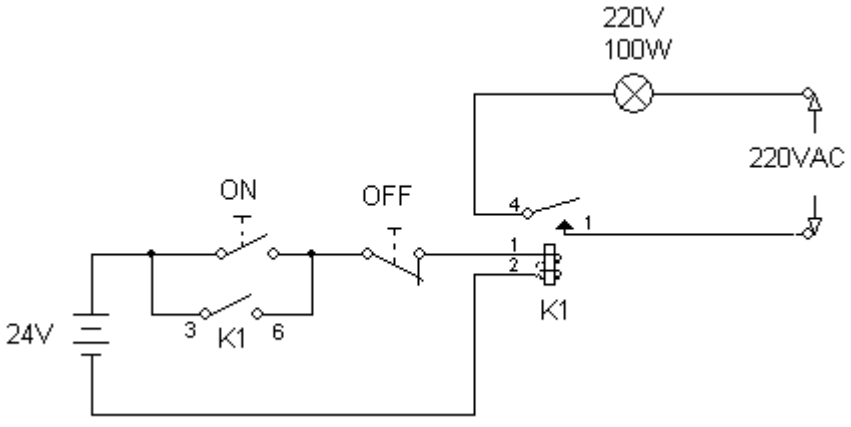
2.- Identificar los terminales que corresponde a la bobina, midiendo su resistencia.

3.- Montar el siguiente circuito.

4.- Completar la siguiente Tabla.
Observar que para desenergizar la bobina es necesario abrir el interruptor SW1.

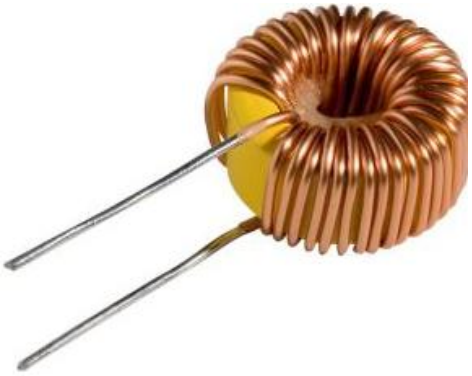
Interruptor SW1	Voltaje en la bobina (pin 2 y 10)	Condición de la lámpara de 220V (iluminada/apagada)	Condición del contacto 1 – 4 (abierto/cerrado)
Abierto			
Cerrado			

5.- Montar el siguiente circuito.



6.- Explicar qué sucede en el circuito al accionar el pulsador ON.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 15.



1.- LA INDUCTANCIA EN DC.

La inductancia es un dispositivo conformado por un gran número de vueltas de alambre enrollados sobre un núcleo, generalmente, de forma cilíndrica y que almacena energía en forma de campo electromagnético.

La inductancia despliega sus características totales sólo cuando se realiza un cambio en la corriente dentro del circuito.

Para la creación y mantenimiento del flujo electromagnético dado en **Weber** (**Wilhelm Eduard Weber**, Alemania 1804 – 1891) es preciso que circule una corriente eléctrica, esto fue descubierto por el físico danés **OERSTED** en 1820 (**Hans Christian Oersted**, Rudkobing,Dinamarca 1777 – Copenhague, Dinamarca 1851:"Cuando por un conductor circula corriente eléctrica, en él se establece un campo electromagnético).

Los factores que contribuyen a incrementar la inductancia son la cercanía de los devanados y el diámetro de la forma de la bobina. Es decir, incrementando el número de vueltas de alambre en una bobina con núcleo de aire se incrementa la inductancia; y, si mantenemos el mismo número de vueltas, pero, ahora, colocamos un núcleo tal como láminas de hierro silicoso o acero pulverizado mezclado con resina, la inductancia se incrementa mucho más.

2.- SÍMBOLO.

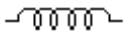
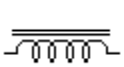
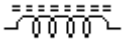
El siguiente es el símbolo de la inductancia.



3.- UNIDAD DE MEDIDA.

La unidad de medida es el **HENRY** (**Joseph Henry** ,científico Americano 1797-1878).
El HENRY es una unidad muy grande, y generalmente se usan los submúltiplos como el miliHenry (mH) y el microHenry(μH).

4.- CLASES DE INDUCTANCIAS.

1.- Inductancia con núcleo de aire. 
2.- Inductancia con núcleo de hierro. 
3.- Inductancia con núcleo de hierro pulverizado (ferrita). 

5.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA INDUCTANCIA.

La inductancia se especifica por su valor en Henrys y la corriente en Amp o miliAmperios. Por ejemplo :

Una inductancia de 1,2 Henrys, 750 miliAmperios

6.- EL RELÉ ENCAPSULADO DE 11 PINES.

El relé es un dispositivo electromecánico y se considera como un interruptor electromagnético conformado por las siguientes partes:

1.- La bobina

2.- El juego de contactos.

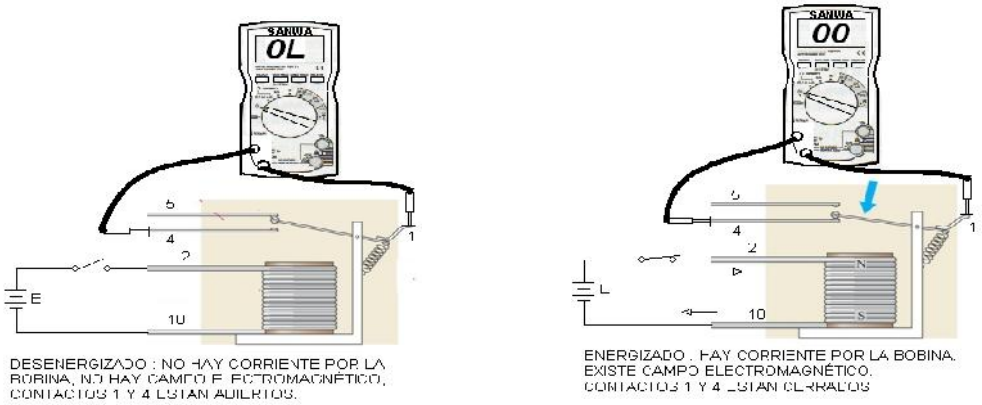
Los relés pueden ser de ca y DC y su tensión de excitación de la bobina desde 5V, 12V, 24 V y 48 Voltios DC



En este relé se observa que los terminales de la bobina son los bornes 2 y 10.

Asimismo, se aprecia que tiene tres juegos de contactos, donde cada juego de contactos consta de un terminal común (borne 1), un contacto normalmente abierto (borne 4) y un contacto normalmente cerrado (borne 5).

Al energizarse la bobina, todos los contactos cambian de posición, es decir, los contactos normalmente abiertos pasan a la condición de cerrados y los contactos cerrados pasan a la condición de abiertos.



DESENERGIZADO : NO HAY CORRIENTE POR LA BOBINA, NO HAY CAMPO ELECTROMAGNÉTICO, CONTACTOS 1 Y 4 ESTAN AUILRTOS.

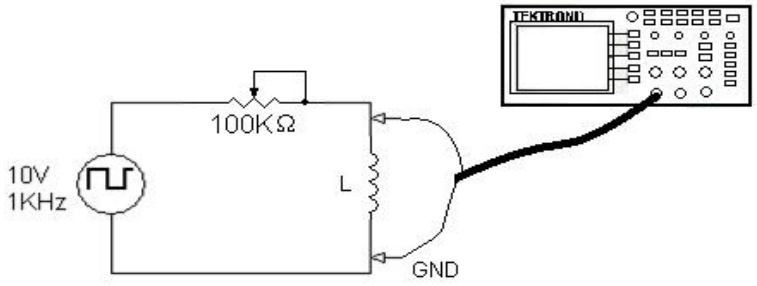
ENERGIZADO , HAY CORRIENTE POR LA BOBINA, EXISTE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO, CONTACTOS 1 Y 4 ESTAN CERRADOS

Un contacto abierto al medirlo con el ohmímetro indica OL (Open Loop, lazo abierto), mientras que el mismo contacto al estar cerrado indica 00, es decir indica continuidad.

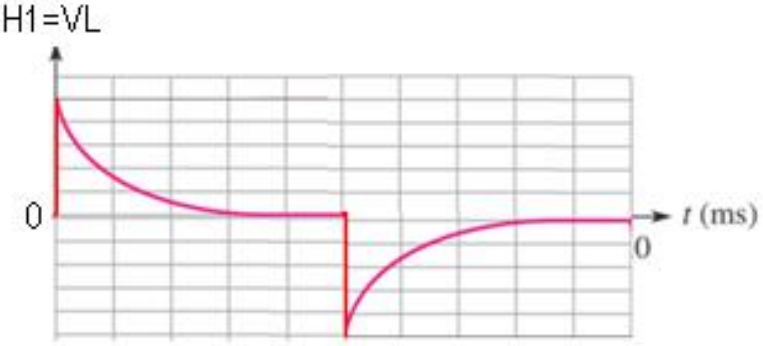
HOJA DE OPERACIÓN 21.

COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DE UN CIRCUITO RL SERIE EN DC.
PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Montar el siguiente circuito.



Ajustar el potenciómetro y los controles del osciloscopio hasta obtener la siguiente forma de onda.



2.- Retirar cuidadosamente el potenciómetro, mida su resistencia empleando un ohmímetro.

3.- De ser posible, reemplazar el potenciómetro por una resistencia de valor comercial cercano al valor obtenido en el paso anterior.

4.- Medir el tiempo que equivale a cinco constantes de tiempo τ.
5.- Calcular el valor de la inductancia aplicando la ecuación :

$$\tau = \frac{L}{R}$$

6.- Completar la siguiente Tabla.

Tiempo en 5 τ	Tiempo en 1 τ	Resistencia del potenciómetro	Valor de la inductancia
Medido	Medido	Medido	Calculado

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 16.

1.- EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO Y SU APLICACIÓN EN EL RELÉ.

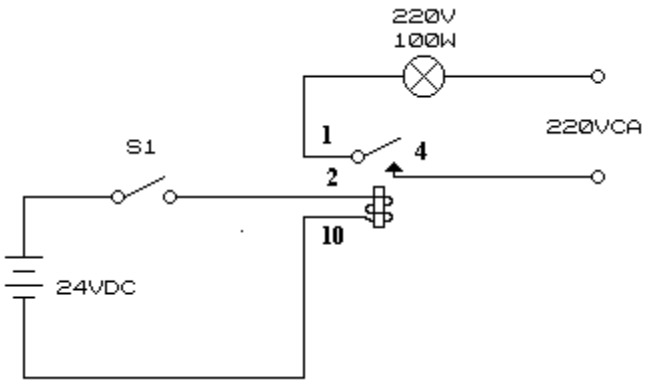
El magnetismo es de gran importancia en muchos de los campos de la electricidad y la electrónica, por ejemplo: en los relés, motores, generadores, etc., de igual manera se aplica en los altoparlantes, cintas de grabación de audio y video, grabación de información en los discos duros de las computadoras, en los equipos médicos de resonancia magnética nuclear etc.

Está comprobado que cuando por un conductor circula una corriente continua de suficiente intensidad, se produce en su vecindad un campo electromagnético, el cual tiene las propiedades y cualidades de los campos magnéticos, es decir, atraer objetos metálicos.

Si el alambre conductor se enrolla en forma de bobina, el campo electromagnético se incrementa. Este campo electromagnético está formado por una gran cantidad de líneas magnéticas de fuerza y la magnitud física que permite cuantificar este efecto se llama densidad de flujo magnético. Su unidad es el **TESLA** (**Nikola Tesla**, físico Croata, 1856 – 1943).

El aparato que mide la inducción magnética se compone de un instrumento indicador y una sonda de **HALL** que se introduce en el campo a medir (**Edwin Herbert Hall**, físico americano, 1855 – 1938)

Por ejemplo, una aplicación en un circuito eléctrico sencillo lo mostramos a continuación.



Mientras el interruptor S1 se encuentre abierto, la bobina del relé (bornes 2 y 10) estará desenergizada y, por lo tanto, sus contactos 1 y 4 se encuentran abiertos, lo que trae como consecuencia que la lámpara permanezca apagada.

Si ahora se cierra el interruptor S1, sucede lo siguiente:

Circulará corriente por la bobina del relé (bornes 2 y 10), energizándose y produciendo un campo electromagnético, lo que hará que sus contactos 1 y 4 se cierren, circulando, ahora, una corriente por la lámpara y por lo tanto ella se iluminará.

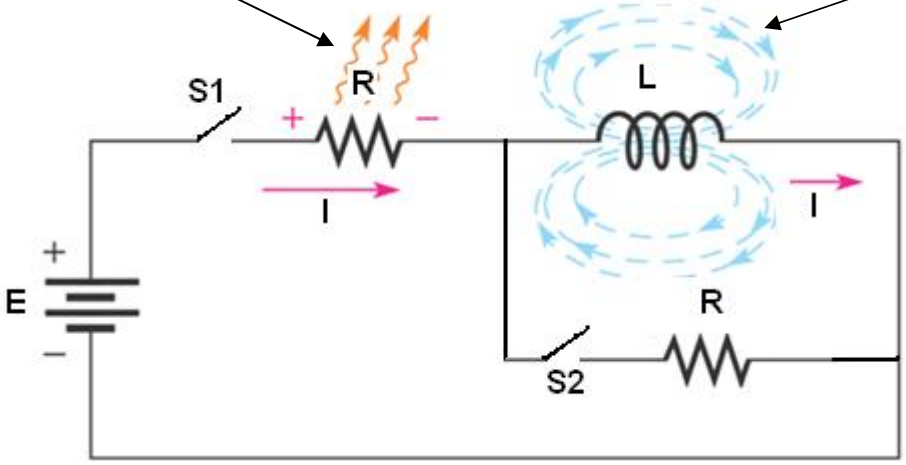
Los contactos 1 y 4 permanecerán cerrados mientras circule corriente por la bobina.

Al abrir el interruptor S1, se elimina la corriente que circulaba por la bobina, ella se des energiza, y los contactos 1 y 4 retornan a su posición inicial, es decir, se abren y por lo tanto, deja de circular corriente por la lámpara y ella se apagará.

2.- CIRCUITO RL SERIE

En la resistencia hay conversión de energía eléctrica a calor debido a la resistencia como oposición y por efecto Joule $P = I^2 . R$

En la inductancia hay almacenamiento de energía en forma de campo Electromagnético $W = \frac{L . I^2}{2}$



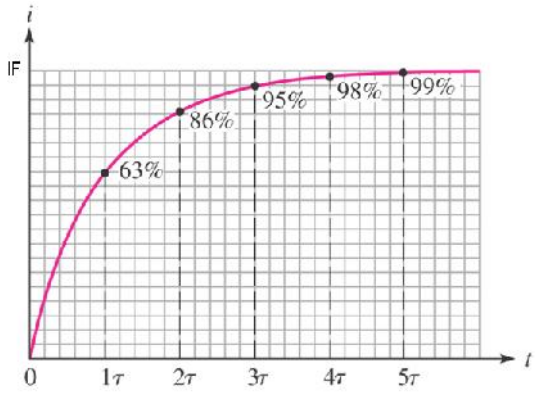


FIGURA N° 1

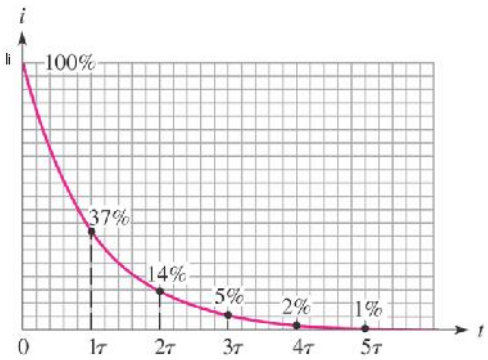


FIGURA N° 2

En la figura N° 1,al cerrar el interruptor S1, y manteniendo el interruptor S2 abierto, la corriente inicial es cero, luego, poco a poco se va incrementando de acuerdo a una constante de tiempo (τ). Un voltaje inducido se presenta en la bobina que tiene a oponerse al incremento de la corriente.

Al final, después que han transcurrido 5 constantes de tiempo τ, la corriente que circula por el circuito es igual a $I = \frac{E}{R}$.

En la figura N° 2, al abrir el interruptor S1 y cerrar el interruptor S2, se observa que en el momento inicial, al descargarse la inductancia a través de otra resistencia R, la corriente va decreciendo de acuerdo a una constante de tiempo (τ), Un voltaje inducido en la

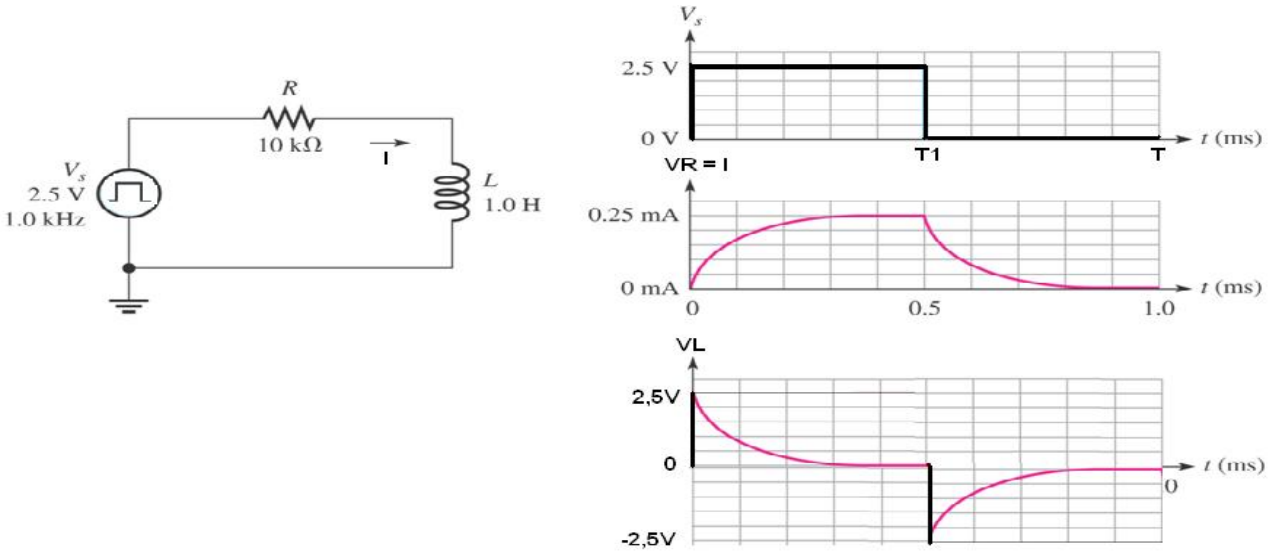
bobina tiene a oponerse a la disminución de la corriente. De igual modo, al final, luego que han transcurrido cinco constantes de tiempo τ, la corriente es igual a cero.

La constante de tiempo τ, es igual a $\tau = \frac{L}{R}$

Si ahora, se conecta un generador de onda cuadrada como fuente de energía del circuito RL serie, se obtendrán las siguientes formas de onda.

Desde 0 hasta T1 la tensión del generador Vs es igual a 2,5 Voltios;.
La inductancia de la bobina impedirá un cambio instantaneo en la corriente a través de la bobina, por lo que la caída de tensión en ella será igual al voltaje aplicado (2,5 Voltios), al mismo tiempo, el voltaje en la resistencia será igual a cero Voltios, por efecto de la ley de Kirchhoff.

La corriente crecerá, entonces, desde cero estableciendo una caída de tensión en la resistencia y una correspondiente caída de tensión en la inductancia (VL) . La corriente continuará aumentando hasta que el voltaje en la inductancia sea igual a 0 Voltios y el voltaje total aplicado aparezca en la resistencia R.



Desde T1 hasta T el voltaje de la fuente Vs es igual a cero Voltios, es decir,actuará como si hubieramos colocado un cortocircuito en la entrada.

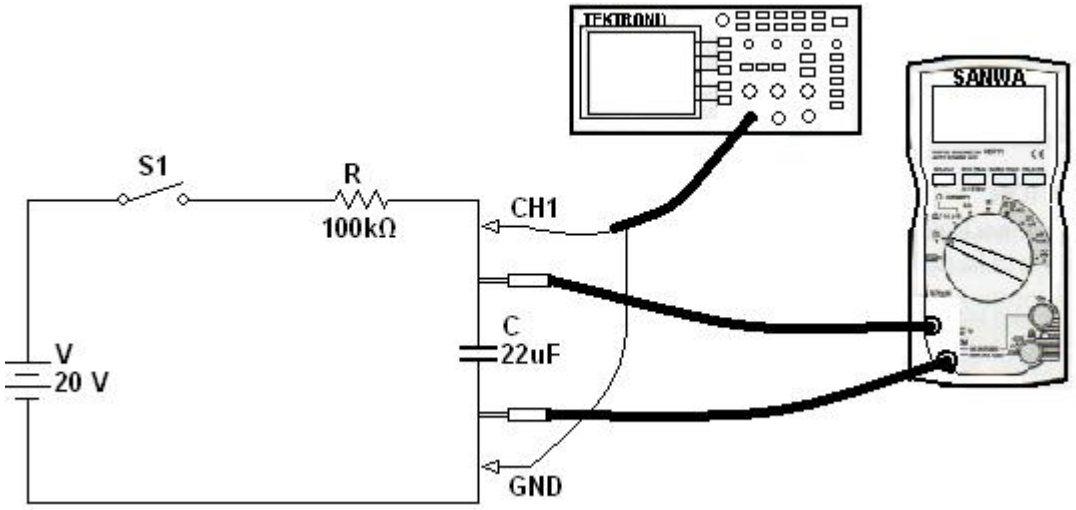
La bobina invierte su polaridad y ahora se comporta como generador, el voltaje empezará a decaer con la misma constante de tiempo que la corriente hasta alcanzar un valor final igual a 0.
Finalmente, si se desea calcular el valor de la inductancia, será suficiente con determinar la zona transiente, medir su duración en segundos o milisegundos; como es sabido su duración es de cinco constantes de tiempo o 5τ.

Determinar el valor de una constante de tiempo τ y aplicar la fórmula: $\tau = \frac{L}{R}$

HOJA DE EVALUACIÓN 04.

1.- LA CAPACIDAD EN DC

a.- En el siguiente circuito.



a.- Calcular la constante de tiempo τ. τ = 2,2 segundos

b.- Calcular el tiempo de duración de la zona transiente y la zona estacionaria.

Zona transiente = 11 segundos
Zona estacionaria > 11 segundos

c.- Calcular la lectura del Voltímetro DC (Voltaje de carga del condensador) 1τ después de haber cerrado el interruptor S1. Vc = 12,64 Voltios

d.- Calcular la lectura del Voltímetro DC (Voltaje de carga del condensador) 2 segundos después de haber cerrado el interruptor S1. Vc = 11,94 Voltios

e.- Calcular la lectura del Voltímetro DC (Voltaje de carga del condensador) 3 segundos después de haber cerrado el interruptor S1. Vc = 14,88 Voltios

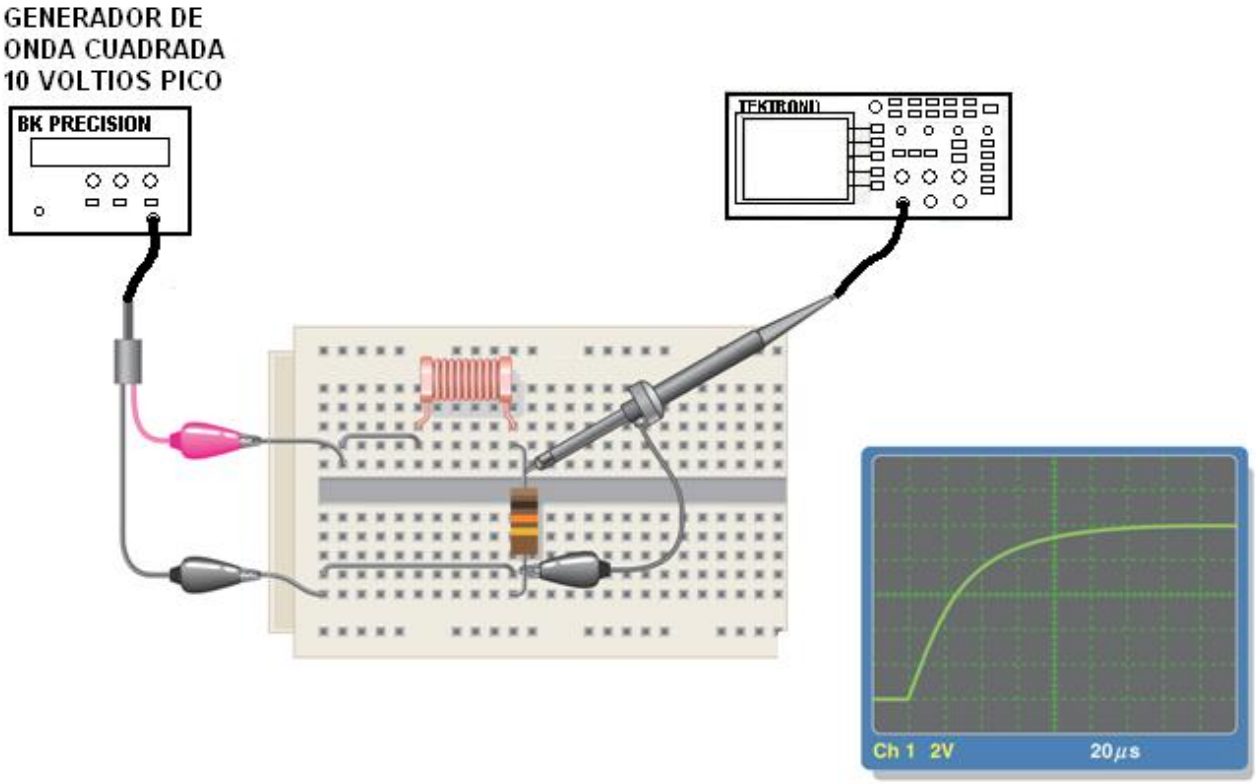
f.- Calcular la lectura del Voltímetro DC (Voltaje de carga del condensador) 16 segundos después de haber cerrado el interruptor S1. Vc = 19,99 Voltios

g.- Dibujar el gráfico de la forma de onda mostrado por el osciloscopio, en base a sus resultados obtenidos.

2.- LA INDUCTANCIA EN DC

a.- En el siguiente circuito formado por una inductancia y una resistencia se está aplicando una onda cuadrada de 10 Voltios pico.

El Canal 1 del osciloscopio se encuentra conectado en los extremos de la resistencia y nos muestra la forma de onda indicada.



b.- Determinar aproximadamente el tiempo de duración de la zona transiente.

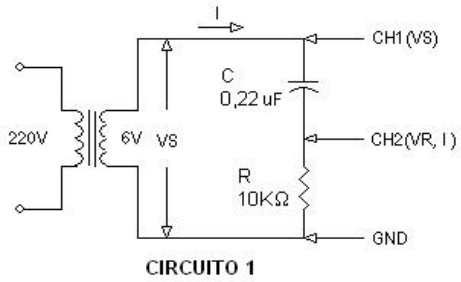
Zona transiente = 120 microsegundos

c.- Si la resistencia del circuito es de 10Kohmios, calcular el valor de la constante de tiempo τ

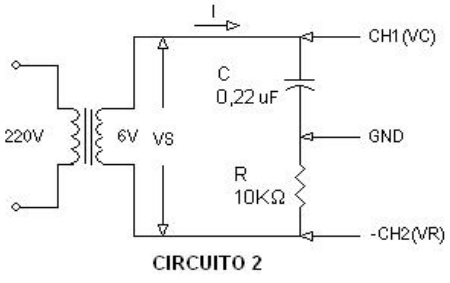
τ = 24 microsegundos

d.- Con esta información calcular el valor de la inductancia L.

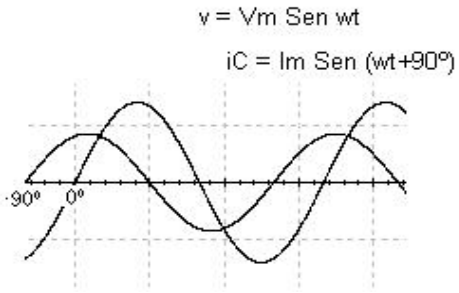
L = 240 miliHenrys

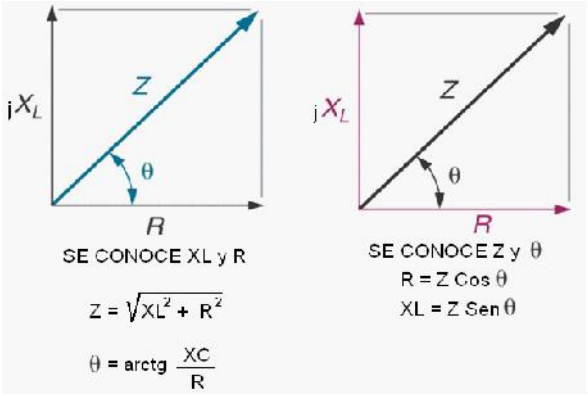


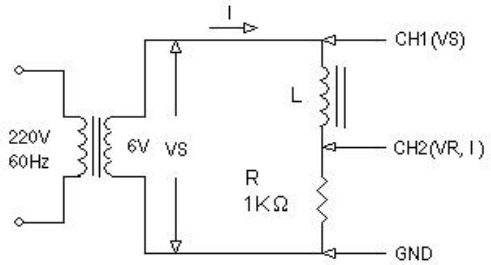
CIRCUITO 1



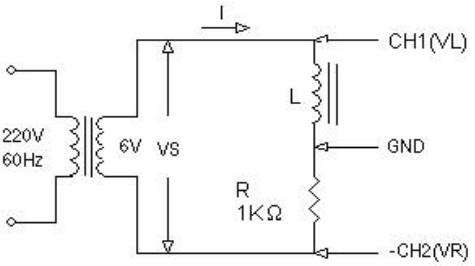
CIRCUITO 2







CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

N°	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Medir ángulo de desfasaje usando el osciloscopio	Osciloscopio digital
2	Comprobar el comportamiento del circuito RC serie en ca.	Multímetro digital Transformador 220V/6V/1A Alicate de punta semiredonda de 4" Alicate de corte diagonal de 4" Destornillador plano de 4"x1/8" Condensadores de diversos valores Resistencias de diversos valores de 1/2 Wattio Alambre telefónico 2x22 AWG Protoboard
4	Comprobar el comportamiento del circuito RL serie en ca.	

	CIRCUITOS RC Y RL EN SERIE EN CA	HT:T5	
	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 8 horas	HOJA:1/1

HOJA DE OPERACIÓN 22.

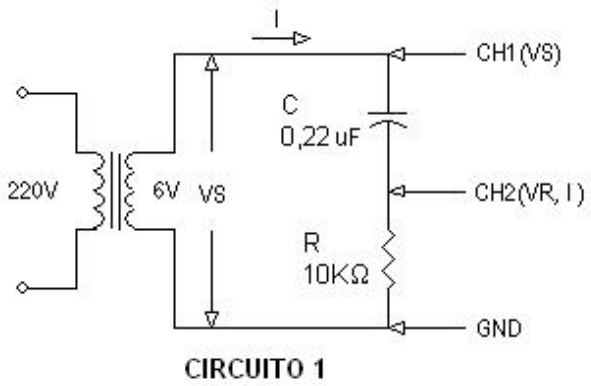
MEDIR ÁNGULO DE DESFASAJE USANDO EL OSCILOSCOPIO DIGITAL.

Para medir el ángulo de desfasaje entre dos formas de onda es preciso usar un osciloscopio de dos canales.

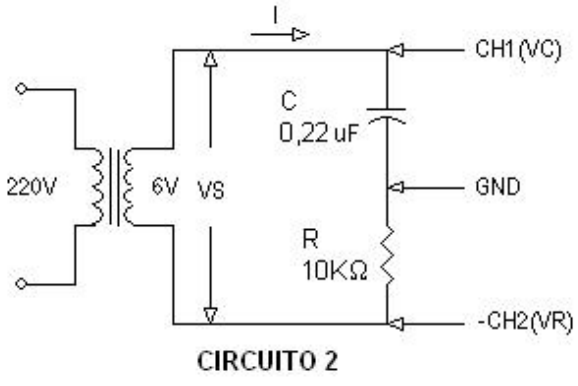
En realidad, lo que mide el osciloscopio es la diferencia de tiempo entre dos formas de onda, pero haciendo uso de una simple regla de tres, podemos convertir el tiempo en ángulo de desfasaje.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Montar los siguientes circuitos.



CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

2.- Tomando como referencia el CIRCUITO 1, dibujar las formas de onda Vs vs VR,I.

3.- Completar la siguiente Tabla.

Vs en Vp	VR en Vp	I en mA p	Tiempo de desfasaje	Ángulo θ
Medido	Medido	Calculado	Medido	Calculado

$$I(mAp) = \frac{Vr\ p}{r}$$

4.- Tomando como referencia el CIRCUITO 2 dibujar las formas de onda VC vs VR.

5.- Completar la siguiente Tabla.

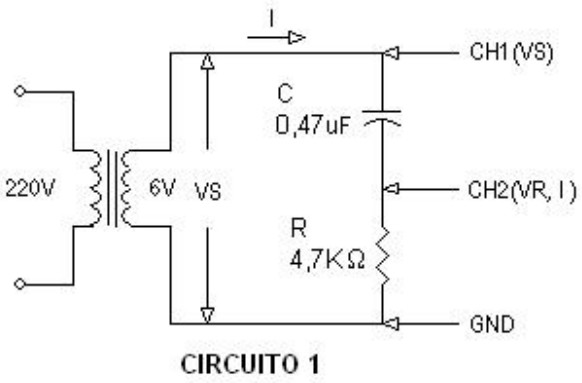
VC en Vp	VR en Vp	Tiempo de desfasaje	Ángulo θ
Medido	Medido	Medido	Calculado

HOJA DE OPERACIÓN 23.

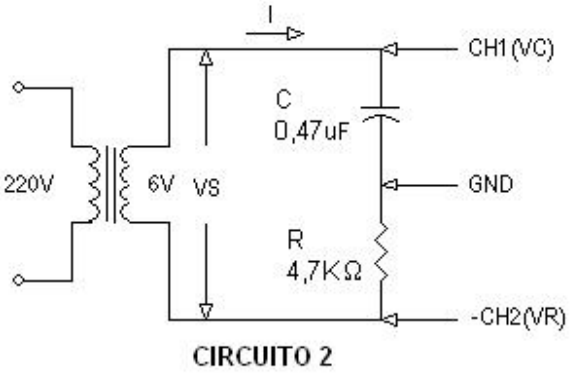
COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL CIRCUITO RC SERIE EN CA.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Montar los siguientes circuitos.



CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

2.- Tomando como referencia el CIRCUITO 1 dibujar las formas de onda Vs vs VR,I.

3.- Completar la siguiente Tabla.

Vs en Vp	VR en Vp	I en mA p	Tiempo de desfasaje	Ángulo θ
Medido	Medido	Calculado	Medido	Calculado

4.- Tomando como referencia el CIRCUITO 2, dibujar las formas de onda VC vs VR.

5.- Completar la siguiente Tabla.

VC en Vp	VR en Vp	Tiempo de desfasaje	Ángulo θ
Medido	Medido	Medido	Calculado

R	XC	Z	Ángulo θ
Indicado	Calculado	Calculado	Calculado

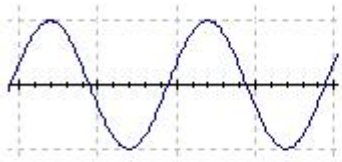
6.-Con la información obtenida desarrollar:
a.- Dibujar el diagrama fasorial de tensión y corriente
b.- Dibujar el diagrama fasorial de impedancias.
c.-Dibujar el diagrama fasorial de tensiones.
c.- Establecer la ecuación del circuito RC serie.
c1.- En forma rectangular
c2.- En forma polar.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 17.

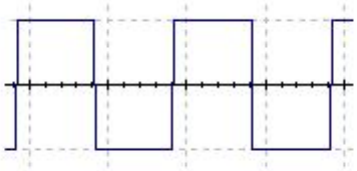
1.- LA ONDA ALTERNA

La onda alterna es una onda cuya forma varía entre dos niveles que se definen dentro de una secuencia de tiempo establecida. Así, hay ondas senoidales, cuadradas, triangulares etc.

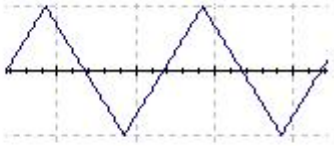
Como definición se puede decir que toda onda es alterna cuando su valor promedio es igual a cero.



ONDA SENOIDAL



ONDA CUADRADA

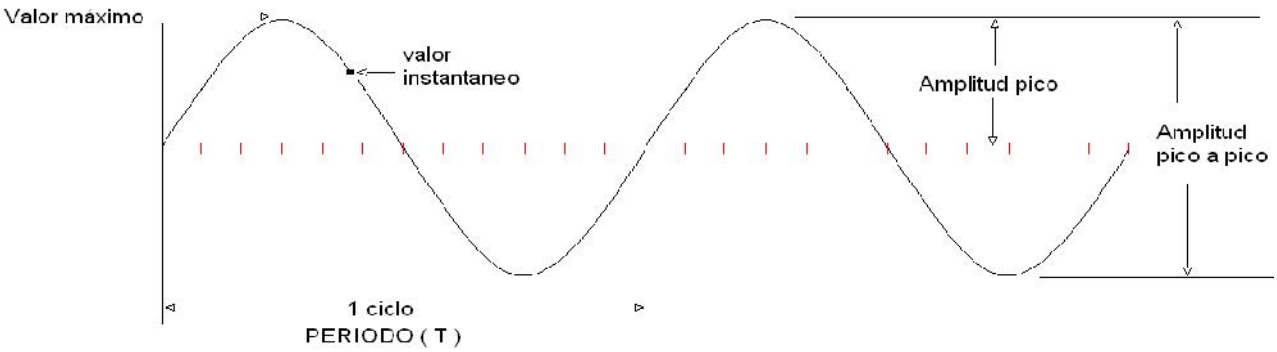


ONDA TRIANGULAR

2.- LA ONDA SENOIDAL.

La onda senoidal es la única forma de onda alterna cuyo aspecto no se ve afectado por las características de respuesta de los elementos R, L o C.

Los siguientes son algunos de los parámetros más importantes de la onda senoidal.



Valor instantaneo es la magnitud de la forma de onda en algún instante en el tiempo, se representa por letras minúsculas.

Valor máximo es el valor máximo instantaneo de la forma de onda.

Amplitud pico es el valor máximo de una forma de onda, medido a partir del eje cero de referencia.

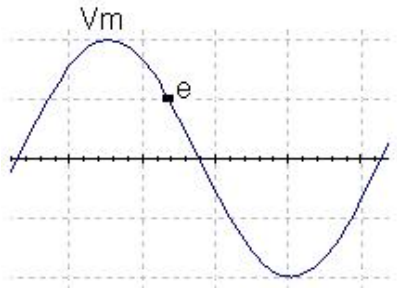
Amplitud pico a pico es el voltaje comprendido entre los picos positivo y negativo de la forma de onda.

Periodo es el intervalo de tiempo entre repeticiones sucesivas de una forma de onda.

Ciclo es la parte de una forma de onda contenida en un periodo.

3.- REPRESENTACIÓN DE LA ONDA SENOIDAL.

Matemáticamente, cualquier onda senoidal se representa de la siguiente manera:



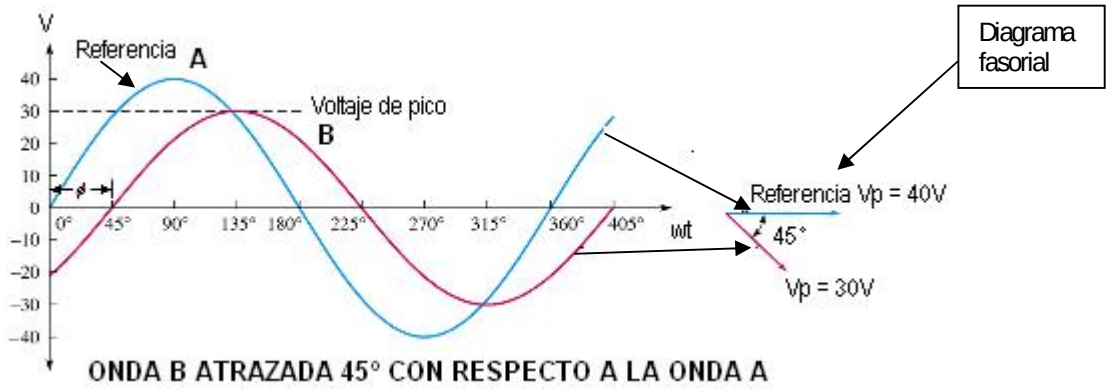
e = Vm Sen wt

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 18.

1.- REDES SERIE EN CA.

Los dispositivos electrónicos tales como la resistencia, el condensador,la inductancia pueden conectarse a una fuente de corriente alterna, formando los circuitos RC , RL y RLC serie, dicha fuente generalmente es una onda senoidal.

Si se tienen dos ondas senoidales y tomamos a una de ellas como la referencia, entonces la otra onda estará adelantada o atrazada con respecto a la onda de referencia. Por ejemplo en el siguiente gráfico la onda A es la onda de referencia y la onda B se encuentra atrazada en 45° con respecto a la onda A.



Un vector rotatorio se conoce como fasor. Los fasores son útiles en el análisis de circuitos de corriente alterna.

Las formas de onda también se pueden representar por fasores.

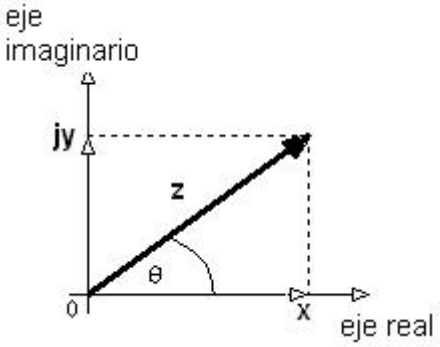
El fasor de referencia representa a la onda senoidal de referencia y se ubica en el eje horizontal con un valor Vp (Voltaje pico o máximo) de 40 Voltios; y como los fasores son positivos en el sentido antihorario, representamos a la onda B atrazada (o con ángulo negativo) de 45° y con un valor Vp = 30 Voltios.

La representación matemática de ambas ondas sería : $A = 40\,Sen\,wt$

$B = 30\,Sen(wt - 45)$

2.- REPRESENTACIÓN DE FASORES.

a.- FORMA RECTANGULAR.



Para plotear vectores y fasores se emplea el plano complejo.

En este plano, todos los números reales positivos y negativos son ploteados en el eje horizontal y se conoce como eje real.

En cambio, los números imaginarios positivos y negativos son ploteados en el eje vertical y se llama eje imaginario.

Un "operador j" es usado para distinguir entre un fasor y otro que se encuentra a 90° fuera de fase con respecto al primero. Esto trae como consecuencia la representación de un número complejo en forma rectangular de la siguiente forma :

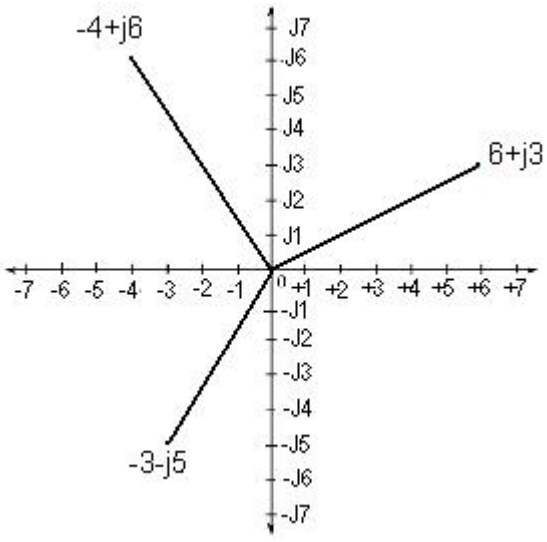
$Z = X + jY$ donde $j = \sqrt{-1}$

b.- FORMA POLAR.

Otra forma de representar un fasor es empleando la forma polar.

En la forma polar se indica directamente la magnitud y el ángulo de fase.

La magnitud siempre es una cantidad positiva, mientras que el ángulo de fase puede ser positivo o negativo.



En forma polar, el fasor Z de la figura se representa : $Z = |Z| \angle \theta$

Donde : $|Z| = \sqrt{X^2 + Y^2}$ y $\theta = arctg \frac{Y}{X}$

En este gráfico vemos representados tres fasores:

En el primer cuadrante se encuentra el fasor 6 + j3.

Donde 6 pertenece a la parte real y +j3 pertenece a la parte imaginaria.

En el segundo cuadrante se aprecia el fasor -4 +j6.

Finalmente en el tercer cuadrante se observa el fasor

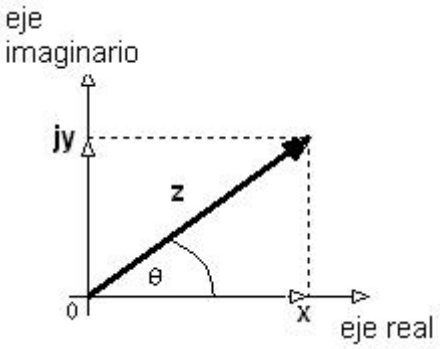
- -3 – j5.

3.- CONVERSIÓN ENTRE FORMAS.

1.- Rectangular a Polar.

$$Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\theta = arctg\frac{Y}{X}$$

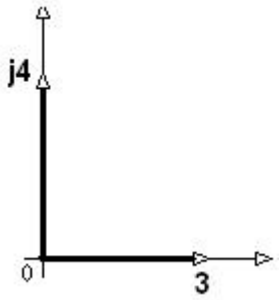


2.- Polar a Rectangular

$$X = Z.Cos\theta$$

$$Y = Z.Sen\theta$$

Ejemplo
Convertir $C = 3 + j4$ de rectangular a polar

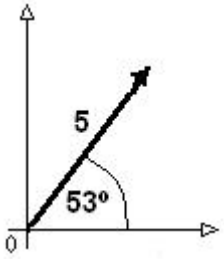


$$C = \sqrt{3^2 + 4^2}$$

$$C = 5$$

$$\theta = arctg\frac{4}{3}$$

$$\theta = 53^o$$

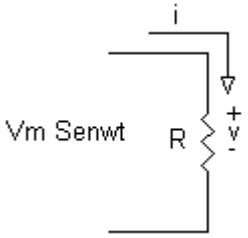


$$C = 3 + j4 = 5\angle 53^o$$

4.- RESPUESTA DE LOS ELEMENTOS BÁSICOS R-L-C A UN VOLTAJE O CORRIENTE SENOIDALES.

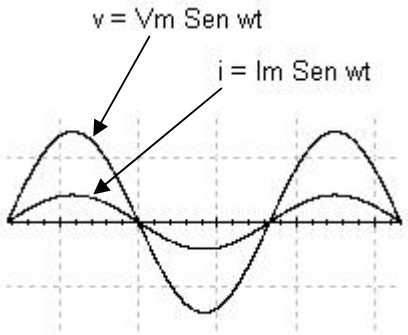
4.1.- RESISTOR O RESISTENCIA

En un elemento puramente resistivo, el voltaje y la corriente a través de él se encuentran en fase, con sus valores pico relacionados mediante la ley de Ohm.



$$i = \frac{V}{R} = \frac{Vm\,Senwt}{R} = \mathrm{Im}\,Senwt$$

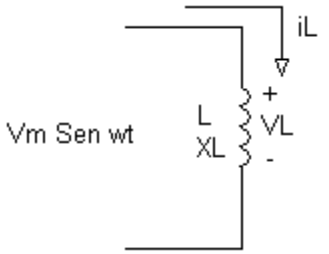
$$\mathrm{Im} = \frac{Vm}{R}$$



La oposición que ofrece el resistor, al paso de la corriente eléctrica se denomina **RESISTENCIA** y se representa por la letra **R**

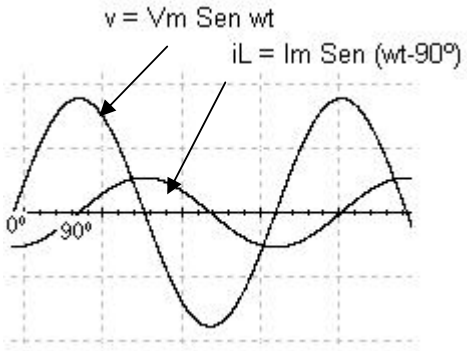
4.2.- INDUCTOR.

En un elemento puramente inductivo,la corriente se atraza 90º con respecto al voltaje .



$$iL = \frac{Vm\,Senwt}{XL}$$

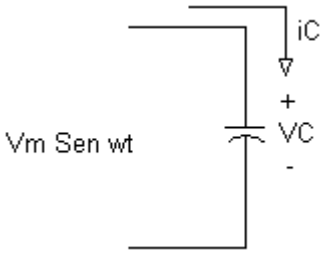
$$XL = 2® FL$$



La oposición que ofrece el inductor, al paso de la corriente eléctrica se denomina **REACTANCIA INDUCTIVA** y se representa por XL.

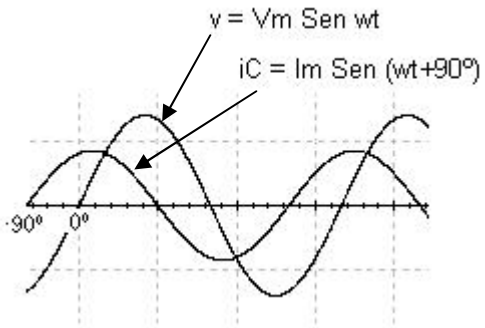
4.3.- CAPACITOR.

En un elemento puramente capacitivo,la corriente se adelanta 90º con respecto al voltaje aplicado.



$$iC = \frac{Vm\,Senwt}{XC}$$

$$XC = \frac{1}{2® F\,C}$$

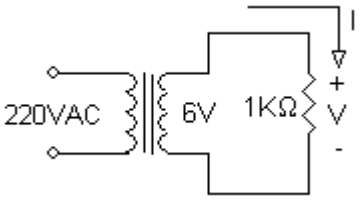


La oposición que ofrece el capacitor o condensador , al paso de la corriente eléctrica se denomina **REACTANCIA CAPACITIVA** y se representa por XC.

5.-VISUALIZACIÓN DE LA ONDA DE CORRIENTE Y TENSIÓN USANDO EL OSCILOSCOPIO DIGITAL.

El osciloscopio solamente nos permite visualizar ondas de tensión, pero por un método indirecto podemos observar una onda de corriente.

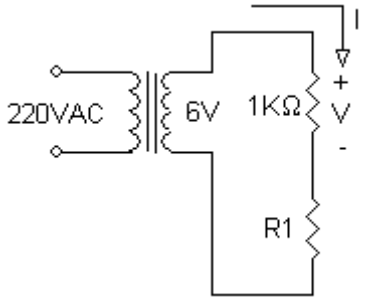
Por ejemplo, en el siguiente circuito deseamos observar simultaneamente, la onda de tensión (V) y la onda de corriente (I) que circula por la resistencia de 1KΩ.



Lo primero que se debe hacer es colocar una resistencia (R1) en serie con la resistencia del circuito, para sobre ella observar la onda de corriente.

En realidad, el osciloscopio, como conocemos, solamente visualiza la onda de tensión, pero sabemos además que, en

una resistencia, la onda de tensión está en fase con la onda de corriente. Luego, apoyándonos en este concepto podemos decir, con toda seguridad que la forma de la onda de tensión que nos muestra el osciloscopio sobre la resistencia R1 coincide con la forma de la onda de corriente I que circula por el circuito, porque es un circuito en serie.

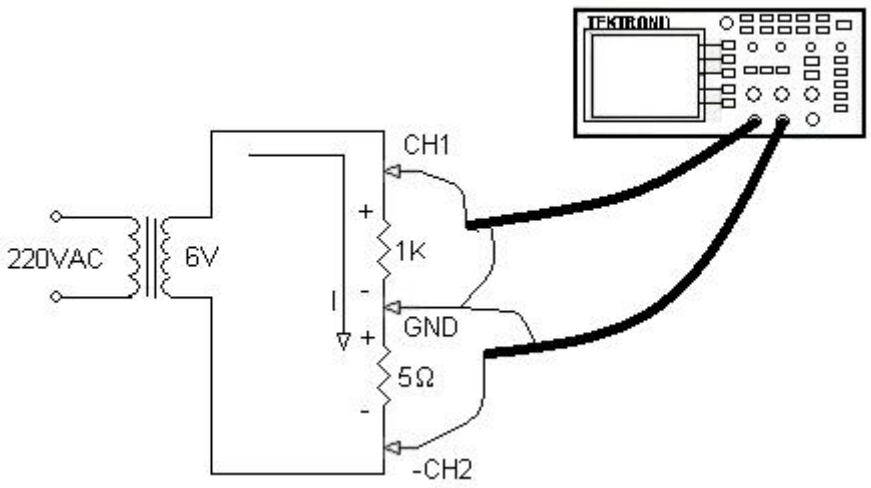


La elección del valor de la resistencia R1 debe cumplir el requisito de no alterar al circuito original, por eso usualmente R1 es una resistencia de muy bajo valor y alta potencia, típicamente del orden 1 a 5 ohmios, con 5 a 10 Wattios.

Al conectar el osciloscopio; con el canal 1 visualizaremos la onda de tensión V y con el canal 2 la onda de corriente I, pero hay que recordar que los bornes "vivos" del osciloscopio deben ir conectados a polos positivos de la caída de tensión a fin de observar las ondas en su verdadera magnitud de fase.

Al hacer un recorrido de la corriente I, vemos que la resistencia de 1KΩ tiene su polo positivo conectado al terminal "vivo" del canal 1 (CH1), mientras que el canal 2 (CH2) aparece conectado a un polo negativo de la resistencia R1 de 5Ω. Para evitar este inconveniente, se debe invertir el canal 2, por eso se coloca " –CH", que nos indica que el canal está 2 en la condición de "invertido".

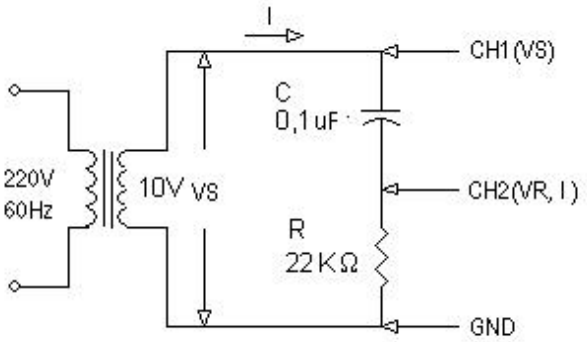
No está demás recordar que cuando se trabaja con los dos canales del osciloscopio el terminal común o "GND" debe ir a un solo punto del circuito.



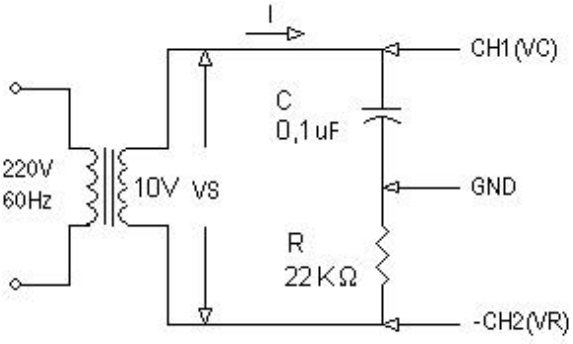
En otras palabras, no debe haber, en un solo circuito, dos conexiones de tierra para el osciloscopio, porque se estaría produciendo un cortocircuito.

6.- DIAGRAMAS FASORIALES EN UN CIRCUITO RC SERIE.

En el siguiente circuito RC serie se desea graficar los diagramas fasoriales de impedancias y de tensiones.

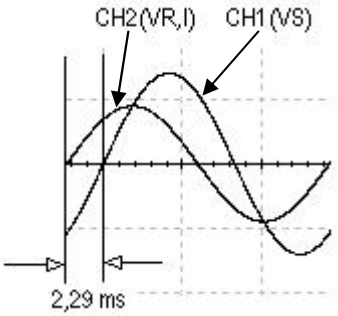


CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

Montar el CIRCUITO 1 y se obtienen las siguientes formas de onda.



Con el Canal 1 se observa la forma de onda de tensión (VS) y con el Canal 2 se visualiza la forma de onda de corriente (I).

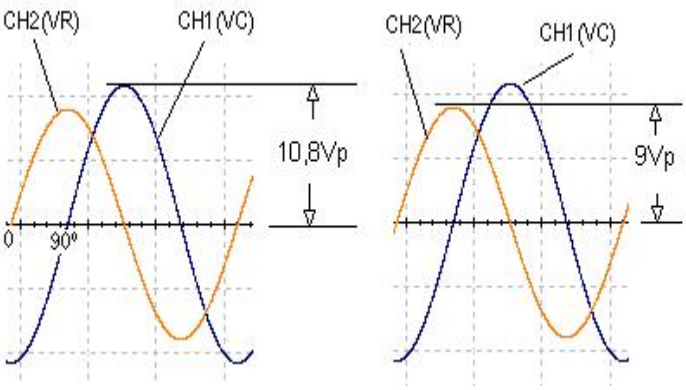
Se aprecia que los cursores de tiempo nos miden una diferencia de 2,29 milisegundos.

Aplicando regla de tres:

$$\begin{matrix} 8{,}3\,ms & 180^{o} \\ 2{,}29\,ms & X \end{matrix} \quad ; \; X = \frac{2{,}29\,ms\,x180^{o}}{8{,}3\,ms} = 49{,}6^{o}$$

Es decir el ángulo θ de desfasaje entre la corriente y la tensión es de 49,6º.

Montar el CIRCUITO 2 y ahora se obtiene lo siguiente:



Con el Canal 1 se observa la forma de onda en el condensador (VC) y con el canal 2 se apreciamos la forma de onda en la resistencia (VR).

Utilizando los cursores de tensión, el voltaje pico en el condensador VC es de 10,8 Vp, mientras que en la resistencia, el voltaje VR es de 9Vp.

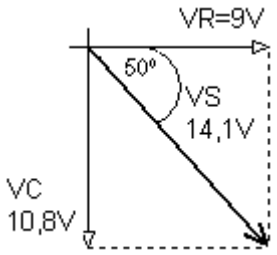
Calcular el voltaje Vs:

$$VS = \sqrt{VR^{2} + VC^{2}} = \sqrt{9V^{2} + 10{,}8V^{2}} = 14{,}05V$$

Observar que el voltaje que entrega el secundario del transformador es de 10 Voltios, pero hay que recordar que ese voltaje es voltaje RMS, mientras que durante todo nuestro procedimiento estamos trabajando con Voltajes pico o máximo.

A manera de tranquilidad se sabe que $Vp = Vrms\sqrt{2}$ y si se multiplica 10 Voltios rms por 1,4142 se obtiene 14,1 Voltios, que es un valor muy aproximado a 14,05Voltios.

A modo de comprobación, calcular el ángulo de desfasaje θ.



$$- = arctg\frac{VC}{VR} = arctg\frac{10{,}8Vp}{9Vp} = 50{,}1^{o}$$

El ángulo θ medido experimentalmente fue de 49,6º, que para los efectos prácticos se considera aceptable.

Con esta información trazar el diagrama fasorial de tensiones.

A continuación, para calcular el diagrama fasorial de impedancias, es necesario efectuar un cálculo previo.

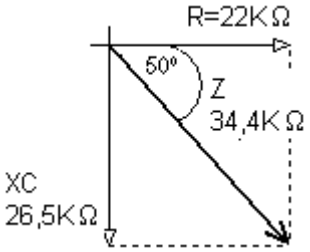
Calcular en primer lugar la reactancia capacitiva XC

$$XC = \frac{1}{2\circledR\, F\, C} = \frac{1}{2\circledR\, 60Hz\, 0{,}1\text{«}F} = 26{,}5K\Omega$$

Calcular la impedancia Z.

$$Z = \sqrt{R^2 + XC^2} = \sqrt{22K^2 + 26{,}5K^2} = 34{,}4K\Omega$$

A manera de comprobación calcular el ángulo de desfasaje θ:



$$- = arctg\frac{XC}{R} = arctg\frac{26{,}5K\Omega}{22K\Omega} = 50{,}3^{o}$$

Finalmente, trazar el diagrama fasorial de impedancias.

Para concluir, establecer las ecuaciones del circuito serie RC.

1.- En forma rectangular, de impedancias

$$Z = R - jXC$$

$$34{,}4K\Omega = 22K\Omega - j26{,}5K\Omega$$

2.- En forma polar, de impedancias.

$Z = |Z| \angle^{-}$

$Z = 34{,}4K\Omega \angle -50^{o}$

3.- En forma rectangular, de tensiones

$VS = VR - jVC$

$14{,}1V = 9V - j10{,}8V$

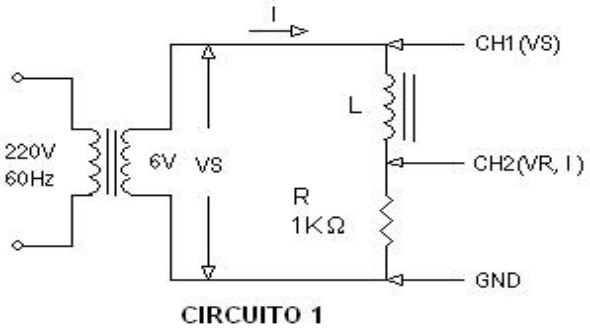
2.- En forma polar, de tensiones.

$VS = |VS| \angle^{-}$

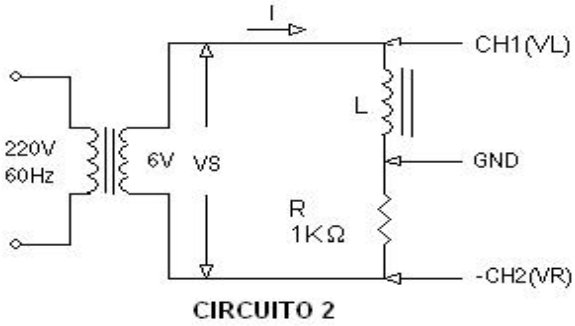
$VS = 14{,}1V \angle -50^{o}$

.HOJA DE OPERACIÓN 24.
COMPROBAR EL COMPORTAMIENTO DEL CIRCUITO RL SERIE EN CA
PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Montar los circuitos.



CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

2.- Tomando como referencia el CIRCUITO 1 dibujar las formas de onda Vs vs VR,I.

3.- Completar la siguiente Tabla.

Vs en Vp	VR en Vp	I en mA p	Tiempo de desfasaje	Ángulo θ
Medido	Medido	Calculado	Medido	Calculado

4.- Tomando como referencia el CIRCUITO 2 dibuje las formas de onda VC vs VR.

5.- Completar la siguiente Tabla.

VL en Vp	VR en Vp	Tiempo de desfasaje	Ángulo θ
Medido	Medido	Medido	Calculado

R	XL	Z	Ángulo θ
Indicado	Calculado	Calculado	Calculado

6.-Con la información obtenida desarrolle lo siguiente:
a.- Dibuje el diagrama fasorial de tensión y corriente
b.- Dibuje el diagrama fasorial de impedancias.
c.-Dibuje el diagrama fasorial de tensiones.
c.- Establezca la ecuación del circuito RL serie.
c1.- En forma rectangular
c2.- En forma polar.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 19.

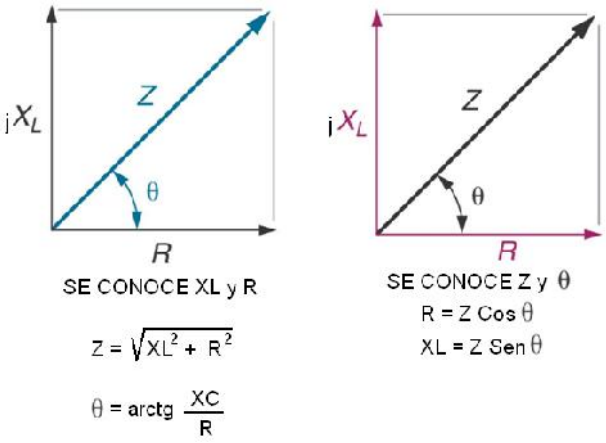
1.- CIRCUITO RL SERIE.

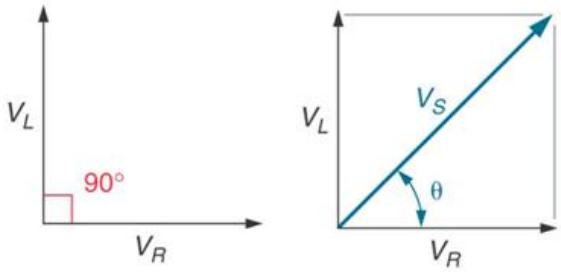
El circuito RL serie tiene un comportamiento similar al del circuito RC serie.

2.- DIAGRAMA FASORIAL DE IMPEDANCIAS.

El diagrama de impedancias se descompone graficando en el eje real el valor de la resistencia R en ohmios, mientras que en el eje imaginario positivo se representa a la reactancia inductiva XL de la inductancia, en ohmios.

Como ambos fasores se encuentran en cuadratura, el fasor impedancia Z es la suma vectorial de ambos.





$$Vs = \sqrt{VL^2 + VR^2}$$

$$\theta = \text{arctg}\ \frac{VL}{VR}$$

3.- DIAGRAMA FASORIAL DE TENSIONES.

En función de las tensiones, su diagrama de tensiones se descompone graficando en el eje real, la tensión en la resistencia VR, mientras que la tensión en la inductancia VL se grafica en el eje imaginario positivo.

Nuevamente, la tensión total aplicada Vs es la suma vectorial de ambas tensiones.

De modo similar se calcula el ángulo θ de la tensión.

Obsérvese que el ángulo θ es el ángulo de desfasaje entre la corriente I y la tensión Vs, porque la tensión VR está en fase con la corriente en la resistencia.

4.- EL CONTACTOR ELECTROMAGNETICO.

Una de las múltiples aplicaciones del electromagnetismo en el campo industrial es en el contactor.

El contactor, al igual que el relé, es un dispositivo electromecánico, quien gracias a su electroimán tiene la función de mando a distancia y está conformado por las siguientes partes: 1.- Bobina, 2.- Juego de contactos.

Sus partes son accesibles eléctricamente mediante bornes ubicados en su parte superior.

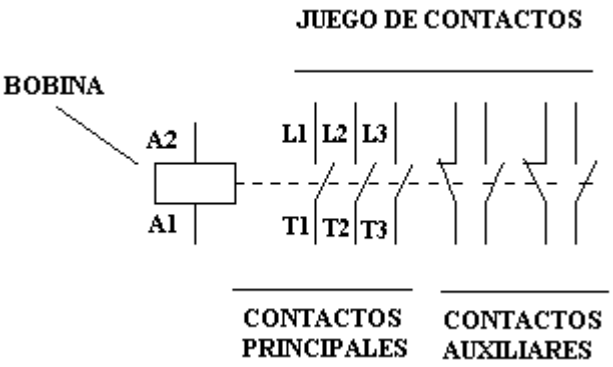
El contactor, comparado con el relé, ofrece como ventaja el control de corrientes mayores, así, los contactores son ampliamente usados en la industria en el arranque, parada, frenado e inversión de giro de motores eléctricos que se emplean en diversos procesos industriales tales como el sector minero, siderúrgico, alimenticio etc.

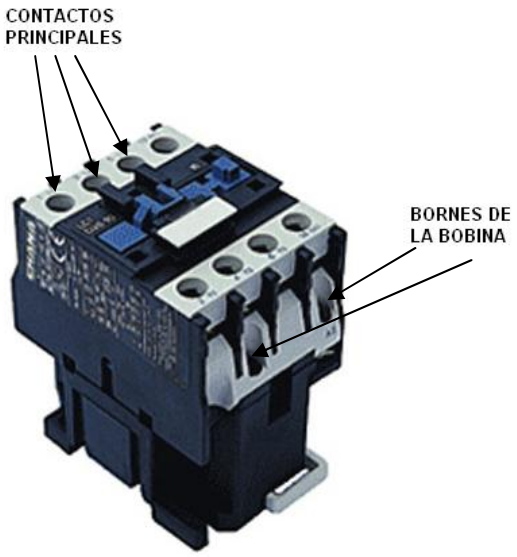
Su bobina, generalmente, es de 220 Voltios CA.

4.1.-SÍMBOLO.

Vemos a continuación, el símbolo y el aspecto físico de un contactor.

Los contactos L1/T1, L2/T2 y L3/T3 se conocen como contactos principales o contactos de fuerza, debido a su robustez eléctrica y mecánica, comparados con los contactos auxiliares.





Al igual que el relé, al energizarse la bobina del contactor, sus contactos cambian de posición, es decir, los que estaban en la condición de abiertos pasan a la condición de cerrados y viceversa.

4.2.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE UN CONTACTOR.

Un contactor se especifica indicando la tensión de excitación de la bobina, la frecuencia de línea y la corriente que soportan los contactos. Ejemplo:

Un contactor de 220 Voltios CA, 60 Hertz, 25 Amperios.

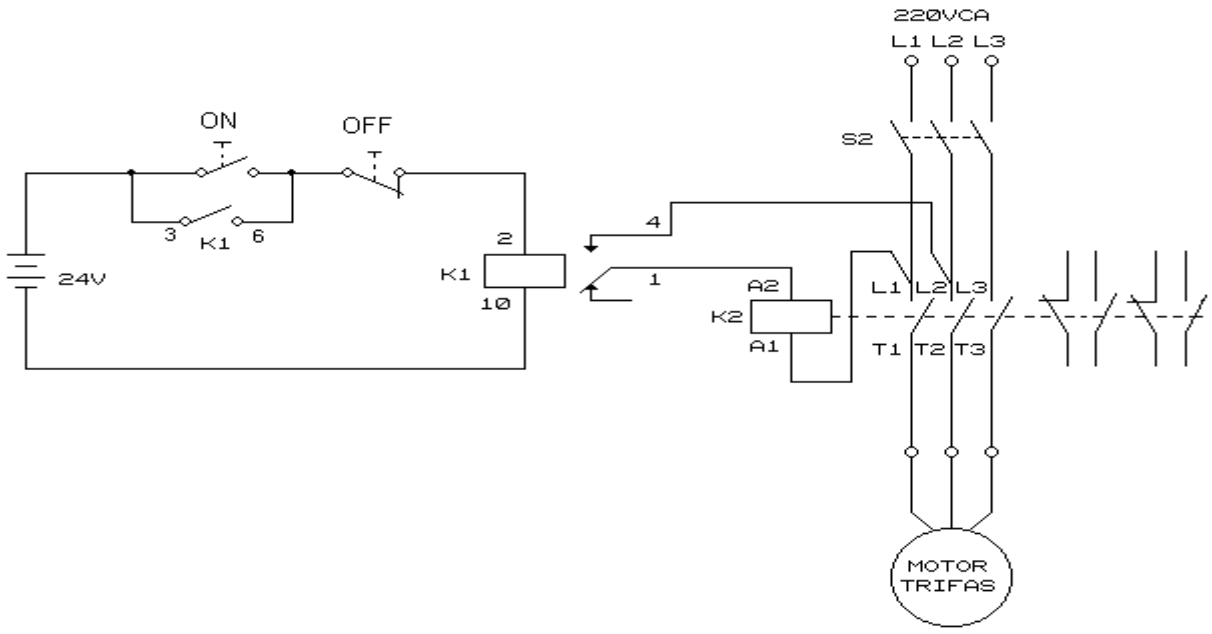
Aunque los bornes de la bobina están marcados con las letras A1, A2, sin embargo, en algunas ocasiones, por el uso frecuente estas letras no se aprecian claramente, luego habrá que hacer uso de un ohmímetro para determinar los terminales de la bobina.

Si entre dos bornes encontramos un contacto cerrado, su resistencia medida con el ohmímetro indicará cero ohmios (0.0) y si fuera un contacto abierto, su resistencia indicaría infinito (0L).

En cambio, entre los bornes de la bobina, debe indicar un cierto valor de resistencia.
Por ejemplo compare las medidas realizadas en un contactor típico.

Resistencia entre bornes	A2 y A1	L1 y T1	L2 y T2	L3 y T3	NO y NO	NC y NC	NO y NO	NC y NC
Valor medido	300Ω	0L	0L	0L	0L	0.0	0L	0.0
Defina el elemento(bobina, contacto)	Bobina	Contacto abierto	Contacto abierto	Contacto abierto	Contacto abierto	Contacto cerrado	Contacto abierto	Contacto cerrado

Veamos, finalmente, un circuito de aplicación del contactor.



1.- Montar el circuito mostrado.

2.- Cerrar el interruptor S2, permitiendo que la tensión trifásica proveniente de la empresa generadora de electricidad alimente al circuito.

3.- Al accionar el pulsador ON circula corriente por la bobina del relé K1, alimentándola con 24 Voltios DC en sus bornes 2 y 10, y por lo tanto, energizándola.
De inmediato, sus contactos abiertos 1 y 4, así como los contactos 3 y 6 del relé K1 se cierran.
Al cerrarse los contactos 1 y 4 del relé K1, se energiza la bobina del contactor K2, alimentándola con 220 Voltios CA en sus bornes A1 y A2.

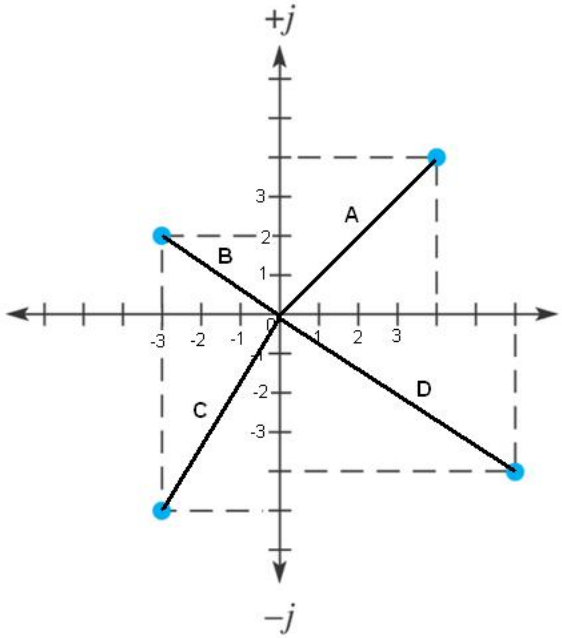
4.- Al energizarse el contactor K2, sus contactos L1/T1, L2/T2 y L3/T3 cambian de la condición abiertos a la condición de cerrados.
Al cerrarse estos contactos (L1/T1, L2/T2 y L3/T3), aplican la tensión trifásica proveniente de las líneas de alimentación L1, L2 y L3 al motor trifásico, el cual empieza a funcionar.

5.- Si, a continuación liberamos el pulsador ON, la bobina del relé K1 continúa energizada por medio del contacto 3 y 6, ahora cerrado, quedando el circuito enclavado o auto sostenido.
El motor permanecerá funcionando mientras la bobina del contactor K2 esté energizada, es decir, los contactos 1 y 4 del relé K1 estén cerrados.

6.- Finalmente, si ahora accionamos el pulsador OFF, se interrumpe el flujo de corriente a la bobina del relé K1, el contacto 1 y 4 regresa a su condición de abierto, éste desenergiza a la bobina del contactor K2 y sus contactos principales regresan a la condición de abiertos, quitando la tensión de alimentación al motor trifásico hasta que éste se detiene.

HOJA DE EVALUACIÓN 05.

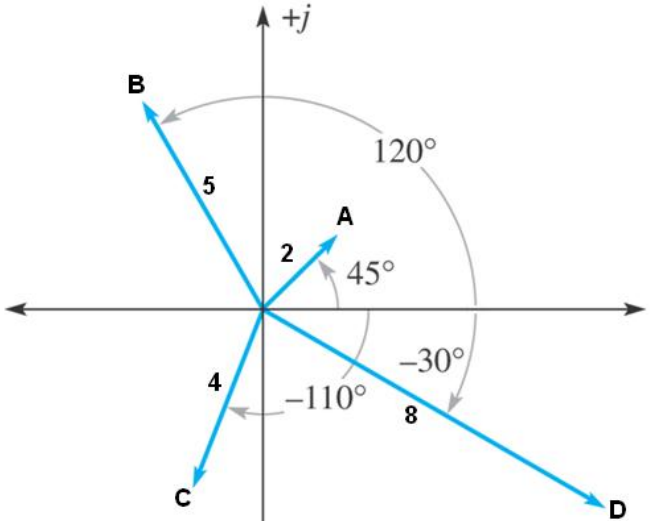
1.- REDES SERIE EN C.A.



1.- En el siguiente sistema de coordenadas cartesianas, represente los fasores A, B, C y D, en forma rectangular,

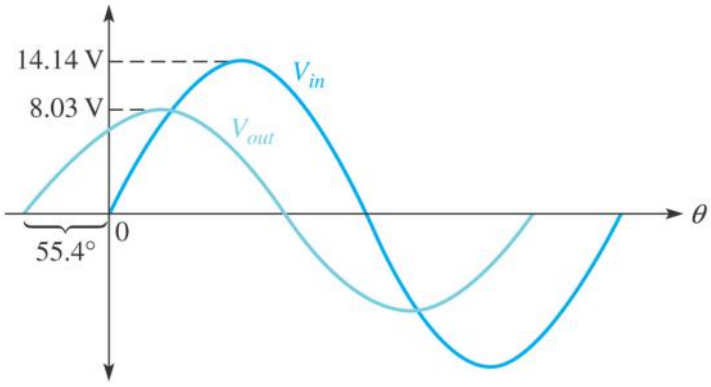
A = 4 + j4
B = -3 + j2
C = -3 - j5
D = 6 - j4

2.- En el siguiente sistema de coordenadas cartesianas, represente los fasores A, B , C y D, en forma polar.



A = 2 ∠45°
B = 5 ∠120°
C = 4 ∠-110°
D = 8 ∠-30°

3.- Represente, matemáticamente, las formas de onda Vin y Vout.

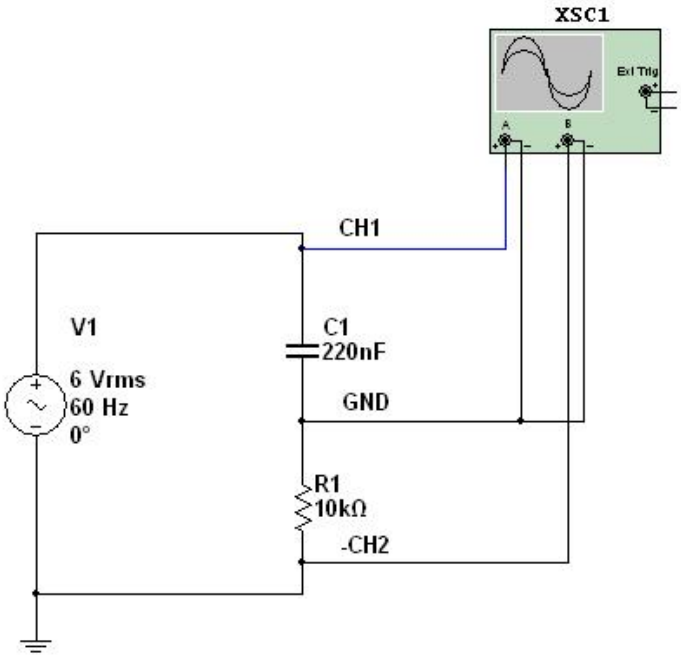


Vin = 14,14 V Sen wt

Vout = 8,03 V Sen (wt + 55,4°)

2.- CIRCUITO RC SERIE.

1.- Se monta el siguiente circuito en un simulador. C1 = 220nF, R1 = 10Kohmios

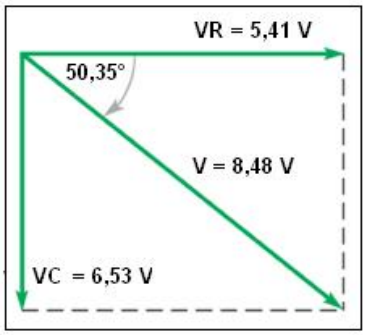


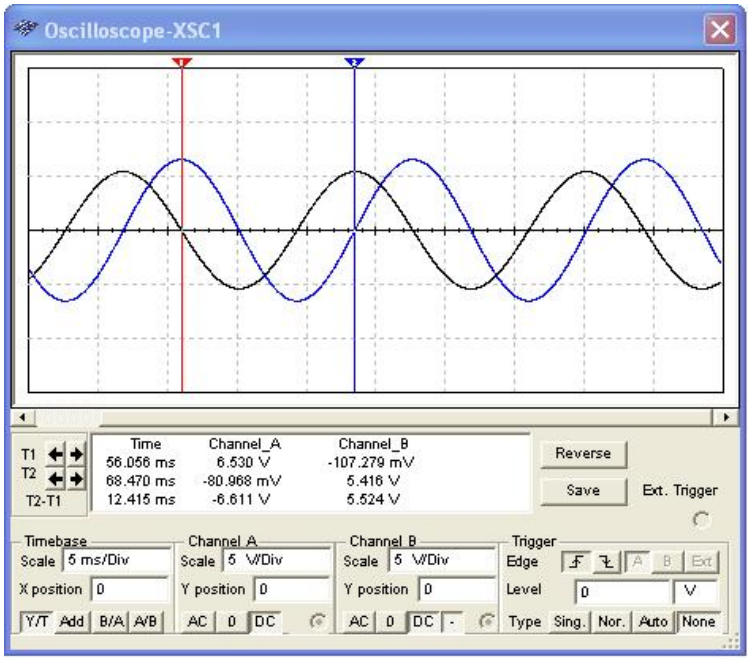
Se obtiene el siguiente resultado :

Vm del CH1 = VC = 6,53 Voltios
Vm del CH2 = VR = 5,41 Voltios
El tiempo de desfasaje entre CH1 y CH2 (VR y VC) = 4,1 milisegundos

a.-Calcular Vim= $6\sqrt{2} = 8.48\ Voltios$

b.-Graficar el triángulo de tensiones:





OSCILOSCOPIO DEL SIMULADOR

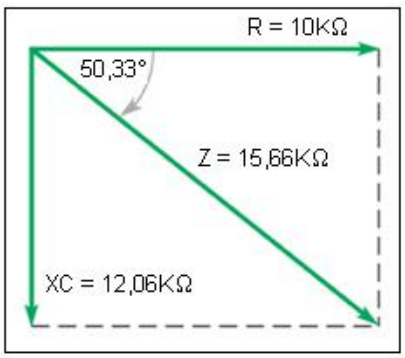
c.-Calcular la reactancia capacitiva del condensador.

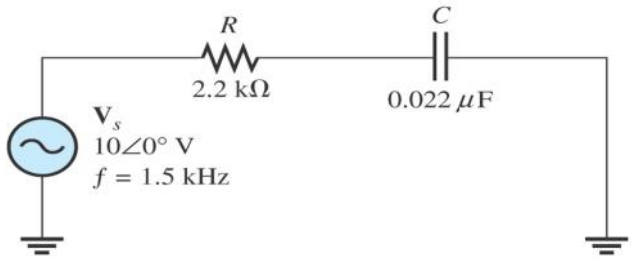
XC = 12,06Kohmios

d.-Calcular la impedancia del circuito.

Z = 15,67Kohmios

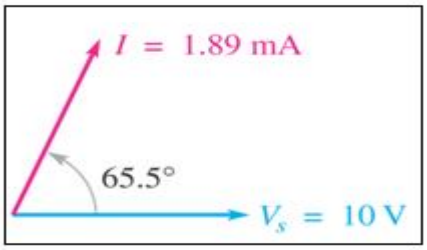
e.-Graficar el triángulo de impedancias





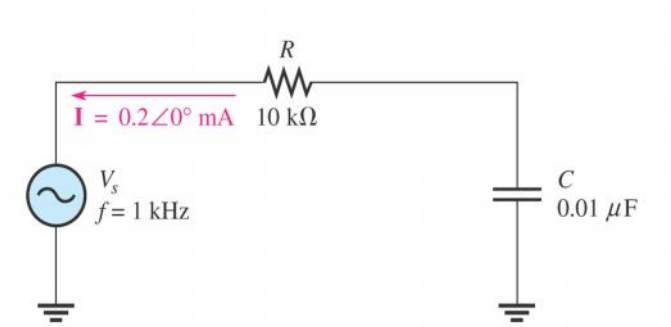
2.- En el siguiente circuito, calcular el fasor corriente que circula.

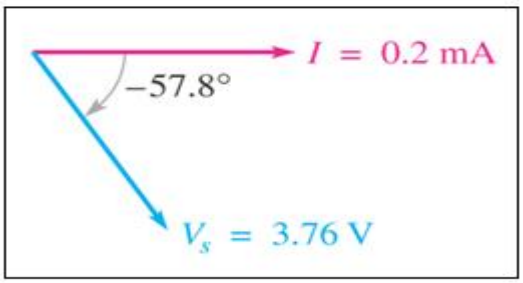
Representar en un sistema de coordenadas cartesianas, el fasor corriente y el fasor tensión,



3.- En el siguiente circuito, calcule el fasor tensión.

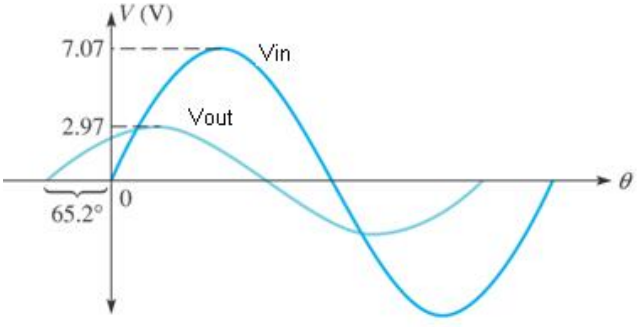
Representar en un sistema de coordenadas el fasor corriente y el fasor tensión,





3.- CIRCUITO RL SERIE.

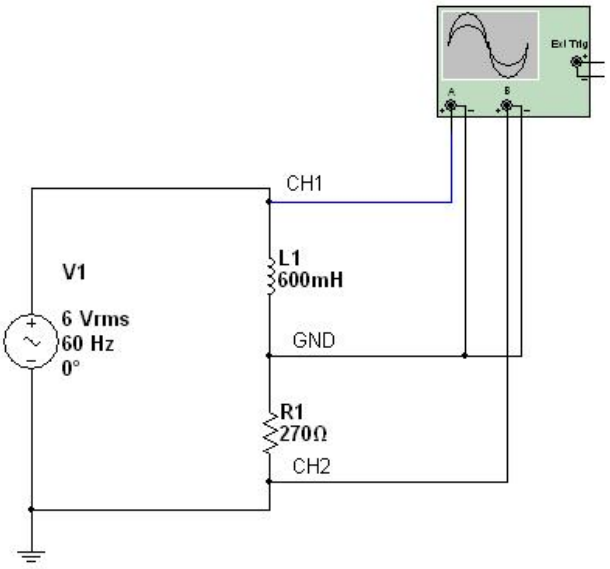
1.- Representar, matemáticamente, las formas de onda Vin y Vout.



Vin = 7,07 V Sen wt

Vout = 2,97 V Sen (wt + 65,2°)

2.- Se monta el siguiente circuito en un simulador. L1 = 600mH, R1 = 270 Ohmios.

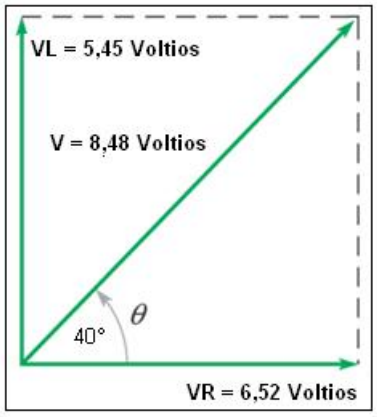


Se obtiene el siguiente resultado :

Vm del CH1 = VL = 5,45 Voltios
Vm del CH2 = VR = 6,52 Voltios
El tiempo de desfasaje entre CH1 y CH2 (VR y VC)= 4,2 milisegundos

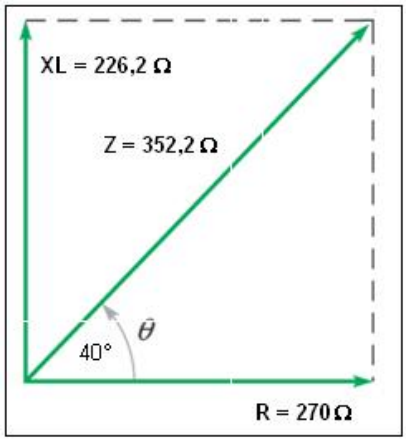
a.-Calcular Vim= $6\sqrt{2} = 8.48\ Voltios$

b.-Graficar el triángulo de tensiones:



c.- Calcular la reactancia inductiva de la Inductancia.

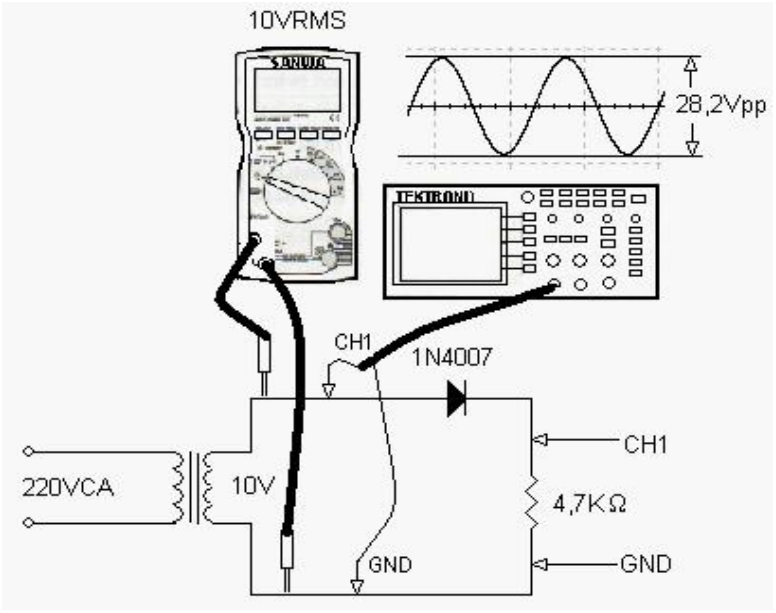
XL = 226.2 ohmios

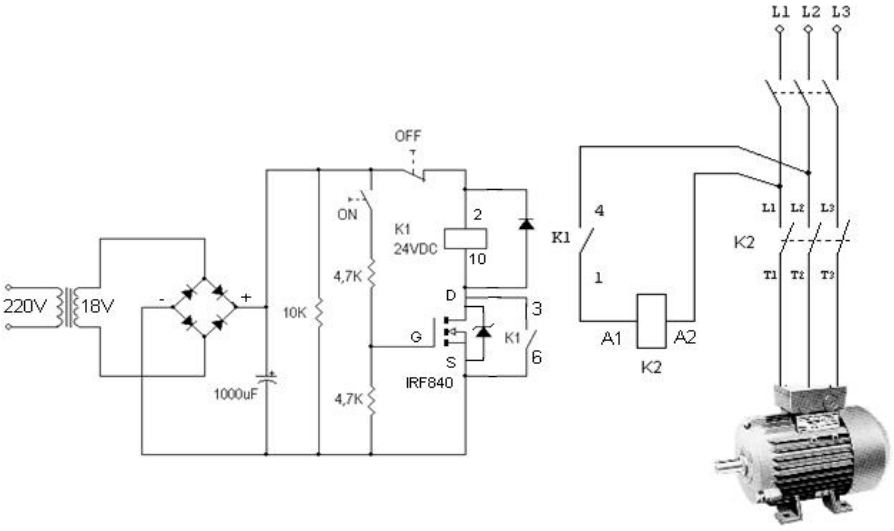


d.- Calcular la impedancia del circuito.

Z = 352,2 ohmios

e.- Graficar el triángulo de impedancias





Nº	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Verificar condición de un diodo semiconductor	Osciloscopio digital
2	Montar circuitos rectificadores con diodos	Multímetro digital
3	Montar circuito con diodo Zener	Pinza digital
4	Montar circuito con diodo LED	Alicate de punta semiredonda de 4"
5	Montar circuito de aplicación del transistor BJT como interruptor	Alicate de corte diagonal de 4"
		Destornillador plano de 4"x1/8"
6	Montar circuito de aplicación con transistor MOSFET	Transistor BD135, IRF840
		Diodo 1N4007
		Motor trifásico 220V/1HP
		Resistencias y condensadores diversos valores
		Alambre telefónico 2x22 AWG, Protoboard

	CIRCUITOS CON DIODOS Y TRANSISTORES	HT:T6	
	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 12 horas	HOJA:1/1

HOJA DE OPERACIÓN 25.

VERIFICAR LA CONDICIÓN DE UN DIODO SEMICONDUCTOR USANDO EL MULTIMETRO DIGITAL.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Solicitar un diodo 1N4007.

2.-Verificar la condición del diodo semiconductor, de acuerdo al procedimiento, establecido y completar la siguiente Tabla.

Indicación del multímetro digital en una posición cualquiera del diodo.	Indicación del multímetro digital al intercambiar los terminales del multímetro con el diodo

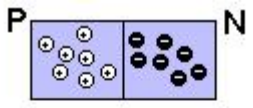
3.- En base a sus mediciones, indicar qué terminal del diodo (ánodo o cátodo) representa a aquel marcado con una banda.

4.- Haciendo uso del datasheet completar la siguiente información solicitada.
4.1.- Corriente promedio máxima que puede circular por el diodo.
4.2.- Voltaje inverso de pico que puede soportar el diodo.
4.3.- Corriente transitoria máxima.
4.4.- Rango de temperatura de operación
4.5.- Resistencia térmica.
4.6.- Caída de tensión que se presenta en los terminales del diodo cuando éste está en conducción.
4.7.- Máxima corriente inversa cuando el diodo está polarizado inversamente.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 20.

1.- EL DIODO SEMICONDUCTOR.

El diodo semiconductor es un dispositivo que resulta de la unión de dos materiales semiconductores impurificados (P y **N**) encapsulados en un recipiente de vidrio o plástico duro, en el que sobresalen dos conectores axiales (laterales).







En la figura adjunta aparece un corte transversal de una unión PN y el símbolo del diodo semiconductor.

El diodo es un dispositivo sensible a la polaridad.

Cuando el potencial del ánodo es positivo con respecto al cátodo, se dice que el diodo tiene polarización directa y por lo tanto, conduce. Un diodo en conducción tiene una caída de voltaje directa VF (Forward Voltaje) relativamente pequeña a través de si mismo y además, se comporta como un elemento de baja resistencia.

Cuando el potencial del ánodo es negativo con respecto al cátodo, se dice que el diodo tiene polarización inversa. Bajo condiciones de polarización inversa, fluye una pequeña corriente inversa (también conocida como corriente de fuga) y el diodo se comporta como un elemento de alta resistencia.

Para los fines prácticos, un diodo se puede considerar como un interruptor ideal. Observemos algunos tipos de diodos.



DIODO DE BAJA POTENCIA



DIODO DE MEDIANA POTENCIA MONTAJE EN PERNO

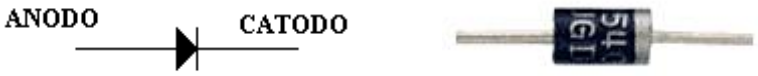


DIODO DE POTENCIA DISCO DE HOCKEY

Los diodos rectificadores, comercialmente, están en el rango de corriente desde un amperio hasta 2200 amperios, y su PIV desde 50 Voltios hasta 1600 Voltios.

2.- SÍMBOLO DEL DIODO SEMICONDUCTOR.

El siguiente es el símbolo de un diodo semiconductor.

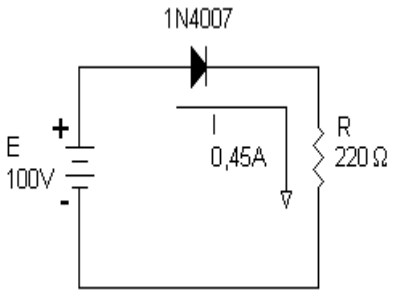


Asimismo se observa el aspecto de un diodo de baja potencia.
En estos diodos, la franja o banda ubicada en uno de los extremos indica el cátodo.

3.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL DIODO.-Los diodos se especifican indicando el código del fabricante o mediante la corriente directa en Amperios y el PIV.

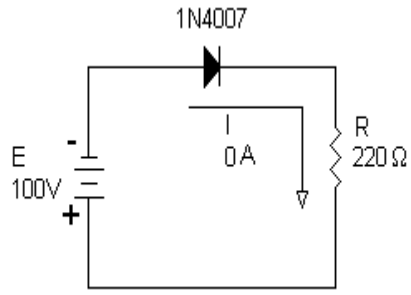
Ejemplo: Un diodo 1N4007 o Un diodo de 1 Amperio/1000 Voltios

3.- CORRIENTE DIRECTA, CORRIENTE PROMEDIO.- Es la máxima corriente que puede circular por el diodo, cuando está polarizado directamente. Si se excede este valor, el diodo se deteriora.

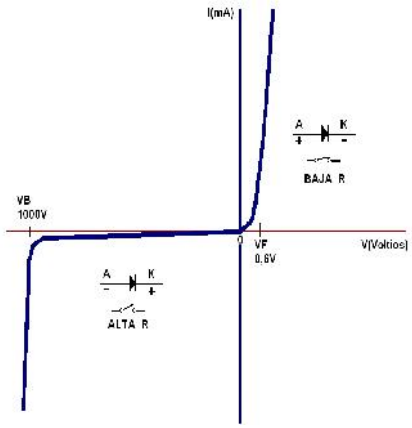


En este ejemplo que se muestra adjunto, el diodo está polarizado directamente y circula una corriente directa de 0,45 Amperios, pero el diodo 1N4007 soporta hasta 1 Amperio.

4.- PIV o PRV.- Es el máximo voltaje que se puede aplicar al diodo cuando está polarizado inversamente. Si se excede este valor, el diodo se deteriora. En el ejemplo mostrado, el diodo está soportando un voltaje inverso de 100 V, pero el diodo 1N4007 soporta un PIV hasta de 1000 Voltios.



5.- CURVA CARACTERÍSTICA DEL DIODO.



La siguiente es la curva característica de un diodo semiconductor.

En el cuadrante I, el diodo está polarizado directamente, se comporta como un interruptor cerrado y ofrece baja resistencia

Observar que el diodo, recién empieza a conducir cuando su tensión ánodo-cátodo es mayor de 0,6 Voltios.

En el cuadrante III, el diodo está polarizado inversamente, se comporta como un interruptor abierto y ofrece alta resistencia.

Observar que circula una corriente inversa muy pequeña, sin embargo si se excede el valor del Voltaje de ruptura (Voltage Breakdown), en este caso 1000 Voltios, la corriente se eleva bruscamente, deteriorando definitivamente al diodo.

6.- APLICACIONES DEL DIODO.

Dentro de las múltiples aplicaciones del diodo podemos considerar al diodo como rectificador en circuitos de baja frecuencia tal como 60Hz, o en sistemas trifásicos de potencia, igualmente los diodos son usados en circuitos de alta frecuencia o circuitos de conmutación.

7.- PROCEDIMIENTO PARA PROBAR UN DIODO SEMICONDUCTOR USANDO EL MULTIMETRO DIGITAL SANWA CD771.



1.- Conectar las puntas de prueba en los terminales de medición; la punta de prueba de color rojo debe ir en el borne indicado V/Hz/⊣⊢ Ω/⊣⊢/•))

La punta de prueba de color negro deberá conectarla al punto denominado **COM.**

2.- Colocar el selector de función en la posición Ω/⊣⊢/•)) .

3.- Presionar el botón SELECTOR hasta que aparezca el símbolo del diodo:
En la pantalla LCD deberá aparecer lo siguiente:



4.- Proceder a probar la condición del diodo, según los gráficos abajo mostrados.

POLARIZACIÓN DIRECTA



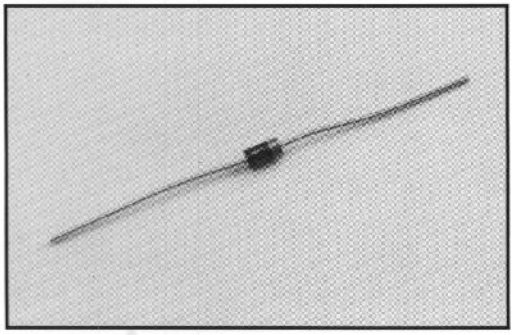
POLARIZACIÓN INVERSA



8.- DATASHEET DEL DIODO 1N4007

1N4001 Thru 1N4007

1 AMP PLASTIC SILICON RECTIFIER

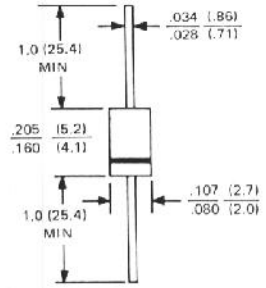


FEATURES

- Rating to 1000V PRV
- Low cost
- Diffused junction
- Low leakage
- Low forward voltage drop
- High current capability
- Easily cleaned with freon, alcohol, chlorothene and similar solvents
- UL recognized 94V-O plastic material

Outline Drawing

DO-41



Dimensions in inches and (millimeters)

Mechanical Data

- Case: JEDEC DO-41
- Terminals: Axial leads, solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Color band denotes cathode
- Weight: 0.012 ounce, 0.3 grams
- Mounting Position: Any

Maximum Ratings & Characteristics

- Ratings at 25° C ambient temperature unless otherwise specified
- Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load
- For capacitive load, derate current by 20%

		1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Units
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375 (9.5mm) Lead Lengths @ T_A = 75° C	$I_{(AV)}$	1.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave Superimposed On Rated Load	I_{FSM}	40							A
Maximum Forward Voltage At 1.0A DC	V_F	1.0							V
Maximum DC Reverse Current @ T_A = 25°C At Rated DC Blocking Voltage @ T_A = 100°C	I_R	5 50							μA
Typical Junction Capacitance (Note 1) T_A = 25° C	C_J	15							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2)	R_{thJA}	26							°C/W
Operating Temperature Range	T_J	-65 to +175							°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 to +175							°C

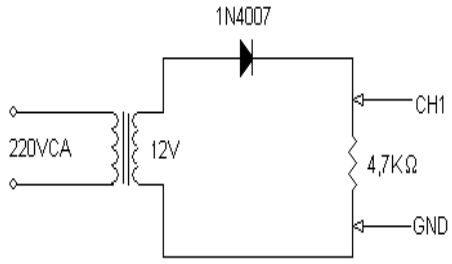
Notes: 1. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V DC

Collmer Semiconductor, Inc.

HOJA DE OPERACIÓN 26. MONTAR CIRCUITOS RECTIFICADORES CON DIODOS.

1.- EL RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.

PROCESO DE EJECUCIÓN:



1.- Montar el siguiente circuito.

2.- Empleando un Voltímetro ac medir la tensión del secundario del transformador.

3.- Utilizando un Voltímetro DC medir la tensión en los extremos de la resistencia de 4,7Kohmios.

4.- Haciendo uso de un osciloscopio dibujar y medir la forma de onda en los bornes de la resistencia de 4,7 KΩ.

5.- Completar la siguiente Tabla.

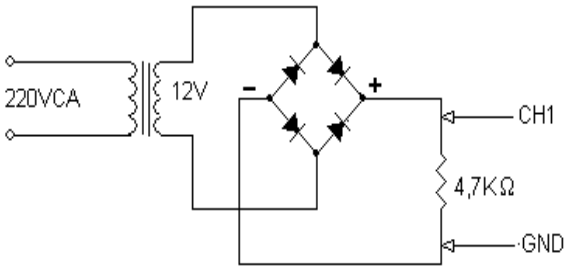
Vs	Vm	VDC	
Medido	Medido	Calculado	Medido

6.- Verificar la siguiente ecuación. $VDC = \frac{Vm}{®} = 0{,}45Vs$

2.- EL RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA CON PUENTE DE GRAETZ.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Montar el siguiente circuito.



2.- Empleando un Voltímetro ac medir la tensión del secundario del transformador.

3.- Utilizando un Voltímetro DC medir la tensión en los extremos de la resistencia de 4,7Kohmios.

4.- Haciendo uso de un osciloscopio dibujar y medir la forma de onda en los bornes de la resistencia de 4,7 KΩ.

5.- Completar la siguiente Tabla:

Vs	Vm	VDC

Medido	Medido	Calculado	Medido

6.- Verificar la siguiente ecuación. $VDC = \frac{2Vm}{®} = 0{,}9Vs$

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 21.

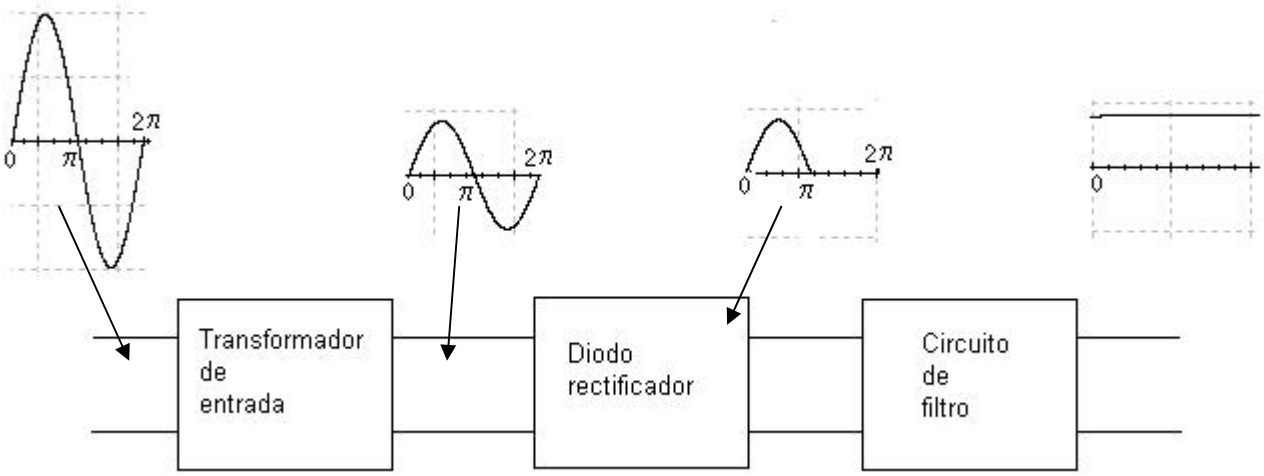
1.- EL RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.

Una de las aplicaciones de los diodos es en los circuitos rectificadores.

Estos se clasifican en rectificadores de media onda y de onda completa.

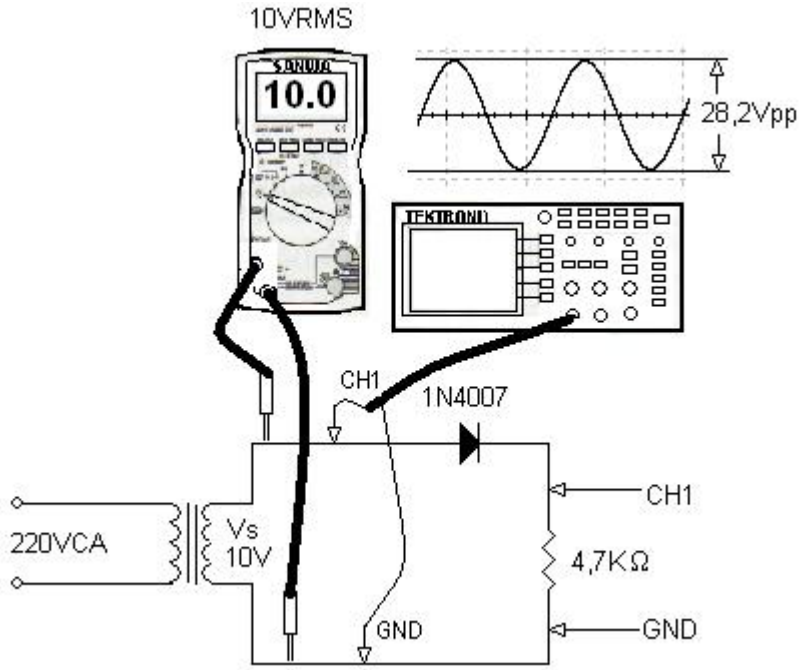
Un circuito rectificador es aquel que convierte la tensión ac en tensión continua pulsante.

Esta tensión continua pulsante, a fin de que sea útil en una fuente de alimentación, requiere de un sistema de filtros conformado por condensadores electrolíticos de alta capacidad (del orden de 1000 µF, 2200µF).



Por ejemplo, en el siguiente circuito rectificador de media onda.

Vs es la tensión alterna senoidal entregada por un transformador, cuya finalidad es reducir la tensión de 220 Voltios proporcionada por las empresas generadoras de electricidad a un valor adecuado a nuestras necesidades.



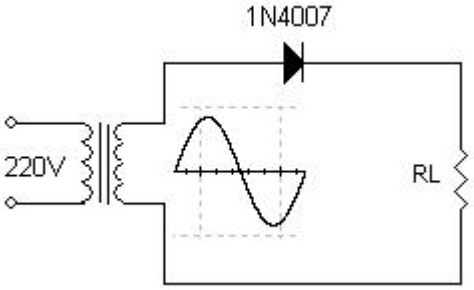
Si se conecta un osciloscopio y un voltímetro ac en los bornes del secundario del transformador, se observaría la siguiente onda senoidal con un voltaje de 28,2 Voltios pico a pico, sin embargo el multímetro ac nos mediría solamente 10 Voltios.

La diferencia se debe a las unidades de medición; el voltímetro ac mide voltaje RMS o Voltaje eficaz, mientras que el osciloscopio mide Voltaje pico a pico. Ahora, la relación entre ambas magnitudes es la siguiente:

$$Vpp = 2Vm \qquad \text{y} \qquad V\,rms = \frac{Vm}{\sqrt{2}}$$

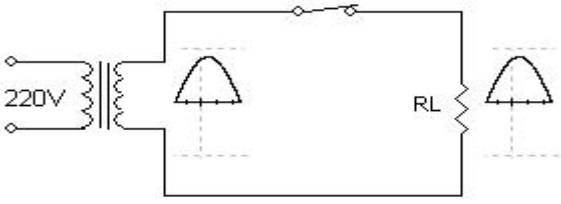
Lo usual al medir voltaje con el voltímetro ac es expresar únicamente, por ejemplo, 10 Voltios y ya se sobreentiende que son 10 Voltios RMS.

2.- PROCESO DE RECTIFICACIÓN.



En el secundario del transformador se observa una onda senoidal. Esta forma de onda tiene una comba positiva y una comba negativa con una duración de 8,3 milisegundos cada una.

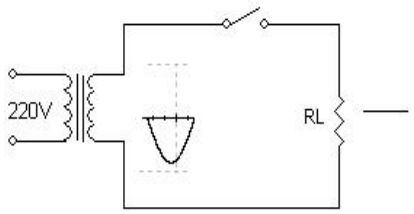
El comportamiento del diodo dependerá del potencial aplicado a su ánodo.



Es decir, durante la transición positiva o comba positiva, el diodo estará polarizado directamente, se comporta como un interruptor

cerrado (en realidad, aquí se presenta entre ánodo y cátodo, la tensión VF, del orden de 0,6 a 0,7 V, pero para los efectos prácticos se considera despreciable).

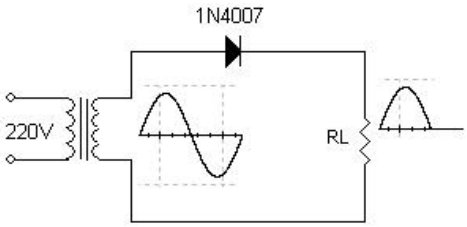
Se observa que prácticamente, toda la comba positiva que entrega el transformador aparece en los bornes de la resistencia RL.



Algo diferente ocurre durante la transición negativa o comba negativa, el diodo estará polarizado inversamente y se comporta como un interruptor abierto (en realidad, aquí el diodo ofrece una alta impedancia o gran oposición, una resistencia del orden de los cientos de kiloohms o megaohmios, que para los efectos prácticos se considera como circuito abierto).

Por lo tanto, en la resistencia RL no hay tensión de salida o ésta es igual a 0.

Es decir, en un ciclo completo tendremos lo siguiente: la onda senoidal que tenía valores alternantes positivos y negativos, e ingresa al diodo, en la carga RL solamente aparecen las combas positivas. A este proceso se le conoce como rectificación.



La forma de onda obtenida se denomina onda continua pulsante o también onda discontinua. Esta forma de onda contiene muchos armónicos y todavía no es útil para usarse en circuitos amplificadores, sin embargo, es muy satisfactoria para ciertas aplicaciones como cargadores de batería o para energizar a motores DC.

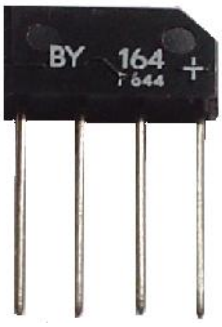
Si se coloca un voltímetro DC entre los bornes de la resistencia RL, este instrumento medirá el voltaje promedio de dicha forma de onda, el cual es regido mediante la siguiente ecuación:

$$VDC = Vpromedio = \frac{V\max}{®} = \frac{Vs\sqrt{2}}{®} = 0{,}45Vs$$

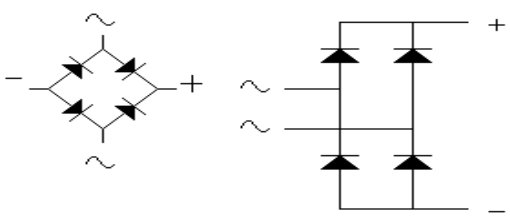
Donde se comprueba que el diodo ha convertido la tensión alterna en tensión promedio.

3.- EL DIODO RECTIFICADOR TIPO PUENTE DE GRAETZ.

El diodo rectificador tipo puente se emplea en los rectificadores de onda completa.

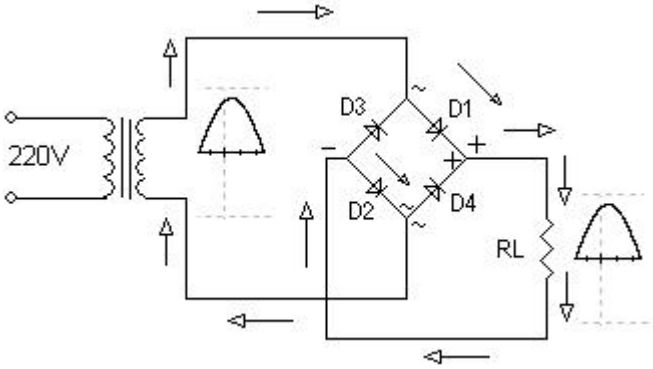


El siguiente es el símbolo que representa a dicho diodo



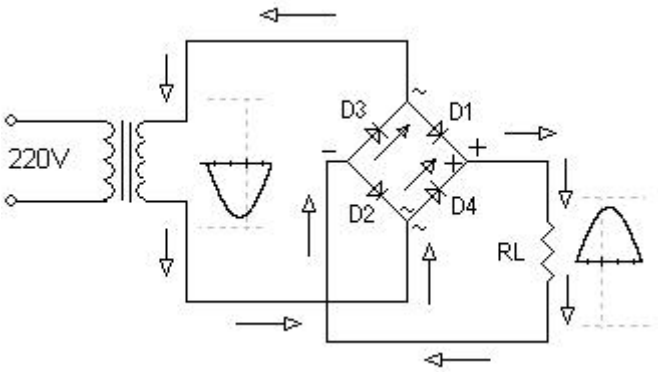
Aspecto físico de un diodo puente

4.- EL RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA TIPO PUENTE.



El rectificador de onda completa emplea un arreglo de cuatro diodos denominado rectificador tipo puente de Graetz.

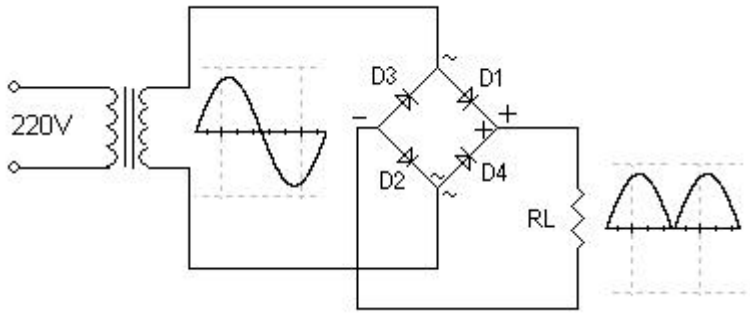
Comercialmente, estos cuatro diodos son encapsulados en un solo paquete con 4 terminales, dos de ellos corresponden a la tensión de entrada (voltaje del secundario del transformador) y los otros dos corresponden a la resistencia de carga RL o salida DC.



La ventaja del rectificador de onda completa es el incremento de potencia DC en la carga comparado con el rectificador de media onda.

Durante el semiciclo positivo se encuentran directamente polarizados los diodos D1 y D2 y por lo tanto se comportan como interruptores cerrados, mientras que los diodos D3 y D4 están polarizados inversamente y se comportan como interruptores abiertos.

En un ciclo completo habrá lo siguiente:



Esta forma de onda continúa llamándose onda continua pulsante u onda discontinua.
La lectura de un voltímetro DC en los bornes de la resistencia RL indicaría lo siguiente:

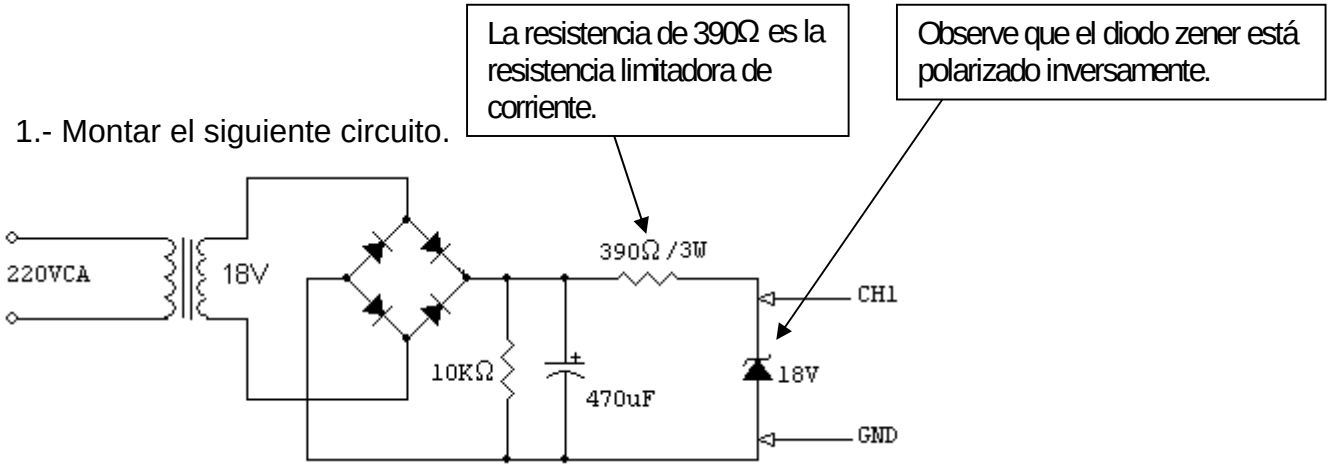
$$VDC = \frac{2Vm}{®} = 0{,}9Vs$$

HOJA DE OPERACIÓN 27.

MONTAR CIRCUITO CON DIODO ZENER.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

1.- Montar el siguiente circuito.



2.- Empleando un Voltímetro ac medir la tensión en los bornes del secundario del transformador.

3.- Empleando un Voltímetro DC medir la tensión en los bornes del condensador de filtro.

4.- Utilizando un Voltímetro DC medir la tensión en los extremos del diodo zener.

5.- Haciendo uso de un osciloscopio dibujar y medir la forma de onda en los bornes del diodo zener.

6.- Completar la siguiente Tabla:

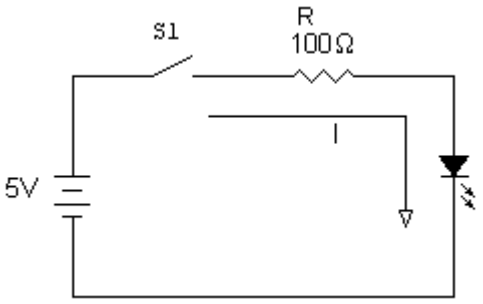
Voltaje a.c. en el secundario del transformador	Voltaje en los bornes del condensador de filtro		Voltaje en los bornes del diodo zener.	
Medido	Calculado	Medido	Calculado	Esperado

HOJA DE OPERACIÓN 28.

MONTAR CIRCUITO CON DIODO LED.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

1.- Montar el siguiente circuito.



2.- Verificar que el diodo LED se ilumina al cerrar el interruptor S1.

3.- Cambiar el valor de la resistencia R a 47Ω, 470Ω, 1KΩ.
En cada caso calcule la corriente I que circula por el circuito.

4.- Completar la siguiente Tabla.

Resistencia R	VF medido	I calculada	I medida	Iluminación del LED estimada
47Ω				
100Ω				
470Ω				
1KΩ				

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 22.

1.- EL DIODO ZENER.

El diodo **Zener** (**Clarence Melvin Zener** USA 1905-1993) es un diodo que mantiene entre sus terminales una tensión estable, conocida como tensión Zener.

El diodo Zener, cuando está polarizado directamente se comporta igual a un simple diodo rectificador, con su caída de tensión VF aproximadamente 0,7V.

Sin embargo, cuando este diodo esta polarizado inversamente, su tensión se estabiliza al valor de diseño (voltaje Zener) en el proceso de fabricación.

En el diodo Zener, la región Zener es controlada variando los niveles de dopado de impurezas en el proceso de fabricación.

Es importante observar que todo diodo Zener debe trabajar, necesariamente, con una resistencia limitadora de corriente.




DIODO ZENER DE BAJA POTENCIA

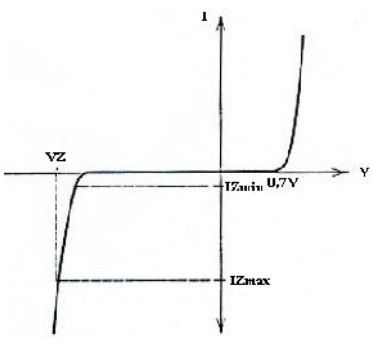

DIODO ZENER MEDIANA POTENCIA

2.- SÍMBOLO. El siguiente es el símbolo del diodo Zener, y su aspecto físico.
Es necesario recordar que no hay diferencia física entre un diodo rectificador y un diodo Zener. Los diodos zener, comercialmente, están en el rango de tensión desde 2,4Voltios hasta 200 Voltios y su rango de potencia desde 0.5 Watios hasta 50 Watios**.**

3.-ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL DIODO ZENER.-Los diodos Zener se especifican indicando el código del fabricante o mediante la tensión Zener en Voltios y la potencia en Watts Ejemplo :

Un diodo 1N4740 o
Un diodo de 10Voltios/1Wattio

4.- CURVA CARACTERÍSTICA DEL DIODO ZENER.



La curva característica del diodo zener se obtiene mediante un circuito y un osciloscopio.

La corriente inversa IZ no debe sobrepasar la intensidad IZ máximo para no deteriorar al diodo Zener. Por otro lado IZ no puede reducirse por debajo de su valor mínimo IZ mínimo, porque sino el punto de trabajo del diodo zener se desplazaría

hacia el codo de la curva característica y no se mantiene la condición de regulación del diodo Zener.

En esta zona el efecto estabilizador del diodo zener es muy deficiente, pues su característica tiene muy poca pendiente.

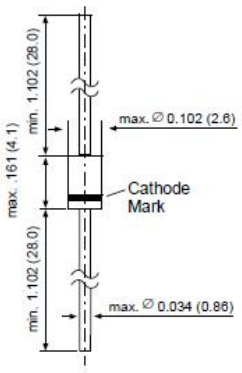
Siempre que el fabricante no indique otra cosa, puede tomarse como valor aproximado

IZ mínimo = 0,1 IZ máximo

1N4728 THRU 1N4764

ZENER DIODES

DO-41 Glass



Dimensions in inches and (millimeters)

FEATURES

- Silicon Planar Power Zener Diodes
- For use in stabilizing and clipping circuits with high power rating.



- Standard Zener voltage tolerance is ±10%. Add suffix "A" for ±5% tolerance. Other Zener voltages and tolerances are available upon request.
- These diodes are also available in the MELF case with type designation ZM4728 thru ZM4764

MECHANICAL DATA

Case: DO-41 Glass Case
Weight: approx. 0.35 g

MAXIMUM RATINGS

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

	SYMBOL	VALUE	UNIT
Zener Current (see Table "Characteristics")			
Power Dissipation at T_{amb} = 25°C	P_{tot}	1.0(1)	Watts
Junction Temperature	T_j	175	°C
Storage Temperature Range	T_S	– 65 to +175	°C

Characteristics at Tamb = 25 °C

	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Thermal Resistance Junction to Ambient Air	R_{thJA}	–	–	170(1)	°C/W
Forward Voltage at I_F = 200 mA	V_F	–	–	1.2	Volts

1N4728 THRU 1N4764

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Type	Nominal Zener voltage(3) at I_{ZT} V_Z V	Test current I_{ZT} mA	Maximum Zener impedance(1) Z_{ZT} at I_{ZT} Ω	Z_{ZK} Ω	at I_{ZK} mA	Maximum reverse leakage current I_R µA	at V_R V	Surge current at T_A = 25°C I_R mA	Maximum regulator current(2) I_{ZM} mA
1N4737	7.5	34	4.0	700	0.5	10	5	605	121
1N4738	8.2	31	4.5	700	0.5	10	6	550	110
1N4739	9.1	28	5.0	700	0.5	10	7	500	100
1N4740	10	25	7	700	0.25	10	7.6	454	91
1N4741	11	23	8	700	0.25	5	8.4	414	83
1N4742	12	21	9	700	0.25	5	9.1	380	76
1N4743	13	19	10	700	0.25	5	9.9	344	69
1N4744	15	17	14	700	0.25	5	11.4	304	61
1N4745	16	15.5	16	700	0.25	5	12.2	285	57
1N4746	18	14	20	750	0.25	5	13.7	250	50
1N4747	20	12.5	22	750	0.25	5	15.2	225	45
1N4748	22	11.5	23	750	0.25	5	16.7	205	41

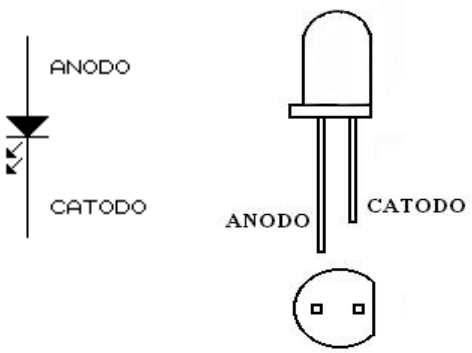
HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 23.

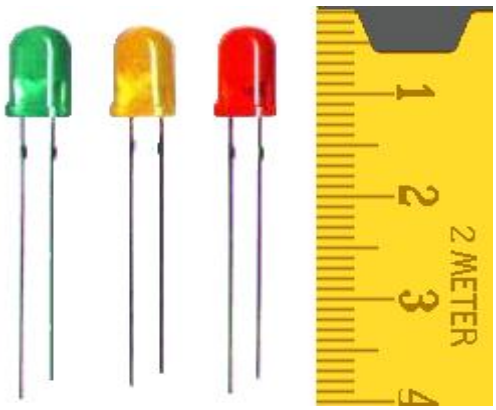
1.- EL DIODO EMISOR DE LUZ (LED) .

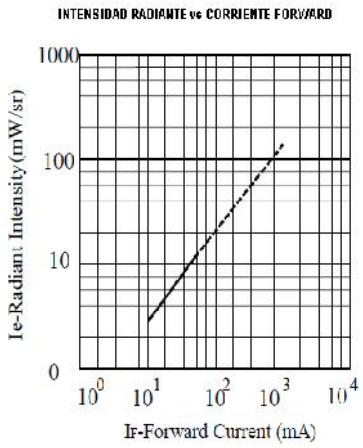
El **LED** (LIGHT EMITTING DIODE) o diodo emisor de luz pertenece a la familia de los dispositivos optoelectrónicos y emite luz de una longitud de onda del espectro visible, por eso existen LEDs que emiten luz de color rojo, verde, naranja, amarillo y azul. Su mayor tiempo de vida y reducido tamaño ha permitido que los LEDs reemplacen a los foquitos o lamparitas de los equipos electrónicos; así se usan como indicadores en paneles de control, relojes, calculadoras y muchos otros equipos y aparatos.

2.- SÍMBOLO DEL DIODO LED.

El siguiente es el símbolo del diodo LED con el aspecto físico del dispositivo.







3.- CURVA CARACTERÍSTICA DEL LED.

En la curva característica del diodo LED se aprecia que la intensidad de luz emitida está en relación directa con la corriente que circula por él, es decir, a mayor corriente, habrá mayor intensidad de luz.

4.- VERIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL LED USANDO EL MULTÍMETRO DIGITAL.

Para verificar el estado de conducción del diodo LED, es necesario aplicarle entre sus terminales ánodo-cátodo, una tensión mayor que el valor VF.

Usualmente, en los diodos LED, el voltaje VF es del orden de 2 a 3 Voltios, mientras que los multímetros digitales, en el rango de prueba de diodos entrega entre sus bornes, de las puntas de prueba, una tensión del orden de 1,5 Voltios, por lo tanto, al probar un diodo LED con el multímetro digital, en cualquier posición del diodo LED, su lectura será 0L (Open Loop).
Esto trae como conclusión que, para probar un diodo LED, se haga necesario montar un circuito con una fuente de tensión y su resistencia limitadora de corriente.

EVERLIGHT ELECTRONICS CO.,LTD.

Device Number : CDLE-038-106 REV.: 2

5.0mm Round Type LED Lamps

PART NO. : 383-2UBC/C470 ECN: Page: 1/4

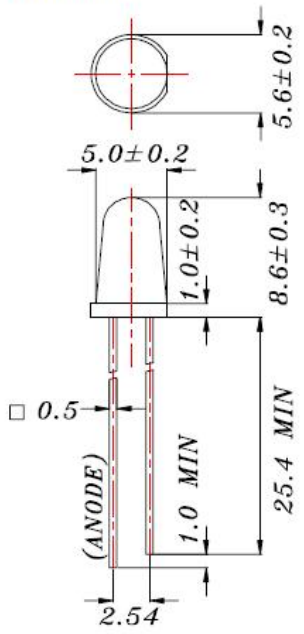
Features :

- Choice of various viewing angles
- Available on tape and reel.
- Reliable and robust

Descriptions :

- The series is specially designed for applications requiring higher brightness
- The led lamps are available with different colors, intensities,

Package Dimensions:



Applications :

- TV set
- Monitor
- Telephone
- Computer

Notes :

1. All dimensions are in millimeters.
2. An epoxy meniscus may extend about 1.5mm(0.059") down to the lead.
3. Tolerances unless Dimension ±0.25mm.

Absolute Maximum Ratings at Ta = 25℃

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Forward Current	I_F	60	mA
Operating Temperature	Topr	-40 to +85	℃
Storage Temperature	Tstg	-40 to +100	℃
Soldering Temperature	Tsol	260 ± 5	℃
Electrostatic Discharge	ESD	1000	V
Power Dissipation	Pd	120	mW
Peak Forward Current(Duty 1/10 @ 1KHz)	I_F(Peak)	100	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Forward Voltage	V_F	／	3.5

HOJA DE OPERACIÓN 29.

MONTAR CIRCUITO DE APLICACIÓN DEL TRANSISTOR BJT COMO INTERRUPTOR.

1.-VERIFICAR ESTADO TRANSISTOR BJT, NPN USANDO MULTÍMETRO DIGITAL.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

1.- Solicitar un transistor BD135

2.- Identificar sus terminales Emisor, Base y Colector.

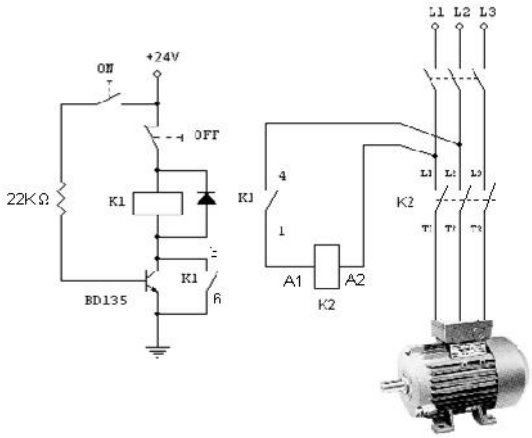
3.- Colocar el multímetro digital en la posición “probar diodos”.

4.- Efectuar las mediciones indicadas y complete la siguiente Tabla:

C-, B+	C+, B-	E-, B+	E+, B-	C+, E-	C-, E+
Medido	Medido	Medido	Medido	Medido	Medido

5.- En base a sus resultados obtenidos, determine la condición del transistor BD135.

6.- Montar el siguiente circuito



7.- Explicar brevemente el funcionamiento del circuito al accionar el pulsador ON.

8.- Energizar el circuito.

9.-Comprobar si el funcionamiento coincide con su análisis realizado en el paso 7.

10.- Medir la corriente de arranque y corriente de trabajo del motor completando la siguiente Tabla.

Corriente de arranque		Corriente de trabajo	
Medida	Calculada	Medida	Indicada

11.- Haciendo uso del datasheet del transistor BD135, determinar los siguientes valores:
a.- Corriente de colector que puede soportar.
b.- Caída de tensión entre colector y emisor cuando el transistor está en saturación.
c.- Máximo voltaje que puede aplicarse entre colector y emisor.
d.- La ganancia de corriente, cuando la corriente de colector es de 20 mA
e.- La disipación de potencia del transistor cuando la temperatura del encapsulado es de 70º.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 24.

1.- EL TRANSISTOR BJT.

El transistor bipolar o BJT (Bipolar Junction Transistor) debe su nombre al hecho que opera con dos clases de portadores: Los electrones y los huecos.

Posee tres terminales: **E** = Emisor, **B** = Base y **C** = Colector.

El transistor marcó el inicio de una nueva era en el mundo electrónico, creó un "parte aguas", y estableció "un antes de" y "un después de". Este dispositivo fue inventado por J. Bardeen, W. Brattain y W. Shockley en 1947.

Los transistores se emplean en diversos circuitos electrónicos de baja, mediana y alta potencia, ya sea conformando amplificadores de señales de audio, video o en el control de velocidad de motores eléctricos y circuitos de conmutación de potencia.

2.- TIPOS DE TRANSISTORES BJT.

Son de dos tipos: Transistor NPN y PNP.

3.- SÍMBOLO Y ESTRUCTURA FÍSICA .



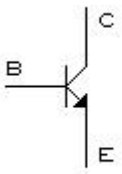
BAJA POTENCIA



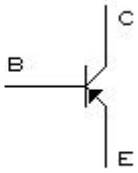
MEDIANA POTENCIA



ALTA POTENCIA



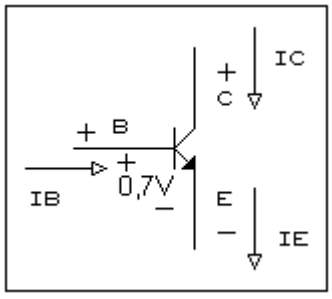
NPN



PNP

4.- POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR.

Para que un transistor BJT del tipo NPN funcione correctamente, éste debe tener la siguiente polarización.



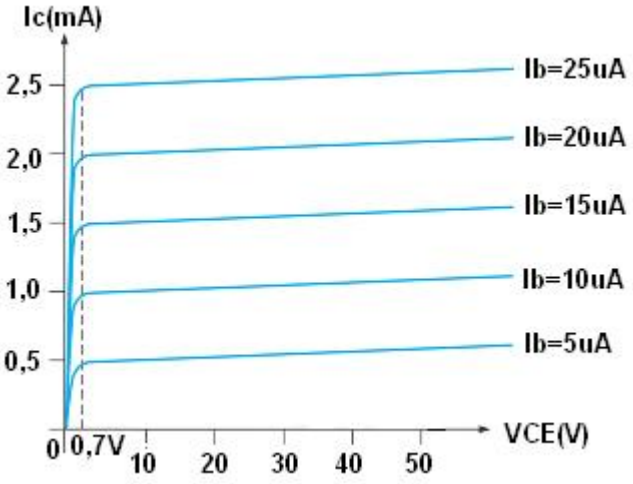
Además se establecen las siguientes ecuaciones:

$IE = IB + IC$

$IC = \quad IB \qquad IC = hFE\ IB$ donde:

β = hFE = Ganancia de corriente del transistor.

Se observa que, si la corriente de base (IB) es cero, la corriente de colector (IC) también será cero.



5.- CURVA CARACTERÍSTICA DEL TRANSISTOR BJT.

La siguiente es la familia de curvas características del transistor BJT.

Observar que para cada valor de corriente de base (IB) le corresponde una curva y un cierto valor de corriente de colector (IC).

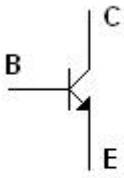
Ello nos indica que el transistor BJT se controla por corriente.

6.- VERIFICAR EL ESTADO DEL TRANSISTOR BJT USANDO EL MULTÍMETRO DIGITAL.

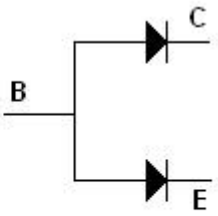
Una manera fácil y rápida de verificar la condición de un transistor BJT es empleando un multímetro digital, para ello, se debe cumplir con dos requisitos:

1.- El multímetro digital debe estar en la condición “probar diodos”.
2.- El transistor BJT se considera como el circuito equivalente de dos diodos.

Por ejemplo, para el transistor NPN se considera el siguiente circuito equivalente.



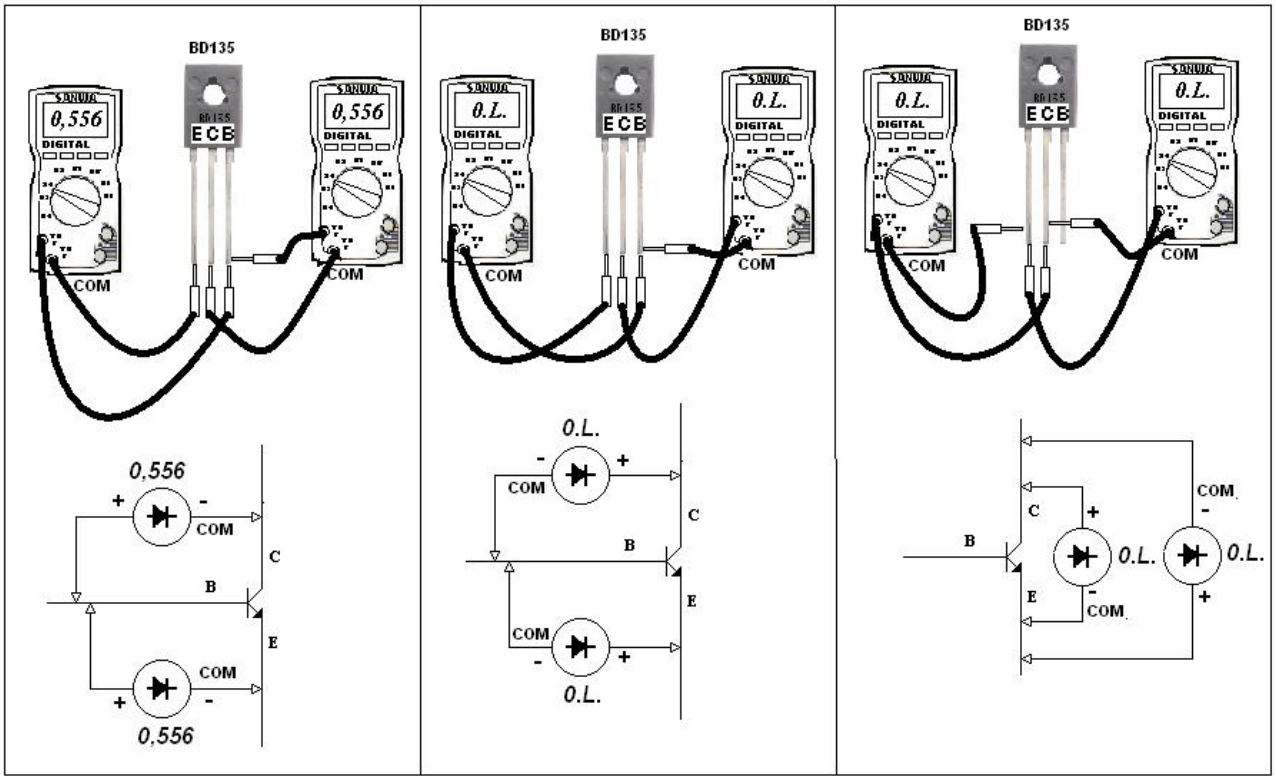
TRANSISTOR NPN



CIRCUITO EQUIVALENTE

A continuación, usando el multímetro digital verificamos cada diodo polarizándolo directa e inversamente debiendo obtener las mediciones típicas de un diodo.

Así en un transistor BJT del tipo NPN, tal como el transistor BD135 nos indica la siguiente lectura:



Es recomendable recordar estos valores de medición para usarlos como referencia cuando se trata de verificar la condición de un transistor BJT del tipo NPN.

Cuando se trate de verificar la condición de un transistor BJT, pero del tipo PNP, sencillamente, lo único que cambia es la polaridad del multímetro y las lecturas permanecen idénticas.

BD135/137/139

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

BD135/137/139



TO-126

1. Emitter 2.Collector 3.Base

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	1.5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	3.0	A
I_B	Base Current	0.5	A
P_C	Collector Dissipation (T_C=25°C)	12.5	W
P_C	Collector Dissipation (T_a=25°C)	1.25	W
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	- 55 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
V_{CEO}(sus)	Collector-Emitter Sustaining Voltage					
	: BD135	I_C = 30mA, I_B = 0	45			V
	: BD137		60			V
	: BD139		80			V
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	V_{CB} = 30V, I_E = 0			0.1	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	V_{EB} = 5V, I_C = 0			10	μA
h_{FE1}	DC Current Gain : ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 5mA	25			
h_{FE2}	: ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A	25			
h_{FE3}	: BD135	V_{CE} = 2V, I_C = 150mA	40		250	
	: BD137, BD139		40		160	
V_{CE}(sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 500mA, I_B = 50mA			0.5	V
V_{BE}(on)	Base-Emitter ON Voltage	V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A			1	V

BD135/137/139

Typical Characteristics

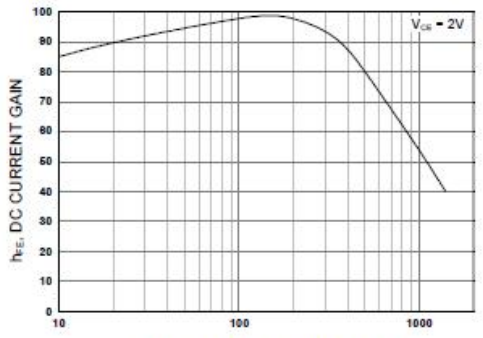


Figure 1. DC current Gain

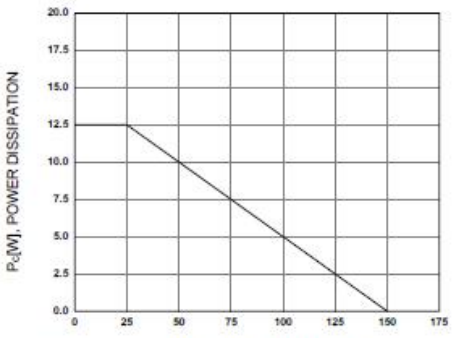


Figure 5. Power Derating

BD135/137/139

7.- PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA CORRIENTE DE ARRANQUE DE UN MOTOR.

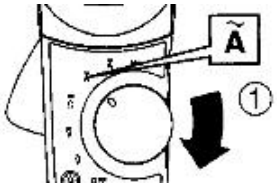
La corriente de arranque es la corriente instantánea máxima que absorbe un motor en el momento del arranque. Esta puede llegar a alcanzar hasta 6 veces el valor de la corriente nominal.

Para medir esta corriente de arranque es necesario el uso de una pinza amperimétrica, tal como se ve en la figura adjunta.

PROCESO DE EJECUCIÓN:

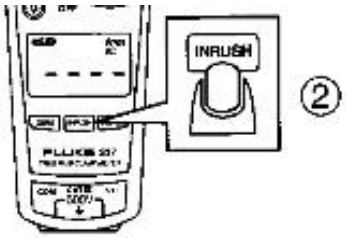


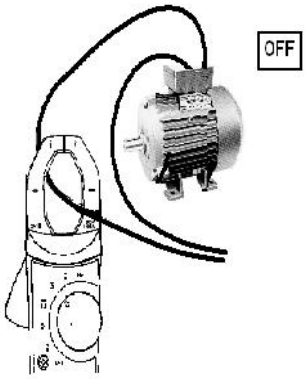
1.- Girar el selector de función de la pinza amperimétrica digital y colóquelo en Ã



2.- En la pinza amperimétrica digital, presionar el pulsador **INRUSH**

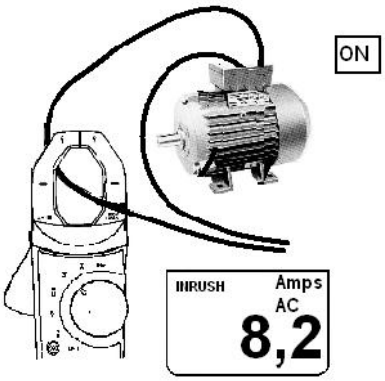
3.- Preparar el motor, al cual desea medir la corriente de arranque. Mantener el motor en la condición de apagado.





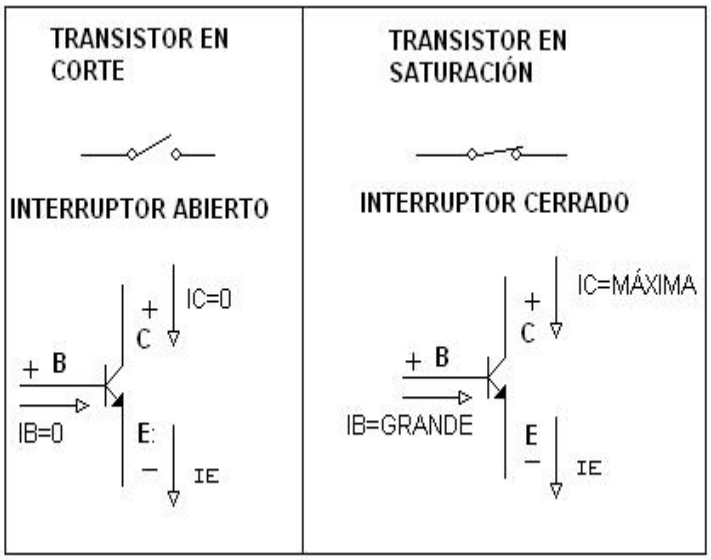
4.- Colocar la tenaza de la pinza amperimétrica digital en una línea de alimentación del motor.

5.- Poner en funcionamiento y arranque el motor.



6.- Leer el valor medido en el display LCD de la pinza amperimétrica digital.

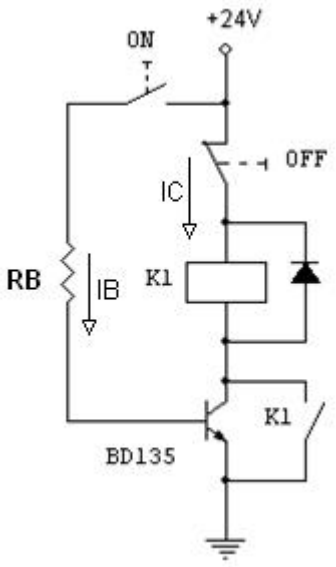
8.- TRANSISTOR EN CORTE Y EN SATURACIÓN.



Usualmente, en circuitos de potencia se emplea el transistor BJT como interruptor, por su rapidez de respuesta en abrir y cerrarse, del orden de los milisegundos y nanosegundos; incluyendo la ventaja de poder controlar grandes corrientes, del orden de los Amperios en el circuito de Colector, y ello actuando sobre una corriente muy pequeña, en la Base , del orden de los miliamperios.

9.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE BASE.

En el siguiente circuito se desea calcular el valor de la resistencia de base de tal modo que al accionar el pulsador ON se energice la bobina del relé.



1.- Usando un ohmímetro, medir la resistencia de la bobina del relé, suponiendo que mide 400 ohmios.

2.- Calcular la corriente que requiere el relé para su funcionamiento.

$$Irelé = \frac{V\,bobina}{R\,bobina} = \frac{24V}{400\,\Omega} = 60\,mA$$

Como se quiere que el transistor trabaje en saturación, sobredimensionamos un poco la corriente de colector y asumimos, por ejemplo 80 mA.

Se observa que esta corriente que requiere la bobina del relé coincide con la corriente de colector (IC) del transistor.

Yendo al datasheet y determinando su hFE o β, se estima un valor de 95.

Calcular la corriente de base (IB), recordando que entre base y emisor existe la tensión de 0,7 Voltios.

$$IB = \frac{IC}{} = \frac{80\,mA}{95} = 0{,}84\,mA$$

$$RB = \frac{VRB}{IB} = \frac{24V - 0{,}7V}{0{,}84\,mA} = 27{,}7\,K\Omega$$

HOJA DE OPERACIÓN 30.

MONTAR CIRCUITO DE APLICACIÓN CON TRANSISTOR MOSFET.

1.-VERIFICAR ESTADO DE TRANSISTOR MOSFET USANDO EL MULTIMETRO DIGITAL.

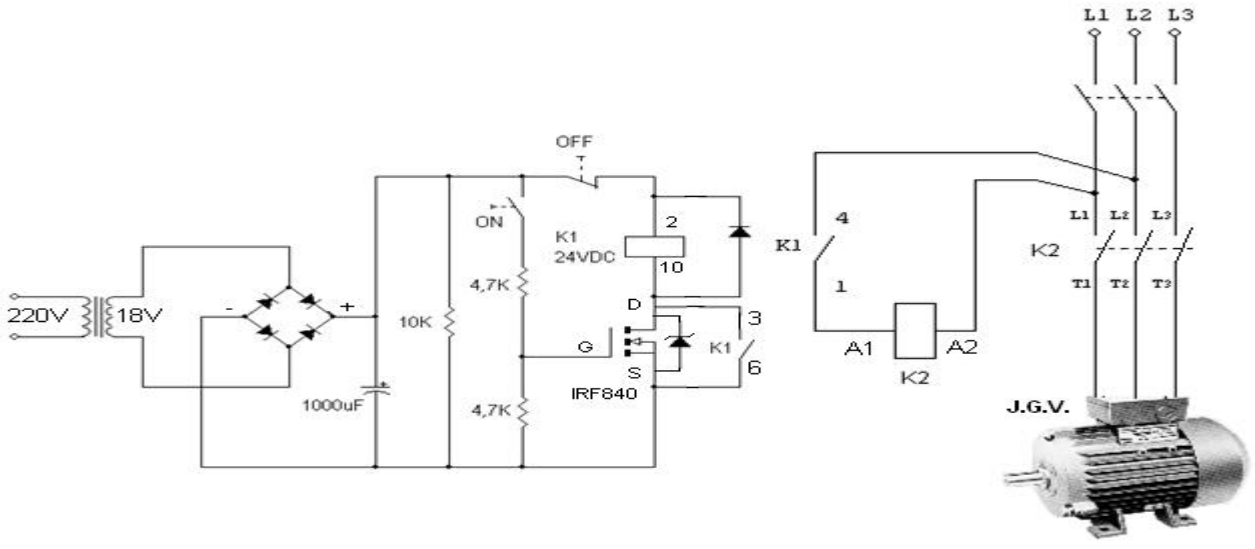
PROCESO DE EJECUCIÓN:

1.- Solicitar un transistor IRF840
2.- Identificar sus terminales Gate, Drenador y Surtidor.
3.- Colocar el multímetro digital en la posición “probar diodos”.
4.- Efectuar las mediciones indicadas y complete la siguiente tabla.

D-, G+	D+, G-	S-, G+	S+, G-	D+, S-	D-, S+
Medido	Medido	Medido	Medido	Medido	Medido

5.- En base a sus resultados obtenidos, determinar la condición del transistor IRF840.

6.- Montar el siguiente circuito



7.- Explicar brevemente el funcionamiento del circuito, al accionar el pulsador ON.

8.- Medir la tensión DC en los bornes del condensador de filtro de 1000µF.

9.- Calcular la tensión que debe llegar entre Gate y Surtidor cuando se acciona el pulsador ON.

10.- Haciendo uso del data sheet del transistor IRF840 determinar si el transistor está en corte o en saturación y complete la siguiente Tabla.

Voltaje en bornes del condensador 1000µF		Voltaje Gate-Surtidor	Estado del transistor al accionar ON
Medido	Calculado	Calculado	Observado

11.- Energizar el circuito.

12.- Comprobar si el funcionamiento coincide con su análisis realizado en el paso 7.

13.-Medir la corriente de arranque y corriente de trabajo del motor, completando la siguiente Tabla.

Corriente de arranque		Corriente de trabajo	
Medida	Calculada	Medida	Indicada

14.- Haciendo uso del datasheet del transistor IRF840, determinar los siguientes valores:
a.- Corriente de drenador, a temperatura ambiente, que puede soportar el MOSFET.
b.- Máximo voltaje drenador-surtidor que puede soportar el transistor.
c.- Resistencia estática entre drenador y surtidor, cuando el transistor está en saturación.
d.- Tiempo de conmutación, para pasar a la condición de conducción.
e.- Tiempo de conmutación, para pasar a la condición de bloqueo.
f.- Voltaje gate-surtidor que determina el paso de bloqueo a conducción.

15.-Modificar el circuito para lograr lo siguiente:
a.- Colocar un diodo LED en el circuito de mando y una lámpara incandescente de 220 Voltios ac en el circuito de fuerza, de tal modo que ambos se iluminen cuando el motor se encuentra funcionando y se apaguen cuando el motor está detenido.
Dibujar su circuito y solicitar los materiales para implementarlo.

AMBIENTAL.

Los retazos de alambre que quedan después del montaje, deposítelos en el tacho correspondiente (Alambres de cobre).

De igual modo, los papeles que utilizó para sus cálculos y circuitos y quiera eliminarlos, debe depositarlos en el tacho de color azul (papeles y cartones).

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 25.

1.- TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO.

Luego del invento del transistor BJT o transistor bipolar, continuaron las investigaciones hasta que en 1952 **W.Shockley (William Bradford Shockley,** Londres 1910, Palo Alto 1989) propuso el transistor de efecto de campo (FET :Field Effect Transistor).

La novedad en este tipo de transistor es que, el parámetro de control para un FET es la tensión, en vez de la corriente.

En un FET de canal N, la corriente se debe a los electrones, mientras que en un FET de canal P, se debe a los huecos.

Ambos tipos de FET se controlan por una tensión entre la compuerta y el surtidor.

Al comparar el FET con el BJT, se aprecia que el drenador (D) es análogo al colector, en tanto que el surtidor (S) es análogo al emisor. Un tercer contacto, la compuerta (G) es análogo a la base.

Su velocidad de conmutación es muy alta, siendo los tiempos de conmutación del orden de los nanosegundos.

Su parámetro importante es la **transconductancia** (gm) que es la relación entre la corriente de drenador y la tensión de compuerta y que define las características de transferencia.

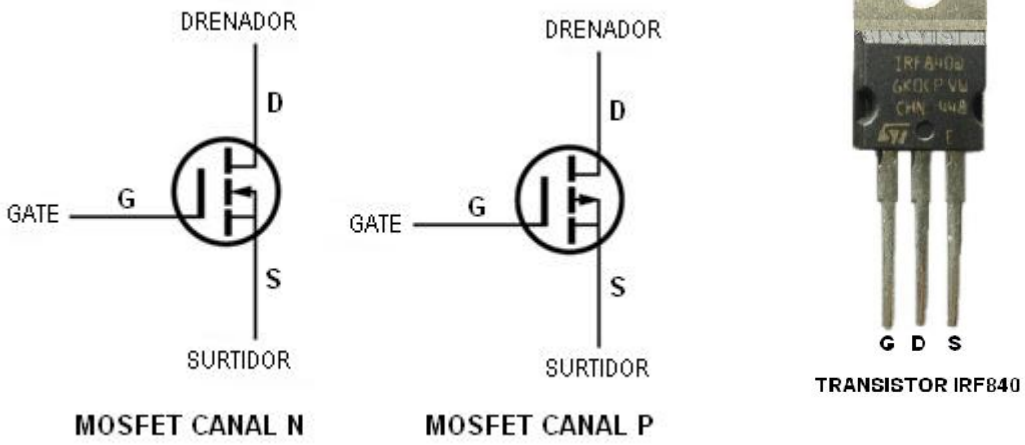
Sin embargo, los MOSFET (MOSFET: Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) tienen problemas de descargas electrostáticas, por lo que su manejo requiere de cuidados especiales. Además, es relativamente difícil protegerlos bajo condiciones de falla por cortocircuito.

En un transistor MOSFET todos sus terminales se encuentran eléctricamente aislados unos de otros y ello explica la alta impedancia de entrada del dispositivo.

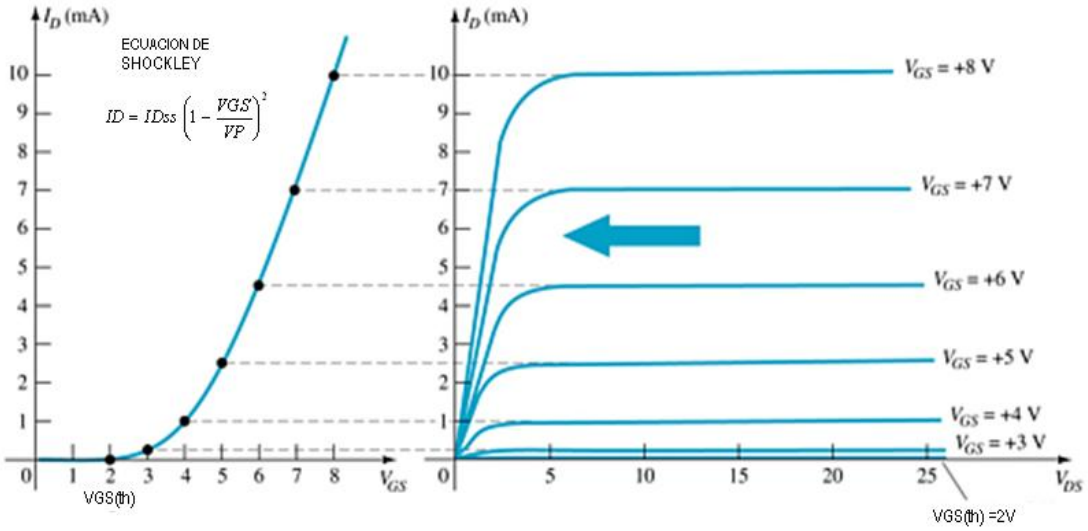
Los transistores FET, al igual que los transistores BJT se usan como amplificadores de una señal proveniente, por ejemplo, de un micrófono en un equipo de audio, o de una termocupla, en un sistema de control de temperatura, o de cualquier otro tipo de sensor; finalmente, con el avance tecnológico existen, en la actualidad, transistores MOSFET de potencia.

2.- SÍMBOLO.

El siguiente es el símbolo del MOSFET y su estructura física.



3.- CURVA CARACTERÍSTICA DE TRANSFERENCIA DEL TRANSISTOR MOSFET.



En la curva de transferencia se aprecia que conforme se incrementa el voltaje compuerta-surtidor (Vgs), también se va incrementando la corriente de drenador (Id), por lo que se deduce que el MOSFET es un dispositivo controlado por tensión.

Empleando la ecuación de Shockley se traza la curva de transferencia y en ella se puede visualizar la tensión de umbral VGS(th) que determina el paso de bloqueo a conducción, en este caso observamos que es igual a 2 Voltios; significa que, para que el MOSFET inicie la conducción, el voltaje entre compuerta y surtidor debe ser mayor que 2 Voltios.

Con valores de VGS menores de 2 Voltios, el transistor permanecerá en la condición de bloqueo o de corte.

El MOSFET se emplea en circuitos amplificadores, pero su aplicación mas efectiva es en circuitos de conmutación, como el empleado para el arranque y parada de un motor.

AMBIENTAL.

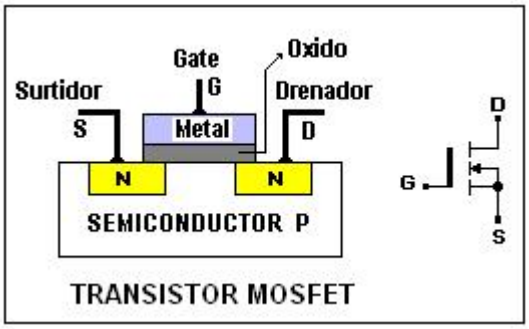
AHORRO DE ENERGÍA.

Con la finalidad de racionalizar el uso de recursos, recordar que el osciloscopio debe ser energizado, solamente, cuando el circuito se encuentre totalmente montado y listo para realizar las mediciones.

Recordar que consumiendo menos energía, se agotan menos los recursos naturales.

No olvidar de desconectar todos los equipos utilizados durante el día.

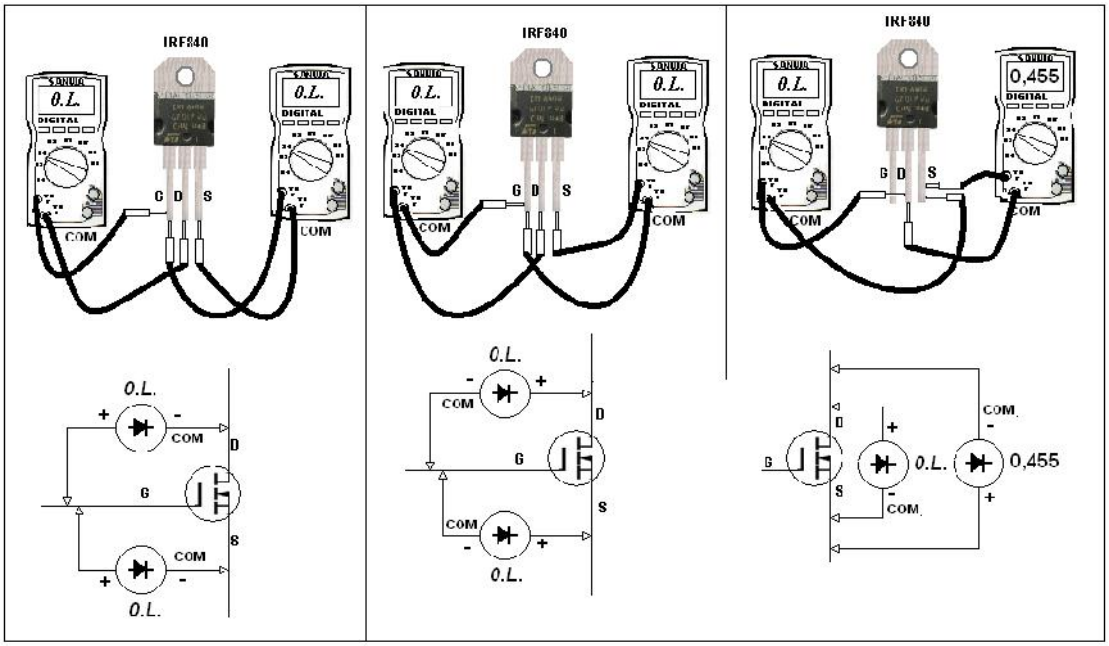
4.- VERIFICAR EL ESTADO DEL TRANSISTOR MOSFET USANDO EL MULTÍMETRO DIGITAL.



El MOSFET tiene una capa delgada de material aislante de dióxido de silicio (SiO2) colocada al lado del semiconductor y una capa de metal es colocada al lado del gate, tal como vemos en la figura.

En estas condiciones, se observa que todos los terminales se encuentran aislados unos de otros, por lo tanto, al usar el multímetro digital, sus lecturas serán de alta resistencia, es decir indicarán “OL”.

1.- El multímetro digital debe estar en la condición “probar diodos”.
2.- Efectúe las siguientes mediciones.



Como se aprecia, y era de esperarse, las lecturas indican “OL”; es decir, cuando se desea probar un MOSFET, lo único aceptable es el remplazo directo.

Observar que la lectura entre drenador y surtidor es, realmente, la indicación de la verificación del diodo interno entre ambos terminales.

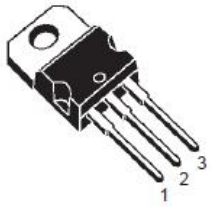
Una buena práctica es recordar que los MOSFET se pueden dañar con facilidad y hay que manipularlos con cuidado. Debido a que la capa de óxido es muy delgada, se puede destruir con facilidad si hay alta tensión o hay electricidad estática producida durante el manipuleo del transistor.

IRF840

N - CHANNEL 500V - 0.75Ω - 8A - TO-220 PowerMESH™ MOSFET

TYPE	V_{DSS}	$R_{DS(on)}$	I_D
IRF840	500 V	< 0.85 Ω	8 A

- TYPICAL $R_{DS(on)}$ = 0.75 Ω
- EXTREMELY HIGH dv/dt CAPABILITY
- 100% AVALANCHE TESTED
- VERY LOW INTRINSIC CAPACITANCES
- GATE CHARGE MINIMIZED



TO-220

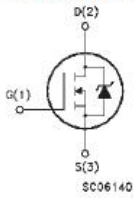
DESCRIPTION

This power MOSFET is designed using the company's consolidated strip layout-based MESH OVERLAY™ process. This technology matches and improves the performances compared with standard parts from various sources.

APPLICATIONS

- HIGH CURRENT, HIGH SPEED SWITCHING
- SWITH MODE POWER SUPPLIES (SMPS)
- DC-AC CONVERTERS FOR WELDING EQUIPMENT AND UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES AND MOTOR DRIVER

INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DS}	Drain-source Voltage (V_{GS} = 0)	500	V
V_{DGR}	Drain- gate Voltage (R_{GS} = 20 kΩ)	500	V
V_{GS}	Gate-source Voltage	± 20	V
I_D	Drain Current (continuous) at T_c = 25 °C	8.0	A
I_D	Drain Current (continuous) at T_c = 100 °C	5.1	A
I_{DM}(•)	Drain Current (pulsed)	32	A
P_{tot}	Total Dissipation at T_c = 25 °C	125	W
	Derating Factor	1.0	W/°C
dv/dt(1)	Peak Diode Recovery voltage slope	3.5	V/ns
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source Breakdown Voltage	I_D = 250 µA V_{GS} = 0	500			V
I_{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current (V_{GS} = 0)	V_{DS} = Max Rating V_{DS} = Max Rating T_c = 125 °C			1 50	µA µA
I_{GSS}	Gate-body Leakage Current (V_{DS} = 0)	V_{GS} = ± 20 V			± 100	nA

ON (*)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 250\ \mu A$	2	3	4	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{GS} = 10V$ $I_D = 4.8\ A$		0.75	0.85	Ω
$I_{D(on)}$	On State Drain Current	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $V_{GS} = 10\ V$	8.0			A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

SWITCHING ON

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{d(on)}$	Turn-on Time	$V_{DD} = 250\ V$ $I_D = 4.3\ A$		19		ns
t_r	Rise Time	$R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\ V$ (see test circuit, figure 3)		11		ns

SWITCHING OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{r(Voff)}$	Off-voltage Rise Time	$V_{DD} = 400\ V$ $I_D = 8\ A$		11.5		ns
t_f	Fall Time	$R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\ V$		11		ns
t_c	Cross-over Time	(see test circuit, figure 5)		20		ns

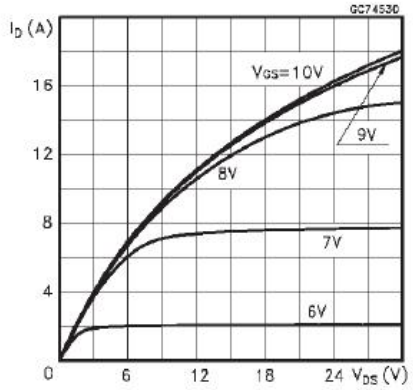
SOURCE DRAIN DIODE

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{SD}	Source-drain Current				8.0	A
I_{SDM}(•)	Source-drain Current (pulsed)				32	A
V_{SD} (*)	Forward On Voltage	$I_{SD} = 8.0\ A$ $V_{GS} = 0$			1.6	V
t_{rr}	Reverse Recovery Time	$I_{SD} = 8.0\ A$ $di/dt = 100\ A/\mu s$ $V_{DD} = 100\ V$ $T_j = 150\ °C$		420		ns
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	(see test circuit, figure 5)		3.5		µC
I_{RRM}	Reverse Recovery Current			16.5		A

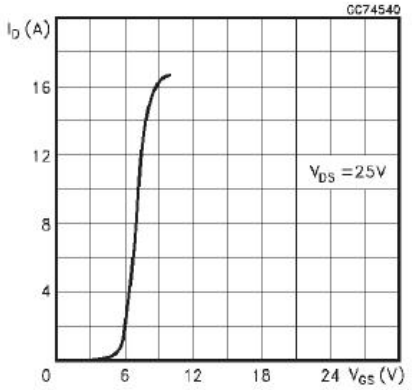
(*) Pulsed: Pulse duration = 300 µs, duty cycle 1.5 %
(•) Pulse width limited by safe operating area

IRF840

Output Characteristics



Transfer Characteristics

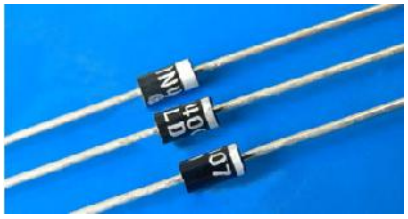


HOJA DE EVALUACIÓN 06.

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.

1.- EL DIODO SEMICONDUCTOR.

En los diodos mostrados, identifique el ánodo y el cátodo.

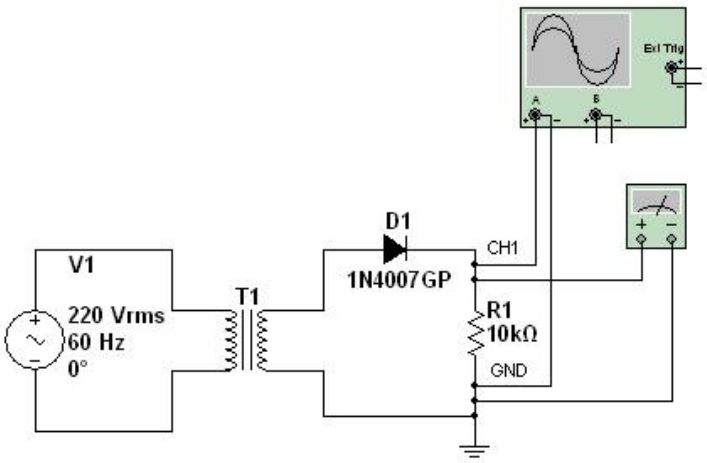


2.- Haciendo uso del datasheet, determinar las siguientes especificaciones del diodo 1N4001

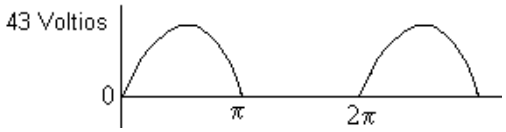
Corriente directa :_____ 1,0 Amperio

PIV : _____

3.- En el siguiente circuito



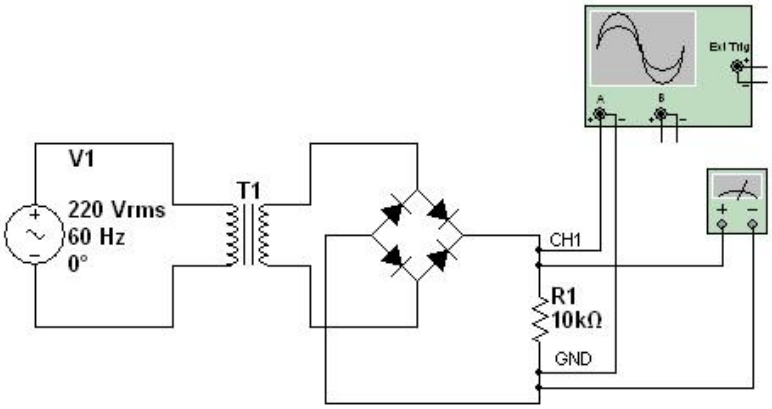
El Canal 1 (CH1) del osciloscopio muestra la siguiente forma de onda:



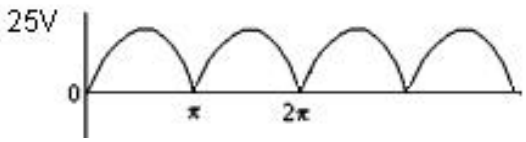
La lectura del Voltímetro DC es:

13,7 Voltios

4.- En el siguiente circuito:



El Canal 1 (CH1) del osciloscopio muestra la siguiente forma de onda:



La lectura del Voltímetro DC es:

Respuesta:

2.- EL DIODO ZENER.

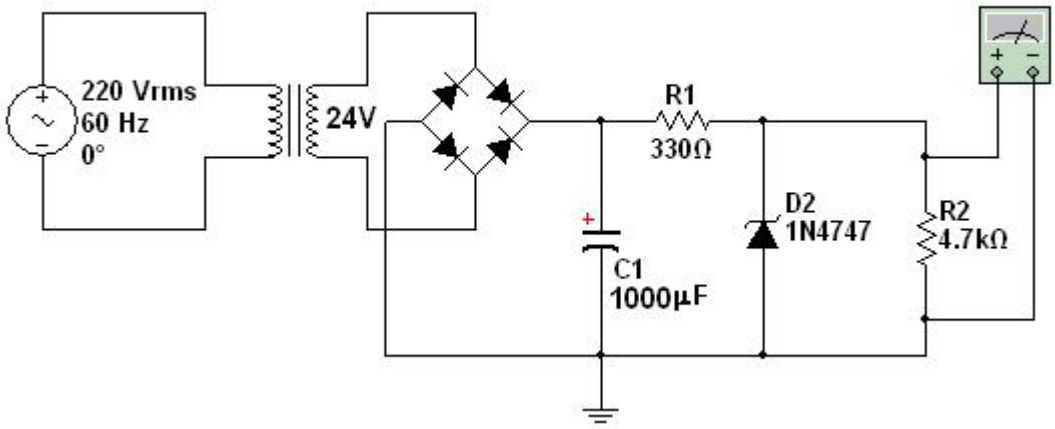
5.- En el datasheet, el diodo zener **1N4744**, su voltaje zener y potencia es:

15 Voltios, 1,0 Wattios

6.- En este diodo, la máxima corriente que puede soportar es: 66 mA

7.- De igual modo, la mínima corriente que debe circular para que se mantenga el voltaje zener estable es: Respuesta:

8.- En el siguiente circuito

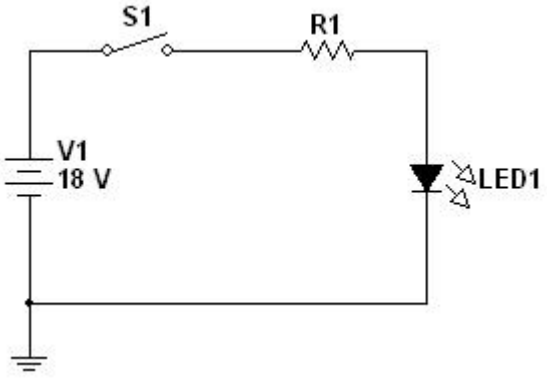


La lectura del Voltímetro DC es:

20 Voltios

3.- EL DIODO LED.

9.- En el siguiente circuito, calcular el valor de la resistencia R1 de tal modo que el diodo LED1 CDLE-038-106 se ilumine adecuadamente al cerrar el interruptor S1.



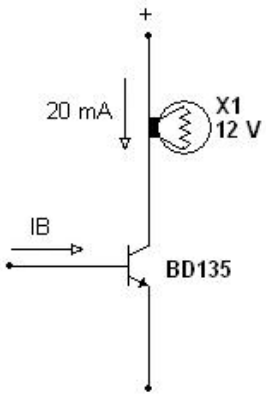
Respuesta:
R1 calculado:
R1 valor comercial:

4.- TRANSISTORES BIPOLARES.

1.- Identificar el tipo de transistor, según su símbolo

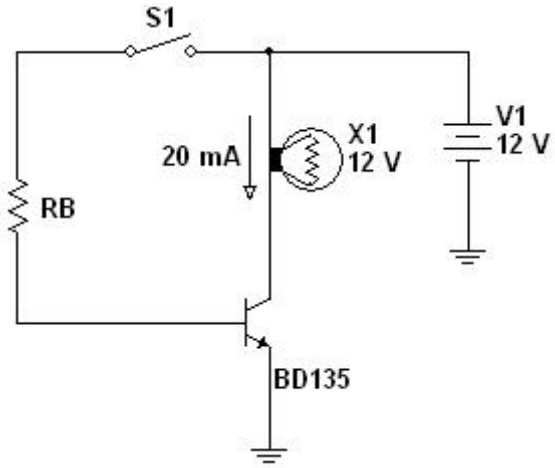


2.- En el siguiente circuito



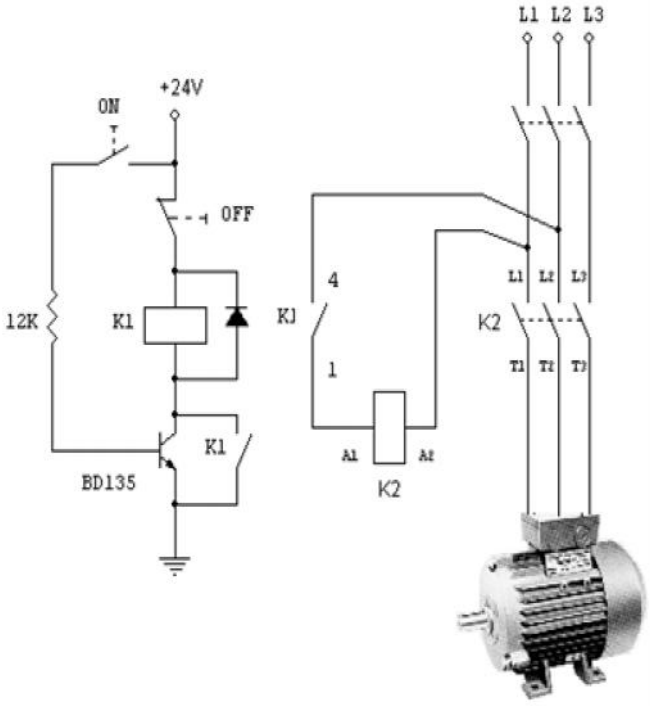
La corriente de base es:

222 micro Amperios



3.- Ahora, se desea calcular el valor de la resistencia RB, de tal manera que la lámpara X1 se ilumine, cuando se cierra el interruptor S1.

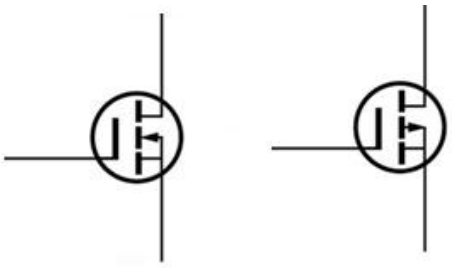
RB calculado = 50,9 Kohmios
RB valor comercial = 47 Kohmios



4.- Explicar la operación del circuito, al accionar el pulsador ON.

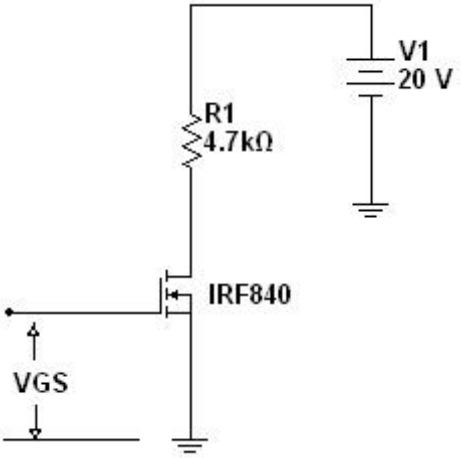
5.- TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO.

1.- Identificar el tipo de transistor, según su símbolo

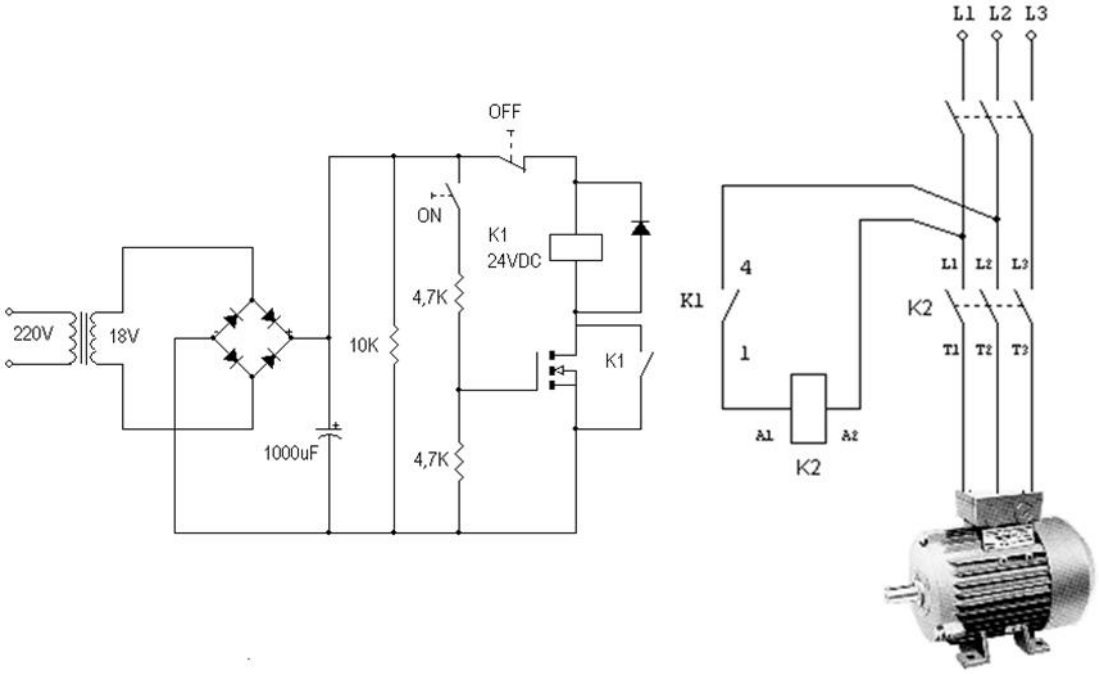


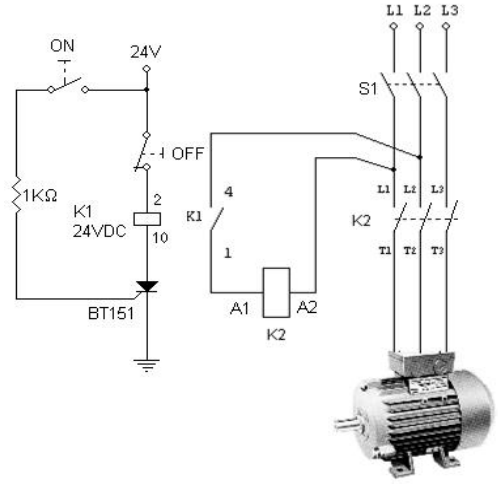
2.- En el siguiente circuito, haciendo uso del datasheet, determinar la condición de funcionamiento del transistor MOSFET IRF840

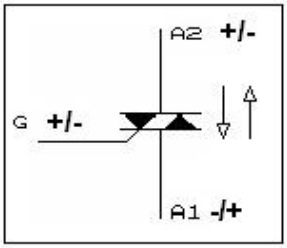
VGS	CONDICIÓN DEL MOSFET (CORTE O SATURACIÓN)
2V	
4V	
8V	
10V	

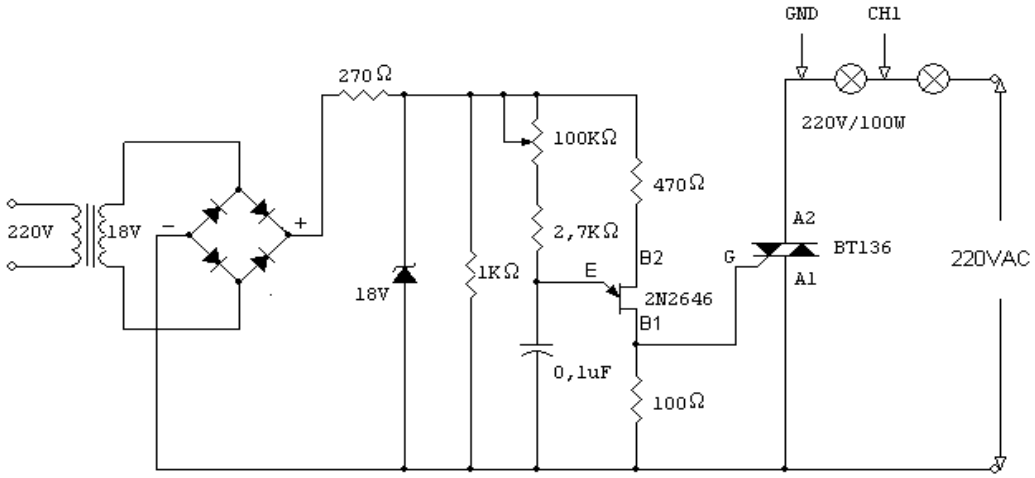


3.- Explicar la operación del siguiente circuito al accionar el pulsador ON.









N°	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Montar circuito de aplicación del SCR	Osciloscopio digital
2	Montar circuito de aplicación del TRIAC	Multímetro digital
		Pinza digital
		Alicate de punta semiredonda de 4"
		Alicate de corte diagonal de 4"
		Destornillador plano de 4"x1/8"
		SCR BT151-500R, TRIAC BT136
		UJT 2N2646, Transformador 220V/18V/3A
		Motor trifásico 220V/1HP
		Resistencias y condensadores diversos valores
		Alambre telefónico 2x22 AWG, Protoboard

	CIRCUITOS CON SCR Y TRIACS	HT:T7	
	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 8 horas	HOJA:1/1

HOJA DE OPERACIÓN 31.

MONTAR CIRCUITO DE APLICACIÓN DEL SCR.

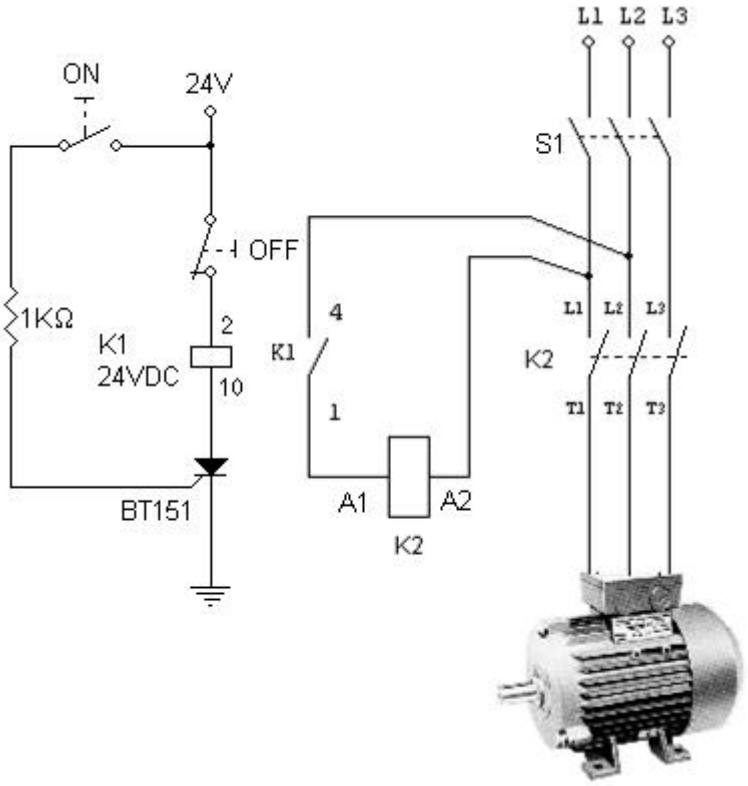
PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.-Solicitar un SCR BT151-500R
2.- Identificar sus terminales Cátodo, Ánodo y Gate.
3.- Colocar el multímetro digital en la posición “probar diodos”.
4.- Efectuar las mediciones indicadas y complete la siguiente tabla.

A+, K-	A-, K+	A+,G-	A-,G+	G+,K-	G-,K+
Medido	Medido	Medido	Medido	Medido	Medido

5.- En base a sus resultados obtenidos, determinar la condición del SCR BT151.

6.- Montar el siguiente circuito:



7.-Explica, brevemente, el funcionamiento del circuito al accionar el pulsador ON.

8.-Comprobar si el funcionamiento coincide con su análisis ,realizado en el paso 7.

9.-Montar una fuente de alimentación que entregue 24 Voltios DC.

10.-Colocar un LED indicador de activación del relé de 24 VDC

11.-Medir la corriente de arranque y corriente de trabajo del motor, completando la siguiente Tabla:

Corriente de arranque		Corriente de trabajo	
Medida	Calculada	Medida	Indicada

10.- Haciendo uso del datasheet del SCR BT151 determinar los siguientes valores:

a.- Máxima corriente promedio de ánodo que puede soportar el SCR.
b.- Máximo voltaje inverso que puede aplicarse entre ánodo y cátodo.
c.- Mínimo valor de corriente de ánodo que hará que el SCR pase de la condición de conducción, a la condición de bloqueo.
d.- Voltaje entre los bornes ánodo y cátodo cuando el SCR está en conducción.
e.- El valor de la velocidad de elevación de tensión al estado ON (dv/dt).
f.- El valor de la velocidad de elevación de la corriente al estado ON (di/dt)

11.-Solicitar un transistor UJT 2N2646.

12.- Identificar sus terminales Emisor, Base 1 y Base B2.

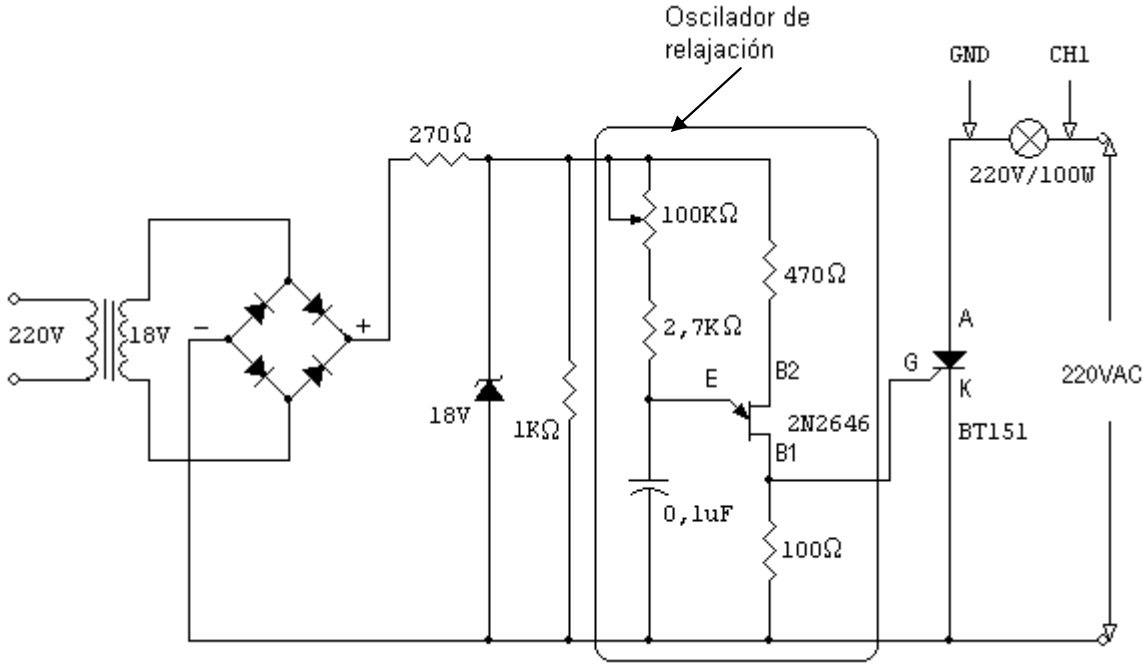
13.- Colocar el multímetro digital en la posición “probar diodos”.

14.- Efectuar las mediciones indicadas y completar la siguiente tabla.

B2+, E-	B2-, E+	B1+, E-	B1-, E+	B2+, B1-	B2-, B1+
Medido	Medido	Medido	Medido	Medido	Medido

15.- En base a sus resultados obtenidos, determinar la condición del UJT 2N2646.

16.- Montar el siguiente circuito.



17.- Empleando el osciloscopio, verificar el funcionamiento del oscilador de relajación, de la siguiente manera:

a.- Colocar el Canal 1 del osciloscopio en los bornes del condensador de 0,1 uF. Al variar el potenciómetro de 100KΩ debe observarse la variación del periodo del tiempo de carga y descarga del condensador.
b.- Colocar el Canal1 en los bornes de la resistencia de 100 Ω. Al variar el potenciómetro debe comprobarse la variación del periodo de los pulsos de disparo que llegan al gate del SCR.

18.- Variar el potenciómetro de 100K y compruebe que la intensidad luminosa de la lámpara empieza a variar.

19.- Colocar el Canal 1 en los bornes de la lámpara incandescente de 220Voltios, y ajustar el potenciómetro de 100KΩ hasta obtener un ángulo α de disparo del SCR igual a 45º, y luego a 100º.

20. Completar la siguiente Tabla.

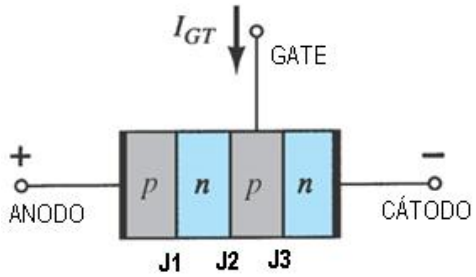
Ángulo α	Tiempo en mseg	VDC en la carga	
	Medido	Calculado	medido
45º			
100º			

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 26.



1.- EL RECTIFICADOR DE SILICIO CONTROLADO (SCR : Silicon Controlled Rectifier).

El SCR es un dispositivo semiconductor de cuatro capas de estructura PNPN con tres uniones PN. Tiene tres terminales: ánodo (A), cátodo (K) y gate (G). La figura adjunta muestra el símbolo del SCR y una sección recta de tres uniones PN.

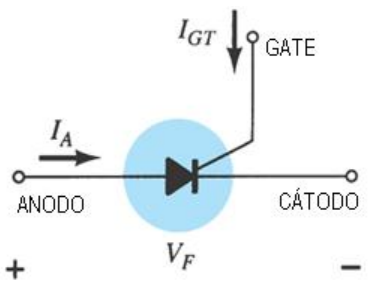


Cuando la tensión del ánodo se hace positiva con respecto al cátodo, las uniones J1 y J3 tienen polarización directa. La unión J2 tiene polarización inversa, y sólo fluirá una pequeña corriente de fuga del ánodo al cátodo.

Se dice entonces que el SCR está en condición de bloqueo directo o en estado desactivado.

Si la tensión ánodo-cátodo se incrementa a un valor lo suficientemente grande, la unión J2 polarizada inversamente entra en ruptura y el SCR conduce en condición no deseada.

Esto se conoce como ruptura por avalancha y a la tensión correspondiente se llama voltaje de ruptura directa.



Al aplicar un pulso positivo al gate, con respecto al cátodo, se incrementan los pares electrón-hueco y dado que las uniones J1 y J3 ya tienen polarización directa, habrá un movimiento libre de portadores a través de las tres uniones, que provocará una gran corriente directa del ánodo. La corriente fluye desde el ánodo hacia el cátodo.

Se dice, entonces, que el dispositivo está en conducción.

La caída de tensión se deberá a la caída óhmica de las cuatro capas y será pequeña, por lo común 1 voltio. En el estado de conducción, la corriente del ánodo sólo está limitada por la resistencia externa.

La corriente de ánodo debe ser mayor que un valor conocido como corriente de enganche IL, a fin de mantener la cantidad requerida del flujo de portadores a través de la unión; de lo contrario, al reducirse la tensión ánodo-cátodo, el dispositivo regresará a la condición de bloqueo.

La corriente de enganche **IL**, es la corriente del ánodo mínima requerida para mantener el SCR en estado de conducción inmediatamente después de que ha sido activado y se ha retirado el pulso de la compuerta o gate.

Una vez que el SCR está conduciendo, se comporta como un diodo en conducción y ya no hay control sobre el dispositivo.

Sin embargo, si se reduce la corriente directa del ánodo por debajo de un nivel conocido como corriente de mantenimiento **IH**, el SCR estará, entonces, en estado de bloqueo.

LA corriente de mantenimiento (IH) es del orden de los miliamperios y es menor que la corriente de enganche (IL).

El SCR se activa mediante la aplicación de una tensión positiva entre la compuerta o gate y el cátodo.

Una vez activado el SCR mediante un pulso de compuerta y siempre que la corriente del ánodo sea mayor que la corriente de mantenimiento (IH), el SCR continua conduciendo, debido a una retroalimentación positiva, aun si se elimina la señal de compuerta o gate.

Los SCR son ampliamente usados en circuitos monofásicos y trifásicos para controlar la magnitud de tensión aplicada a una carga. Por ejemplo, en el control de velocidad de motores DC, variando el ángulo de disparo de los SCR ,se modifica la tensión de armadura lo que conlleva a variar la velocidad del motor DC; igualmente se emplean en el arranque de motores AC tipo jaula de ardilla, reduciendo la perjudicial corriente de arranque.

El SCR, junto con otros dispositivos de potencia, como el MOSFET y el IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) constituyen los componentes de amplio uso en los equipos estáticos de control de motores como el arrancador estático, variador de frecuencia, inversores trifásicos etc.

Debe observarse que los SCR pueden ejercer un control de corriente promedio hasta de 1200 Amperios.

El primer SCR lanzado en forma industrial fue por la empresa GENERAL ELECTRIC. Veamos algunos tipos de encapsulado de SCR



BAJA POTENCIA



MONTAJE EN PERNO



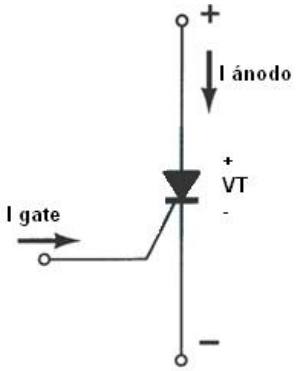
PACK

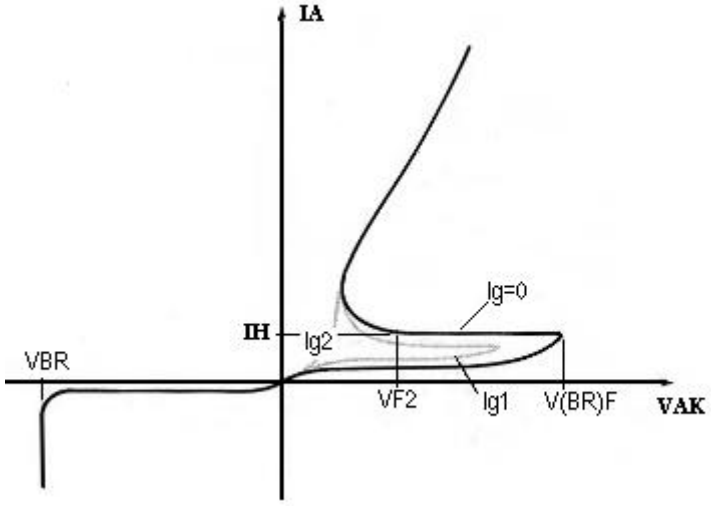


DISCO DE HOCKEY

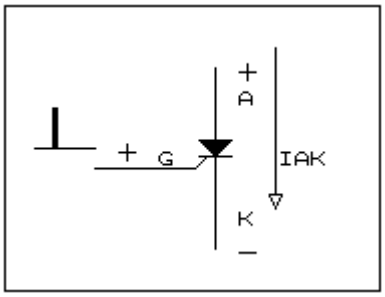
2.- SÍMBOLO Y CURVA CARACTERÍSTICA.

El siguiente es el símbolo del SCR y su curva característica.





3.- CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL SCR.



Para que el SCR funcione correctamente, éste debe tener la siguiente polarización: Ánodo positivo, Cátodo negativo y pulso positivo en la compuerta o gate.

En estas condiciones, el SCR se comporta como un cortocircuito entre ánodo y cátodo.
Al retirar la tensión positiva o el pulso de la compuerta, el SCR continúa conduciendo.

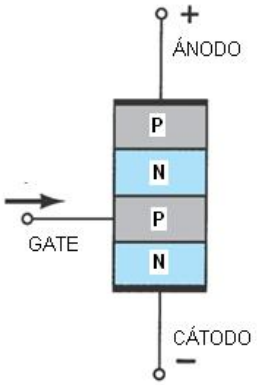
4.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE UN SCR.

Un SCR se especifica indicando:

1.- El número o código del fabricante ejemplo:
Un SCR BT151-500R, o ECG5496, o C37N. Etc.

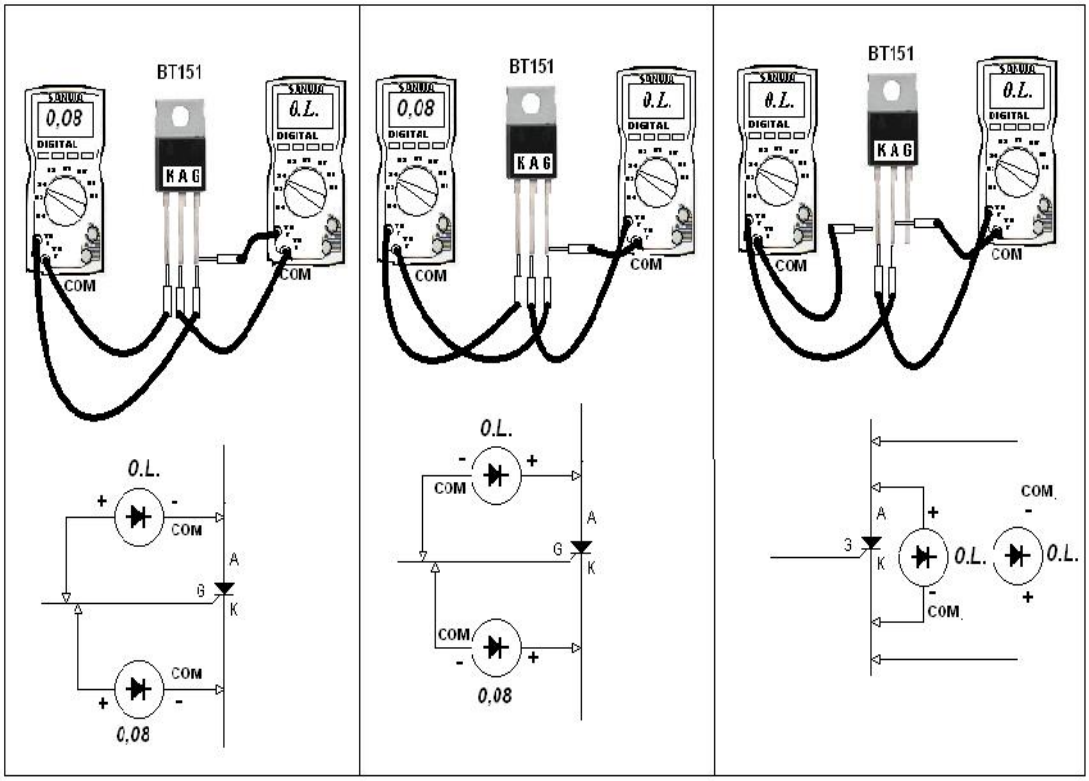
2.- Sus parámetros importantes : Iav, VDRM por ejemplo:

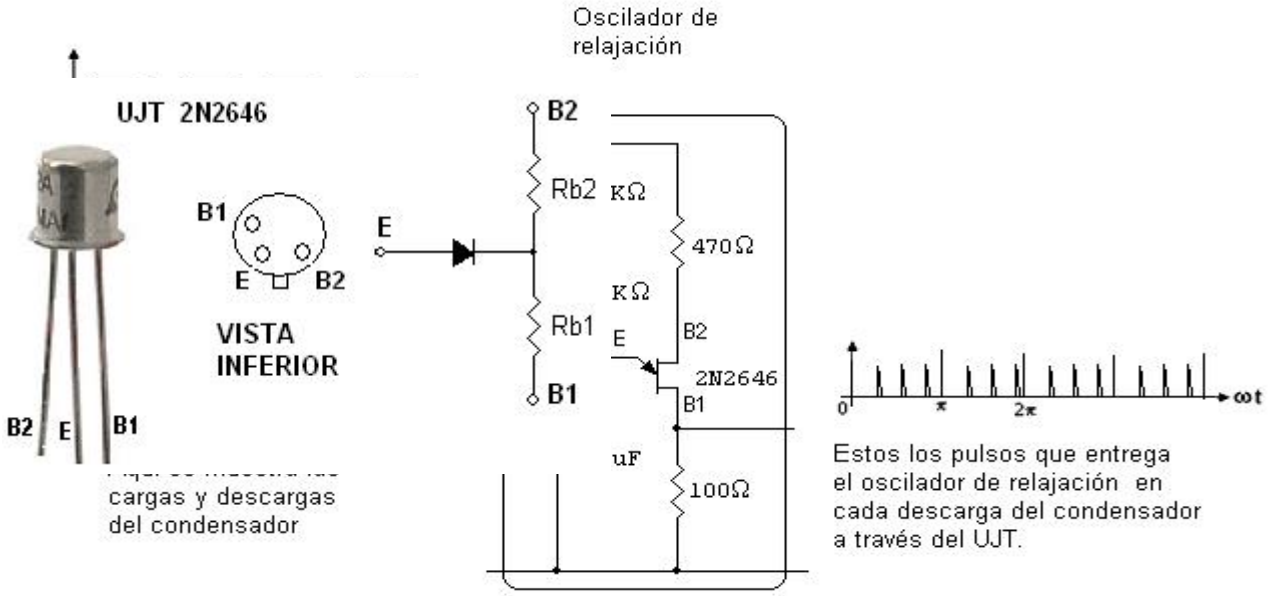
Un SCR de 6 Amperios, 500 Voltios.



5.-VERIFICAR EL ESTADO DEL SCR USANDO EL MULTÍMETRO DIGITAL.

El SCR internamente está conformado por tres junturas PN, luego, al verificar la condición de un SCR, estando el multímetro digital en la condición “probar diodos”, lo que se hace es verificar la condición de dichas junturas PN, de la siguiente manera:





6.- EL OSCILADOR DE RELAJACIÓN.

El oscilador de relajación es un circuito electrónico que produce un tren de pulsos de corta duración pero, de la suficiente amplitud que puede excitar y "disparar" a un SCR.

El elemento activo de este circuito es el transistor UJT, (Uni junction Transistor) o transistor unijuntura.

Este dispositivo, de una sola unión PN, se emplea en circuitos generadores de pulsos y fundamentalmente, se emplea para el disparo de SCR y TRIACS.

En el oscilador de relajación, durante cada comba positiva, tomando como referencia el punto 0 de inicio de cada comba, se carga el condensador de 0,1µF a través del potenciómetro de 100KΩ y la resistencia de 2,7KΩ.

Cuando el voltaje del condensador alcanza el valor del voltaje de encendido del UJT, éste se activa y se produce "un cortocircuito" entre Emisor y Base 1 del UJT, lo que trae como consecuencia la descarga del condensador a través de la resistencia de 100 Ω conectada en la Base1.

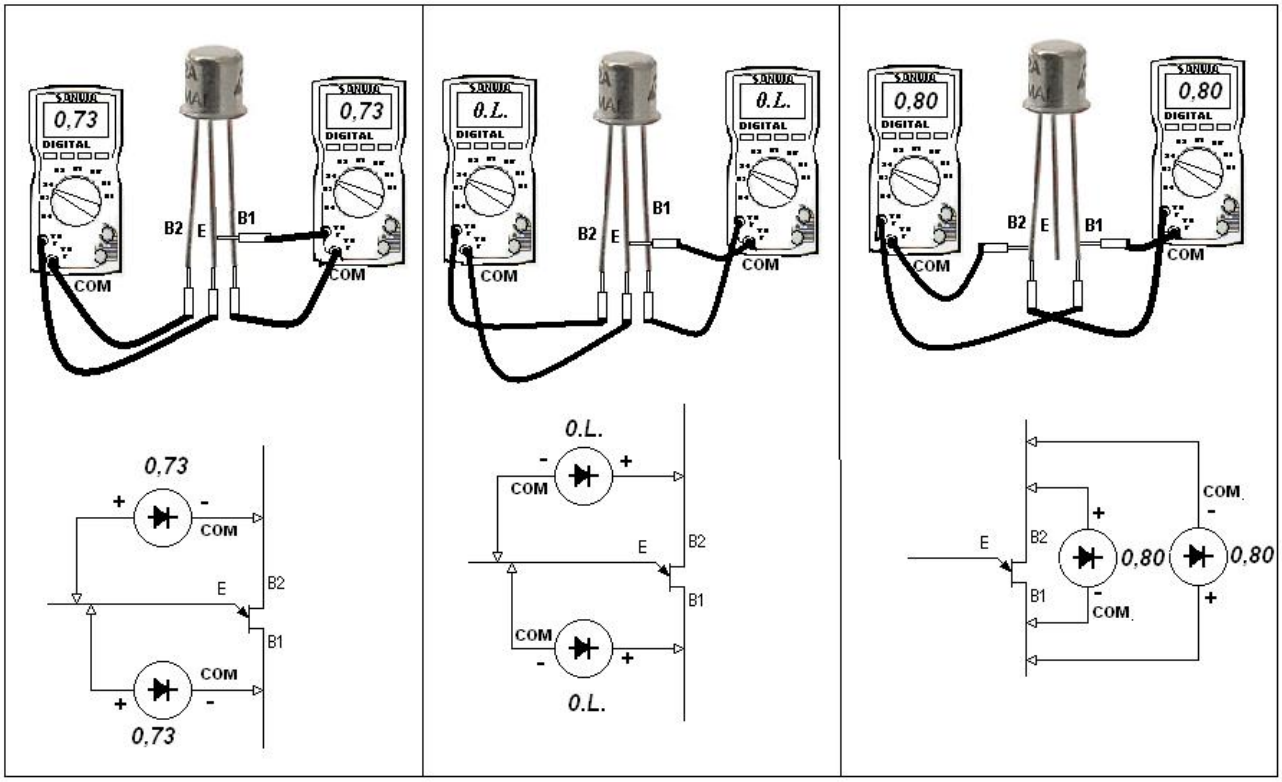
Observar que el tiempo de descarga es mucho menor que el tiempo de carga, por eso el pulso en la base 1 es de muy corta duración, pero suficiente para excitar a la compuerta de un SCR.

El periodo de estos pulsos de disparo, está determinada por la siguiente ecuación:

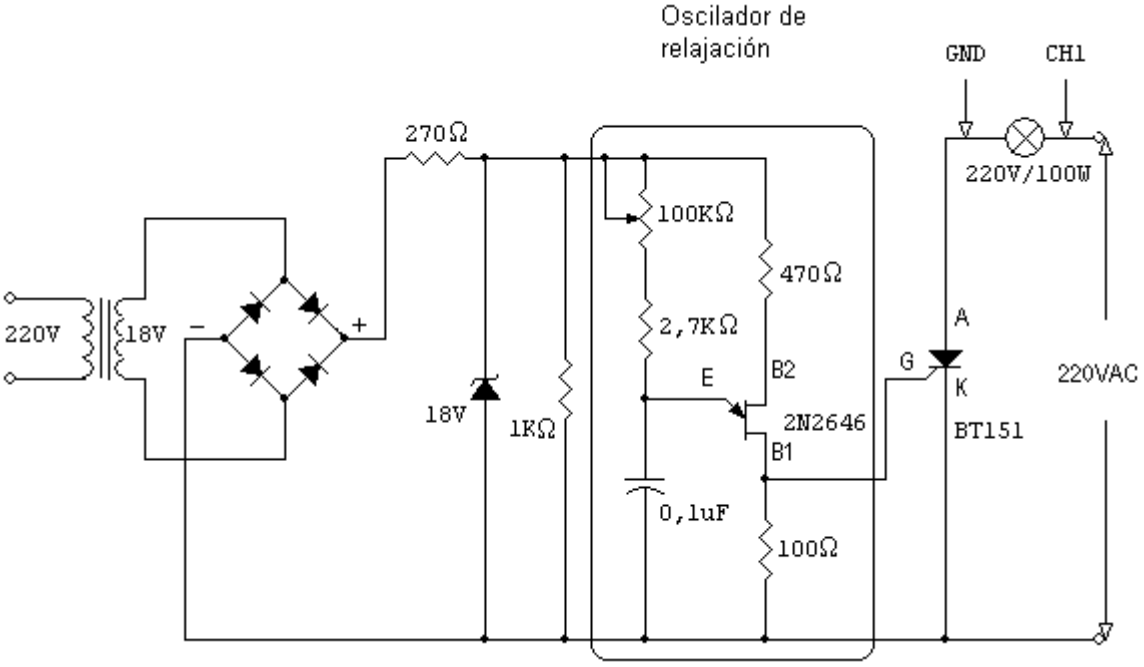
$T = R.C\,Ln\left(\frac{1}{1+\eta}\right)$, donde η es un parámetro del transistor UJT.

7.- VERIFICAR EL ESTADO DEL TRANSISTOR UJT USANDO EL MULTÍMETRO DIGITAL.

El UJT internamente está conformado por un diodo y dos resistencias, llamadas resistencia interbases, y ello será toma como referencia para verificar el estado del UJT empleando el multímetro digital



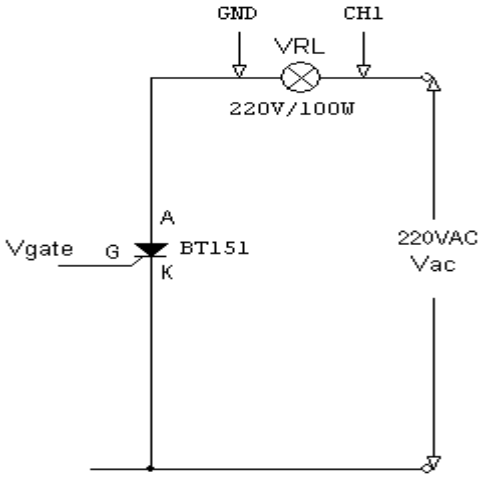
Una aplicación del oscilador de relajación es el circuito de control de fase de un SCR, que se ve a continuación.

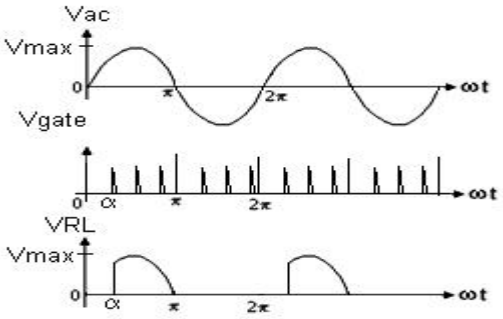


Observar que en este circuito es necesario sincronizar los pulsos de salida con la tensión de línea.

Anteriormente, se había visto que a la compuerta del SCR llega un tren de pulsos proporcionado por el oscilador de relajación.

De todos estos pulsos, generados en cada comba positiva, solamente el primer pulso es que lleva el ángulo α y será el único que dispara al SCR, los pulsos siguientes, dentro de la misma comba positiva, ya no tienen efecto sobre el SCR.





Se observa que en la carga, es decir en los bornes de la lámpara incandescente, se obtiene una onda senoidal recortada.

En primer lugar se aprecia que la comba positiva recién se inicia a partir de un ángulo denominado α, que es el ángulo que lleva el primer pulso de disparo generado por el oscilador de relajación.

Se debe recordar que el periodo de los pulsos de disparo está determinado por el valor de la posición del potenciómetro de 100KΩ, es decir, si variamos este potenciómetro se modificará el valor del ángulo α y, por ende, se modificará el inicio de la comba positiva.

Se observa que no aparece la comba negativa de la onda de entrada en los bornes de la lámpara incandescente RL, a pesar que al SCR le llegan los pulsos de disparo, la explicación es que el SCR no conduce cuando el ánodo tiene potencial negativo, es decir, no conduce durante toda la comba negativa de entrada.

Si se conecta un Voltímetro DC en los bornes de la lámpara incandescente RL, se tendrá la lectura del valor promedio de dicha forma de onda, la cual está determinada por la siguiente ecuación:

$$Vpromedio = VDC = \frac{V\max}{2®}(1+Cos\sim)$$

A este tipo de control se le denomina control de fase de un SCR.



BT151 series

Thyristors

Rev. 03 — 7 June 2004 Product data sheet

PHILIPS

1. Product profile

1.1 General description

Passivated thyristors in a SOT78 plastic package.

1.2 Features

- High thermal cycling performance
- High bidirectional blocking voltage capability.

1.3 Applications

- Motor control
- Industrial and domestic lighting, heating and static switching.

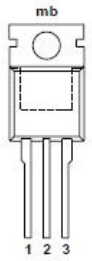
1.4 Quick reference data

- V_{DRM}, V_{RRM} ≤ 800 V (BT151-800R)
- V_{DRM}, V_{RRM} ≤ 650 V (BT151-650R)
- V_{DRM}, V_{RRM} ≤ 500 V (BT151-500R)
- $I_{T(RMS)}$ ≤ 12 A
- $I_{T(AV)}$ ≤ 7.5 A
- I_{TSM} ≤ 120 A.

2. Pinning information

Table 1: Discrete pinning

Pin	Description	Simplified outline	Symbol
1	cathode (k)		
2	anode (a)		
3	gate (g)		
mb	mounting base; connected to anode (a)		



SOT78 (TO-220AB)



6. Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Static characteristics						
I_{GT}	gate trigger current	V_D = 12 V; I_T = 0.1 A; Figure 8	-	2	15	mA
I_L	latching current	V_D = 12 V; I_{GT} = 0.1 A; Figure 10	-	10	40	mA
I_H	holding current	V_D = 12 V; I_{GT} = 0.1 A; Figure 11	-	7	20	mA
V_T	on-state voltage	I_T = 23 A; Figure 9	-	1.4	1.75	V
V_{GT}	gate trigger voltage	V_D = 12 V; I_T = 0.1 A; Figure 7	-	0.6	1.5	V
I_D, I_R	off-state leakage current	V_D = $V_{DRM(max)}$; V_R = $V_{RRM(max)}$; T_j = 125 °C	-	0.1	0.5	mA
Dynamic characteristics						
dV_D/dt	critical rate of rise of off-state voltage	V_{DM} = 67% $V_{DRM(max)}$; T_j = 125 °C; exponential waveform; Figure 12				
		gate open circuit	50	130	-	V/µs
t_{gt}	gate controlled turn-on time	I_{TM} = 40 A; V_D = $V_{DRM(max)}$; I_G = 0.1 A; dI_G/dt = 5 A/µs	-	2	-	µs
t_q	circuit commuted turn-on time	V_D = 67% $V_{DRM(max)}$; T_j = 125 °C; I_{TM} = 20 A; V_R = 25 V;	-	70	-	µs

4. Limiting values

Table 3: Limiting values

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Max	Unit
V_{DRM}, V_{RRM}	repetitive peak off-state voltage					
	BT151-500R		[1]	-	500	V
	BT151-650R		[1]	-	650	V
	BT151-800R			-	800	V
$I_{T(AV)}$	average on-state current	half sinewave; $T_{mb} \leq 109$ °C; Figure 1		-	7.5	A
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	all conduction angles; Figure 4 and Figure 5		-	12	A
I_{TSM}	non-repetitive peak on-state current	half sinewave; $T_j = 25$ °C prior to surge; Figure 2 and Figure 3				
		t = 10 ms		-	120	A
		t = 8.3 ms		-	132	A
I^2t	I^2t for fusing	t = 10 ms		-	72	A^2s
dI_T/dt	repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_{TM} = 20$ A; $I_G = 50$ mA; dI_G/dt 50 mA/µs		-	50	A/µs
I_{GM}	peak gate current			-	2	A
V_{RGM}	peak reverse gate voltage			-	5	V
P_{GM}	peak gate power			-	5	W
$P_{G(AV)}$	average gate power	over any 20 ms period		-	0.5	W
T_{stg}	storage temperature			–40	+150	°C
T_j	junction temperature			-	125	°C

[1] Although not recommended, off-state voltages up to 800 V may be applied without damage, but the thyristor may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 15 A/µs.

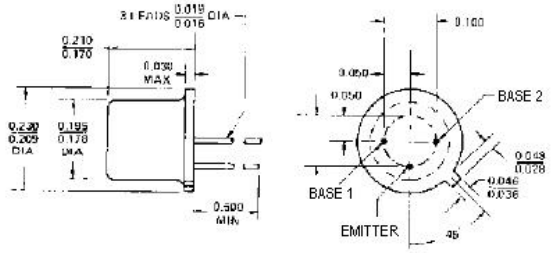
ASI **2N2646**

SILICON PN UNIJUNCTION TRANSISTOR

DESCRIPTION:

The **2N2646** is a Unijunction Transistor Used in General Purpose Pulse, Timing, Sense and Trigger Applications.

PACKAGE STYLE TO-18 (MOD)



MAXIMUM RATINGS

I_C	2.0 A (PULSED)
V_{CE}	30 V
P_{DISS}	300 mW @ $T_C = 25$ °C
T_J	-65 °C to +125 °C
T_{STG}	-65 °C to +150 °C
θ_{JC}	33 °C/W

CHARACTERISTICS $T_C = 25$ °C

SYMBOL	TEST CONDITIONS	MINIMUM	TYPICAL	MAXIMUM	UNITS
η	$V_{B2B1} = 10$ V	0.56		0.75	--
r_{BB}	$V_{B2B1} = 3.0$ V	4.7		9.1	KΩ
I_P	$V_{B2B1} = 25$ V			5.0	µA
I_V	$V_{B2B1} = 20$ V $R_{B2} = 100\ \Omega$	4.0			mA
V_{OB1}	$V_{B2B1} = 20$ V $R_{B1} = 20\ \Omega$	3.0	5.0		V

HOJA DE OPERACIÓN 32.

MONTAR CIRCUITO DE APLICACIÓN DEL TRIAC.

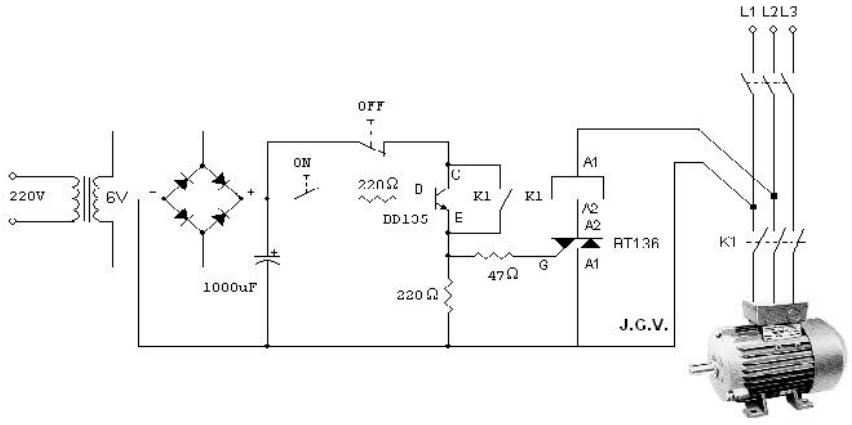
PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.-Solicitar un TRIAC BT136
2.- Identificar sus terminales Ánodo1, Ánodo2 y Gate.
3.- Colocar el multímetro digital en la posición “probar diodos”.
4.- Efectuar las mediciones indicadas y complete la siguiente tabla.

A1+, A2-	A2-, A1+	A1+,G-	A1-,G+	A2+,G-	A2-,G+
Medido	Medido	Medido	Medido	Medido	Medido

5.- En base a sus resultados obtenidos, determinar la condición del TRIAC BT136.

6.- Montar el siguiente circuito:



7.- Explicar brevemente el funcionamiento del circuito al accionar el pulsador ON.

8.- Comprobar si el funcionamiento coincide con su análisis realizado en el paso 7.

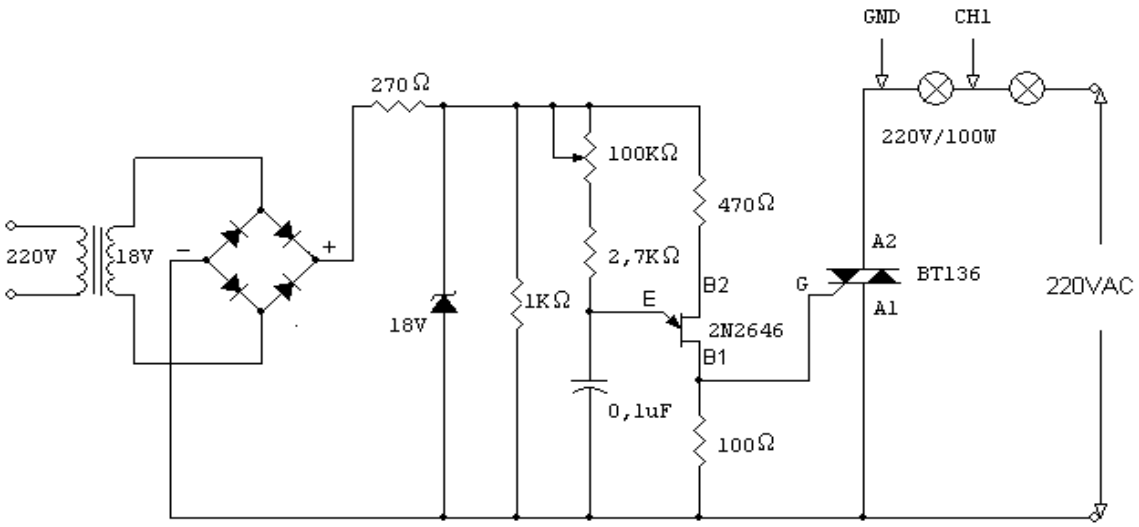
9.- Medir la corriente de arranque y corriente de trabajo del motor, completando la siguiente Tabla.

Corriente de arranque		Corriente de trabajo	
Medida	Calculada	Medida	Indicada

10.- Haciendo uso del datasheet del TRIAC BT136 determinar los siguientes valores:
a.- Máxima corriente RMS que puede soportar el TRIAC.
b.- Máximo voltaje inverso que puede aplicarse entre ánodo2 y ánodo 1.

c.- Valor típico de la corriente de ánodo que hará que el TRIAC pase de la condición de conducción a la condición de bloqueo.
d.- Voltaje entre los bornes ánodo2 y ánodo1 cuando el TRIAC está en conducción..
e.- El valor de la velocidad de elevación de tensión al estado ON (dv/dt).
f.- El valor de la velocidad de elevación de la corriente al estado ON (di/dt)
g.- La corriente que requiere el gate cuando el TRIAC trabaja en el primer cuadrante.
h.- En que cuadrante la compuerta o gate del TRIAC requiere mayor corriente?

11.- Montar el siguiente circuito.



12.- Empleando el osciloscopio verificar el funcionamiento del oscilador de relajación, de la siguiente manera:
a.- Colocar el Canal 1 del osciloscopio en los bornes del condensador de 0,1 uF. Al variar el potenciómetro de 100KΩ, debe observarse la variación del periodo del tiempo de carga y descarga del condensador.
b.- Colocar el Canal1 en los bornes de la resistencia de 100 Ω. Al variar el potenciómetro debe comprobarse la variación del periodo de los pulsos de disparo que llegan al gate del SCR.

13.- Variar el potenciómetro de 100KΩ y compruebe que la intensidad luminosa de la lámpara empieza a variar.

14.- Colocar el Canal 1 en los bornes de una de las lámparas incandescentes de 220Voltios, y ajuste el potenciómetro de 100KΩ hasta obtener un ángulo α de disparo del TRIAC igual a 45º, y luego a 100º.

15. Completar la siguiente Tabla.

Ángulo α	Tiempo en mseg	VRMS en la carga	
	Medido	Calculado	medido
45º			
100º			

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 27.

1.- EL TRIAC.

El TRIAC, también es un miembro de la familia de los Tyristores, deriva de las palabras TRIODE ALTERNATING CURRENT, es decir, es un triodo de corriente alterna y posee tres terminales: Ánodo 1 (A1), Anodo 2 (A2) y Gate o compuerta (G).

Al igual que el SCR, el TRIAC puede controlar grandes corrientes entre Ánodo 2 y Ánodo 1 mediante la aplicación de una, relativamente pequeña, corriente en el Gate o compuerta.

Su ventaja, comparada con el SCR, radica en el hecho de poder trabajar en CA, es decir, opera sin ningún problema con tensiones positivas y negativas en el Anodo 2, igualmente con tensiones (corrientes) positivas y negativas en la compuerta. Esto le da mayor versatilidad, sin embargo, el control de su corriente está limitado a 50 Amperios y a la frecuencia máxima de 400 Hertz.

Después del disparo, como en el caso del SCR, se requiere una corriente de mantenimiento mínima IH para mantener la conducción del TRIAC.

Los TRIACS se emplean como interruptores electrónicos controlados de corriente alterna, principalmente en sistemas de control de iluminación y calefacción de mediana potencia, en los equipos estáticos de control de motores tales como los arrancadores estáticos y variadores de frecuencia y reemplazan a los contactores en los circuitos de arranque y parada convencionales.

2.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL TRIAC.

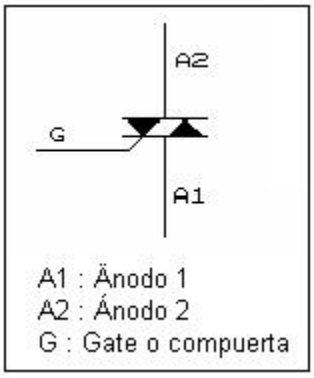
Un TRIAC se especifica indicando:

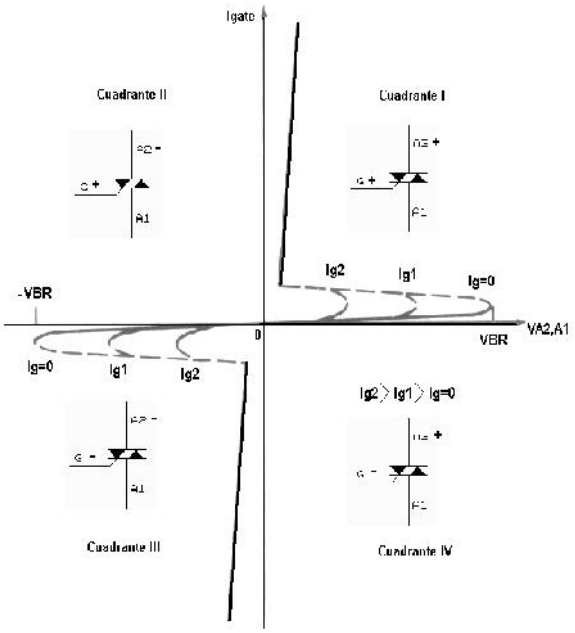
1.- El número o código del fabricante ejemplo:
Un TRIAC BT136, 2N6139 etc.

2.- Sus parámetros importantes: Itrms, VRRM por ejemplo:

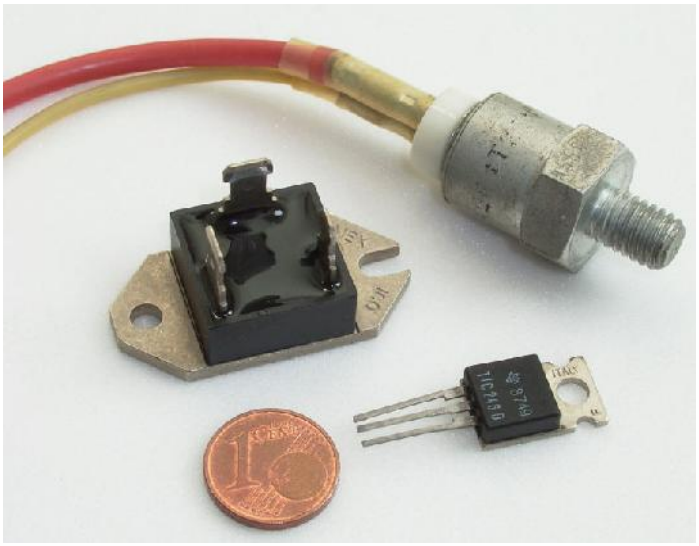
Un TRIAC de 12 Amperios, 600 Voltios.

3.- SÍMBOLO DEL TRIAC Y CURVA CARACTERÍSTICA.





4.- ASPECTO FÍSICO DE ALGUNOS TRIACS.

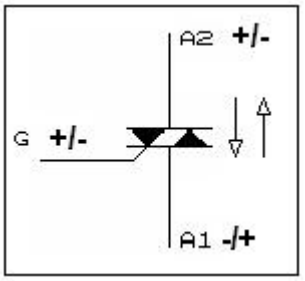


Observar que no hay diferencia física entre un TRIAC y un SCR.

Esto hace que sea necesario acudir al datasheet o al Manual de semiconductores para determinar su identidad.

5.-CONDICIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL TRIAC.

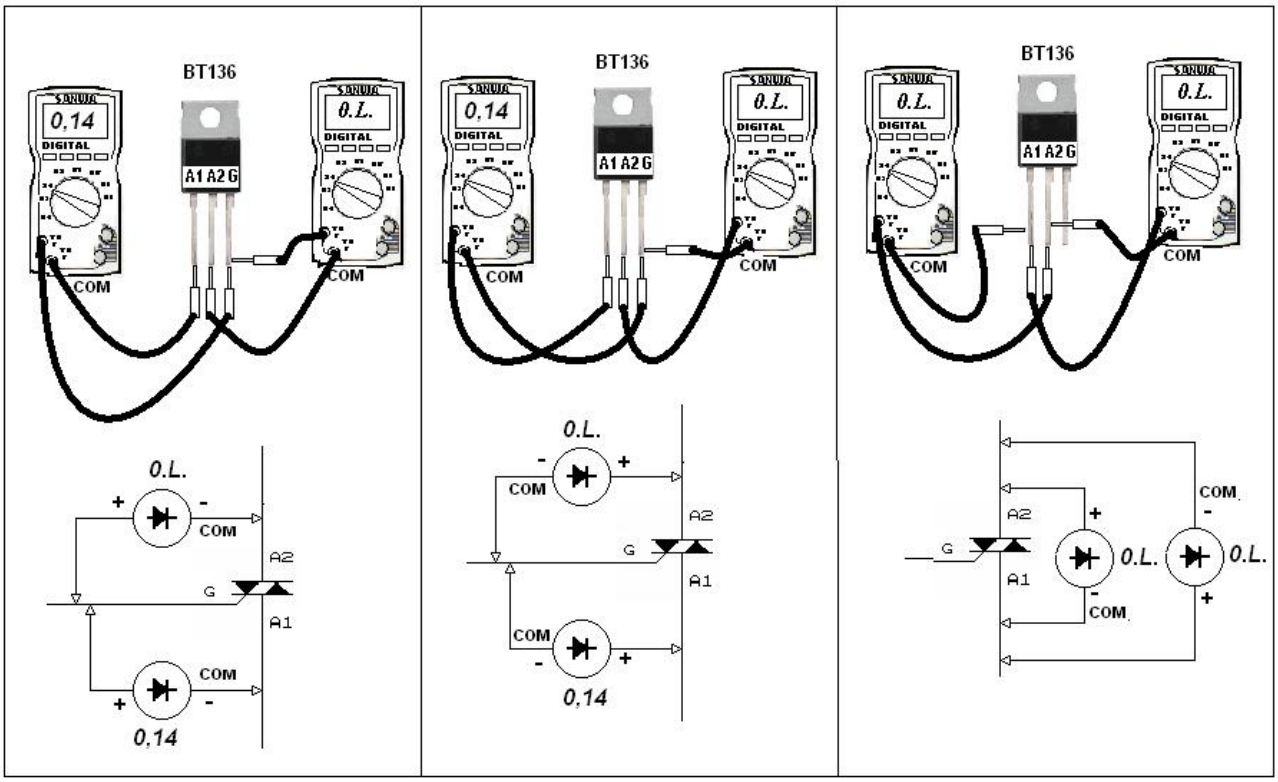
Para que el TRIAC funcione correctamente, éste debe tener la siguiente polarización: Ánodo2 positivo o negativo; Ánodo 1 negativo o positivo, y en la compuerta o gate puede aplicarse pulsos positivos o negativos.



Cuando el TRIAC conduce se comporta como un cortocircuito entre ánodo2 y ánodo 1.

Al retirar el pulso positivo o negativo de la compuerta o gate, el TRIAC continúa conduciendo.

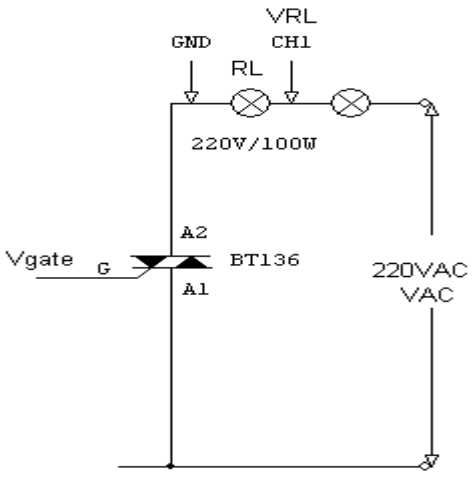
6.- VERIFICAR LA CONDICIÓN DEL TRIAC USANDO EL MULTIMETRO DIGITAL.

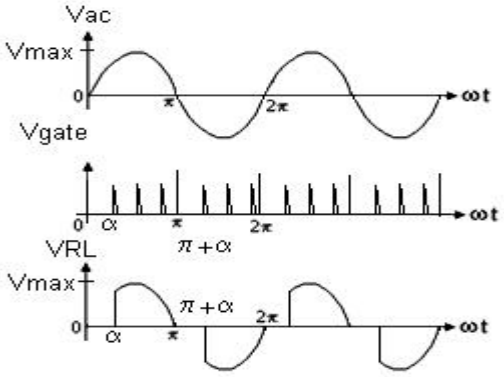


7.- CONTROL DE FASE USANDO EL TRIAC.

Para lograr el control de fase empleando un TRIAC, se puede usar un oscilador de relajación como circuito de mando, tal como el utilizado para el control de fase con SCR.

El análisis teórico es idéntico por lo que ahora nos limitaremos al circuito de fuerza con el TRIAC y la lámpara incandescente como carga RL.





Recordar que, al igual que en el caso del SCR, el oscilador de relajación genera los pulsos de disparo; el pulso que dispara al TRIAC es el primer pulso generado medido, tomando como referencia el inicio de la comba, ya sea positiva o negativa (0, π, o 2π etc.).

El primer pulso generado durante la comba positiva, tiene el ángulo de disparo α y el siguiente pulso generado durante la comba negativa, tiene el ángulo de disparo π + α, los pulsos siguientes dentro de cualquiera de las combas positiva o negativa ya no tienen efecto sobre el TRIAC.

Se observa que en la carga, es decir, en los bornes de la lámpara incandescente, o VRL se obtiene una onda senoidal recortada, tanto en la comba positiva como en la negativa.

Observar que la comba positiva recién se inicia a partir de un ángulo denominado α, que es el ángulo que lleva el primer pulso de disparo generado por el oscilador de relajación, mientras que la siguiente comba, la negativa, recién se inicia a partir del ángulo π + α, que es el ángulo que lleva el primer pulso generado durante la comba negativa.

Se debe recordar que el periodo de los pulsos de disparo está determinado por el valor de la posición del potenciómetro de 100KΩ, es decir, si variamos este potenciómetro se modificará el valor del ángulo Ω y por ende, se modificará el inicio de la comba positiva y por simetría, también la comba negativa.

Si se conecta un Voltímetro ac en los bornes de la lámpara incandescente RL, se tendrá la lectura del valor RMS de dicha forma de onda, la cual está determinada por la siguiente ecuación:

$$VRL = VRMS = \frac{V\max}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{1}{®}\left(® - \sim + \frac{1}{2}Sen\,2\sim\right)}$$

GENERAL DESCRIPTION

Passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

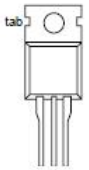
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	UNIT
	BT136- BT136-	600 600F	
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages	600	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	25	A

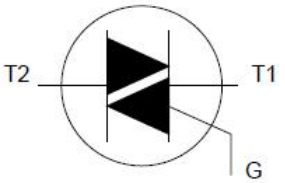
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages		-	600[1]	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 107$ °C	-	4	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; T_j = 25 °C prior to surge			
		t = 20 ms	-	25	A
		t = 16.7 ms	-	27	A
I^2t	I^2t for fusing	t = 10 ms	-	3.1	A^2s
dI_T/dt	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	I_{TM} = 6 A; I_G = 0.2 A; dI_G/dt = 0.2 A/µs			
		T2+ G+	-	50	A/µs
		T2+ G-	-	50	A/µs
		T2- G-	-	50	A/µs
		T2- G+	-	10	A/µs
I_{GM}	Peak gate current		-	2	A
V_{GM}	Peak gate voltage		-	5	V
P_{GM}	Peak gate power		-	5	W
$P_{G(AV)}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5	W
T_{stg}	Storage temperature		-40	150	°C
T_j	Operating junction temperature		-	125	°C

1 Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/µs.

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th\ j\text{-}mb}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	3.0	K/W
		half cycle	-	-	3.7	K/W
$R_{th\ j\text{-}a}$	Thermal resistance junction to ambient	in free air	-	60	-	K/W

STATIC CHARACTERISTICS

T_j = 25 °C unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.		UNIT
		BT136-			...	...F	
I_{GT}	Gate trigger current	V_D = 12 V; I_T = 0.1 A					
		T2+ G+	-	5	35	25	mA
		T2+ G-	-	8	35	25	mA
		T2- G-	-	11	35	25	mA
		T2- G+	-	30	70	70	mA
I_L	Latching current	V_D = 12 V; I_{GT} = 0.1 A					
		T2+ G+	-	7	20	20	mA
		T2+ G-	-	16	30	30	mA
		T2- G-	-	5	20	20	mA
		T2- G+	-	7	30	30	mA
I_H	Holding current	V_D = 12 V; I_{GT} = 0.1 A	-	5	15	15	mA
V_T	On-state voltage	I_T = 5 A	-	1.4	1.70		V
V_{GT}	Gate trigger voltage	V_D = 12 V; I_T = 0.1 A	-	0.7	1.5		V
		V_D = 400 V; I_T = 0.1 A; T_j = 125 °C	0.25	0.4	-		V
I_D	Off-state leakage current	V_D = $V_{DRM(max)}$; T_j = 125 °C	-	0.1	0.5		mA

DYNAMIC CHARACTERISTICS

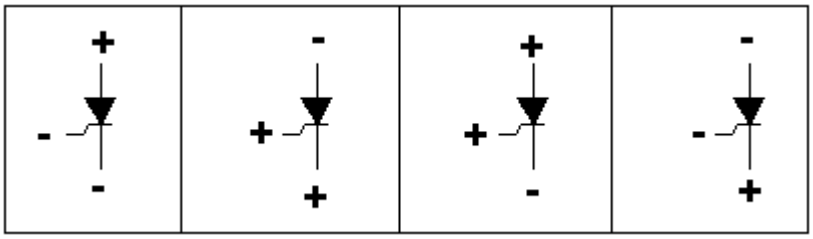
T_j = 25 °C unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.		TYP.	MAX.	UNIT
		BT136-	...	...F			
dV_D/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	V_{DM} = 67% $V_{DRM(max)}$; T_j = 125 °C; exponential waveform; gate open circuit	100	50	250	-	V/µs
dV_{com}/dt	Critical rate of change of commutating voltage	V_{DM} = 400 V; T_j = 95 °C; $I_{T(RMS)}$ = 4 A; dI_{com}/dt = 1.8 A/ms; gate open circuit	-	-	50	-	V/µs
t_{gt}	Gate controlled turn-on time	I_{TM} = 6 A; V_D = $V_{DRM(max)}$; I_G = 0.1 A; dI_G/dt = 5 A/µs	-	-	2	-	µs

HOJA DE EVALUACIÓN 07.

1.- EL RECTIFICADOR DE SILICIO CONTROLADO (SCR).

1.- Señalar la condición correcta de polarización para el funcionamiento del SCR.



2.- Completar la siguiente expresión,
IH (IHolding) es la _____ corriente que debe circular de ánodo a cátodo para que el SCR pase a la condición de _____

Respuesta: mínima, bloqueo.

3.- Según el datasheet del SCR BT151, su valor de IH es: _____.

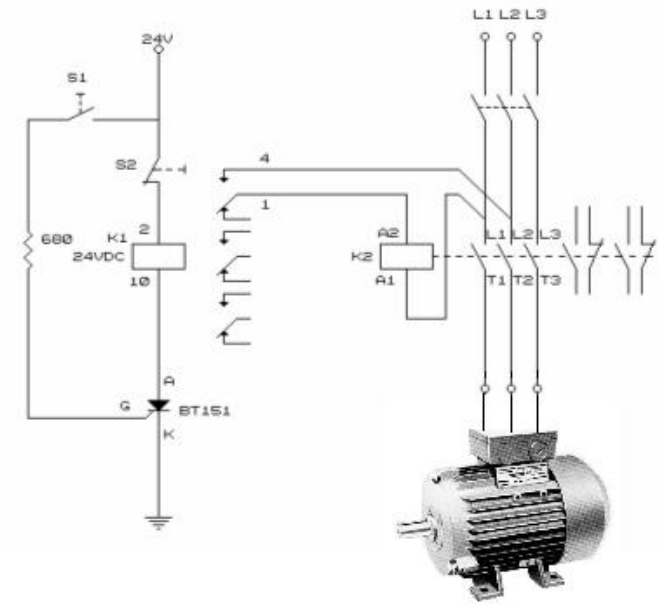
Respuesta: 7 mA

4.- La máxima corriente en sentido directo que puede circular por el SCR BT151 es:_____
Respuesta:

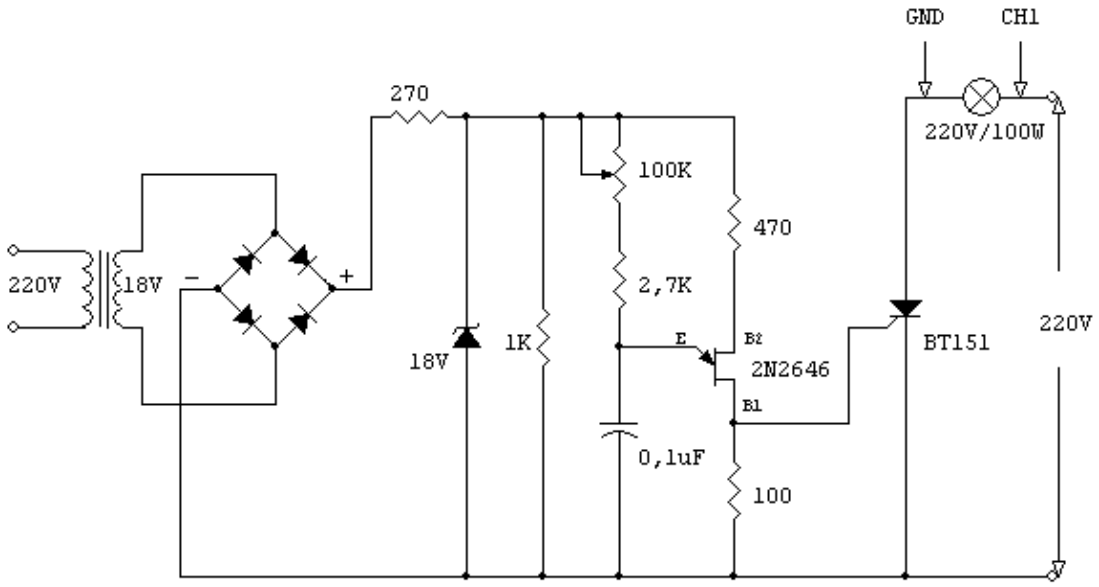
6.- Seleccionar la respuesta correcta.
El Transistor UJT se emplea:

a.- En circuitos amplificadores de alta ganancia
b.- Como dispositivo de potencia para el control de velocidad de motores eléctricos
c.- Para el disparo de SCR y TRIAC

7.- Explicar el funcionamiento del siguiente circuito.



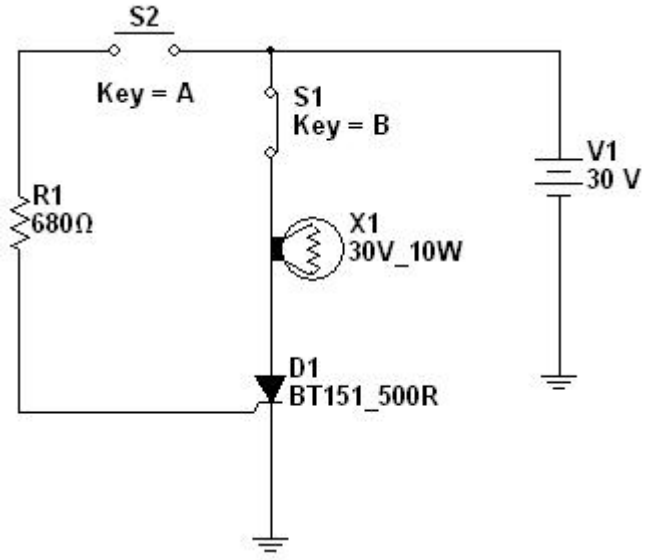
8.- En el siguiente circuito, en qué puntos debe conectarse el Canal 1 del osciloscopio para comprobar que el oscilador de relajación está trabajando correctamente.



Respuesta: En los bornes del condensador de 0,1 uF; debe observarse la carga y descarga del condensador.

9.- En el mismo circuito, qué sucede si el diodo se conecta invertido?

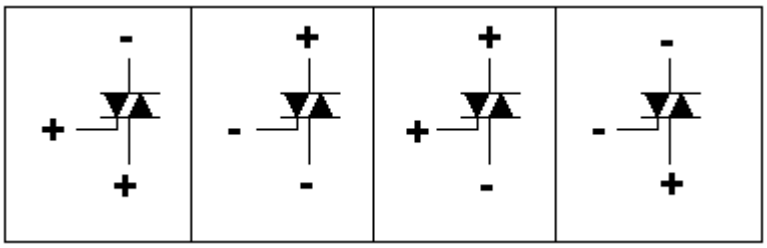
10.- En el circuito mostrado, explique por qué al cerrar y luego abrir el pulsador S2 la lámpara X1 permanece iluminada permanentemente.



11.- Finalmente, explicar por qué ahora al abrir y luego cerrar el interruptor S1, la lámpara se apaga.

2.- EL TRIAC.

1.- Seleccionar la respuesta correcta.



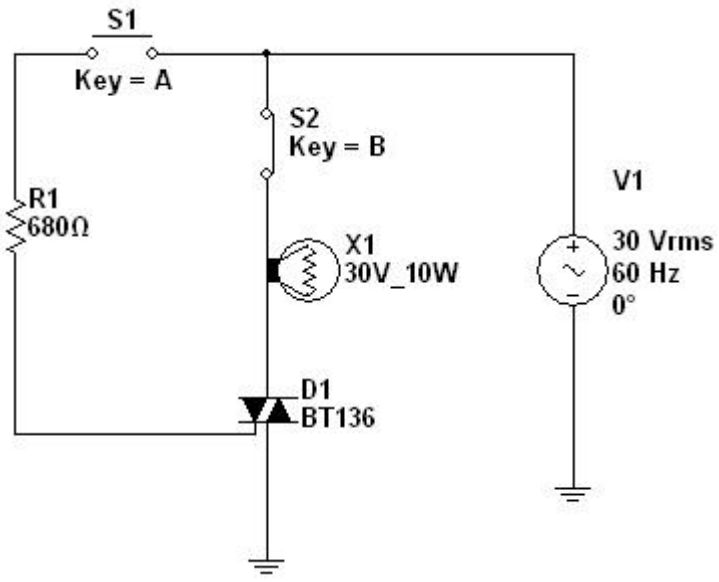
1.- El cuadrante de operación de los triacs mostrados es:
a.- tercero, segundo, cuarto y primero
b.- segundo, cuarto, primero y tercero
c.- cuarto, primero, tercero y segundo

2.- En el TRIAC BT136 la máxima corriente RMS que puede circular en sentido directo desde el Ánodo 2 hasta el Ánodo1 es :_____

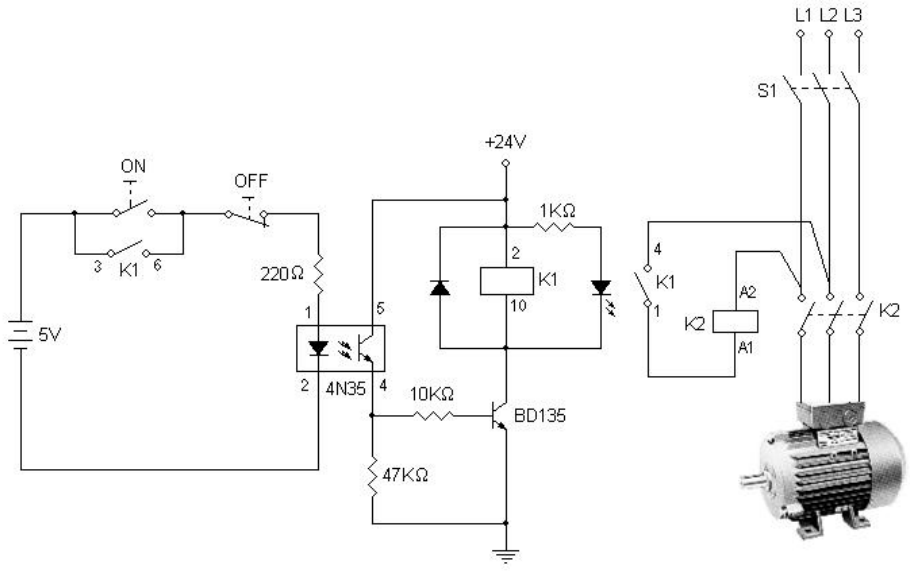
Respuesta: | 4 Amperios |

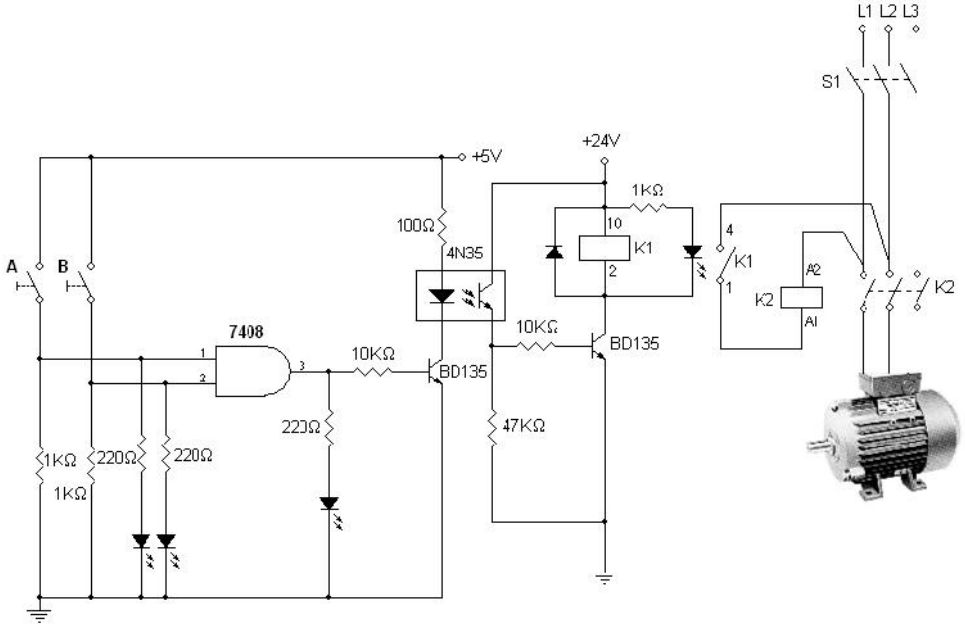
3.- Cuando el TRIAC trabaja en el TERCER CUADRANTE, la corriente IGT es :_____
Respuesta:

4.- El máximo voltaje que puede soportar el TRIAC BT136 cuando está en estado de no conducción (BLOQUEO) es : _____
Respuesta:



5.- En el siguiente circuito, al accionar el pulsador S1 la lámpara X1 se ilumina, sin embargo al liberar el pulsador S1, la lámpara X1 se apaga, sin haber accionado el pulsador S2. Explique qué es lo que está sucediendo?.





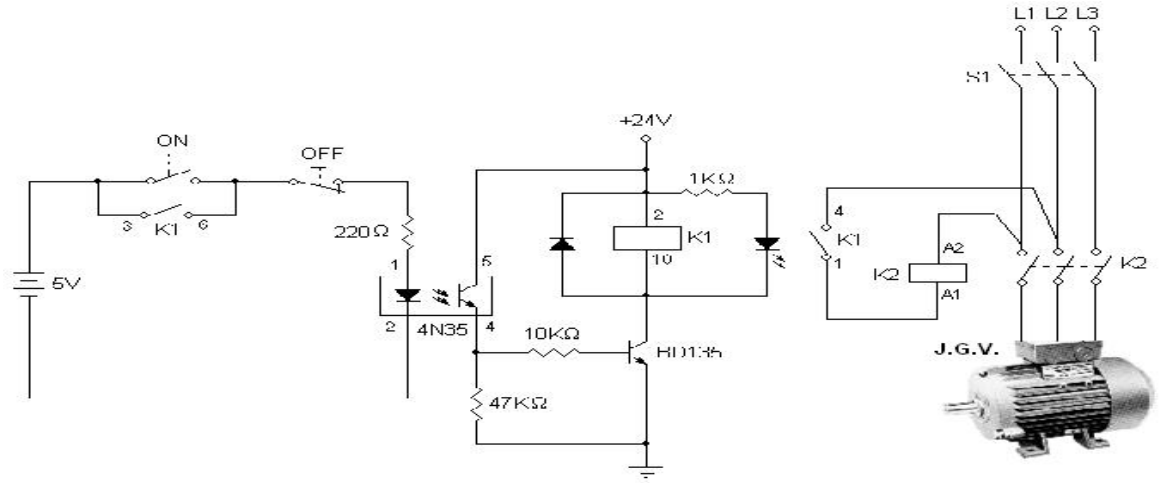
N°	ORDEN DE EJECUCIÓN	HERRAMIENTAS / INSTRUMENTOS
1	Montar circuito de aplicación de aislador óptico	Osciloscopio digital
	con fototransistor.	Multímetro digital
2	Montar circuito de aplicación con amplificador	Pinza digital
	operacional	Alicate de punta semiredonda de 4"
3	Montar circuito de aplicación con compuertas	Alicate de corte diagonal de 4"
	lógicas.	Destornillador plano de 4"x1/8"
		C.I. 4N35, LM741, LM7400,7432, 7404
		Transistor BD135,transformador 220V/6V/3A
		Motor trifásico 220V/1HP
		Resistencias y condensadores diversos valores
		Alambre telefónico 2x22 AWG, Protoboard

	CIRCUITOS CON INTEGRADOS LINEALES Y DIGITALES	HT:T8	
	MECATRÓNICA INDUSTRIAL	Tiempo: 12 horas	HOJA:1/1

HOJA DE OPERACIÓN 33.

MONTAR CIRCUITO DE APLICACIÓN DE AISLADOR ÓPTICO CON FOTOTRANSISTOR.

PROCESO DE EJECUCIÓN.



1.- Montar el siguiente circuito:

2.- Explicar brevemente el funcionamiento del circuito al accionar el pulsador ON.

3.- Comprobar si el funcionamiento coincide con su análisis realizado en el paso 2.

4.-Mida la corriente de arranque y corriente de trabajo del motor completando la siguiente Tabla.

Corriente de arranque		Corriente de trabajo	
Medida	Calculada	Medida	Indicada

5.- Haciendo uso del datasheet del optoaislador 4N35, encapsulado negro determine los siguientes valores:

a.- La máxima corriente que puede soportar el diodo LED del emisor.

b.- El voltaje inverso que puede soportar el diodo LED del emisor.

c.- El máximo voltaje que puede aplicarse entre colector y emisor del detector.

d.- La caída de tensión en los extremos del diodo LED cuando éste conduce.

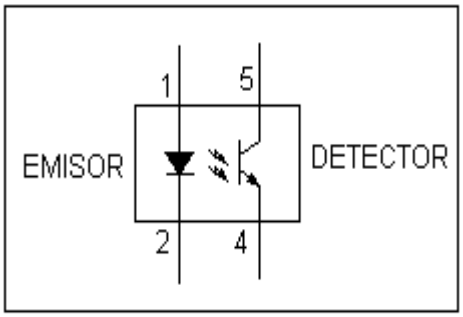
6.- Calcular el valor de la resistencia conectada en serie con el diodo LED del emisor si se emplea un optoaislador 4N35 encapsulado blanco y fuente de tensión de 30 Voltios en lugar de 5 Voltios DC.Considere IF igual al 50% de la IF máxima.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 28.

1.- EL AISLADOR ÓPTICO.

El aislador óptico pertenece a la familia de los circuitos integrados.
El circuito integrado monolítico fue inventado por **JACK KILBY** (Missouri USA, Premio Nóbel de física 2000; 1923-2004)
Los aisladores ópticos u optoacopladores son dispositivos electrónicos constituidos por dos partes principales: El **Emisor** y el **Detector**.





El Emisor, frecuentemente está formado por un diodo LED infrarojo (IRED) de arseniuro de galio.

El Detector, puede ser un foto diodo, foto transistor, foto SCR, foto TRIAC etc.

En la figura adjunta se ve el aspecto físico de un aislador óptico con fototransistor y su símbolo respectivo.

2.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Observemos, por ejemplo, un aislador óptico con foto transistor.

Cuando no hay tensión aplicada al diodo LED (Emisor), el foto transistor (Detector) está bloqueado y se comporta como un circuito abierto entre Colector (pin5) y Emisor (pin 4).

Al energizar al Emisor o diodo LED, mediante una tensión proveniente de una fuente DC o algún otro sensor; circula corriente por el diodo LED y éste emite luz incidiendo sobre el foto transistor, produciéndose su saturación y comportándose como un circuito cerrado entre colector (pin5) y emisor (pin 4).

En un circuito real de tipo industrial, el diodo LED o Emisor forma parte del circuito de mando y el Detector forma parte del circuito de fuerza. El acoplamiento entre ambos se realiza mediante un haz de luz.

Evidentemente, la sensibilidad de luz del Detector debe ser de la misma longitud de onda dada por el Emisor, así los hay del tipo luz visible, infraroja y ultravioleta.

En muchos casos, el Emisor y el Detector se encuentran juntos en un solo encapsulado, protegiéndolos del medio ambiente donde no hay posibilidad de interrumpir el haz de luz.

3.- AISLAMIENTO GALVÁNICO.

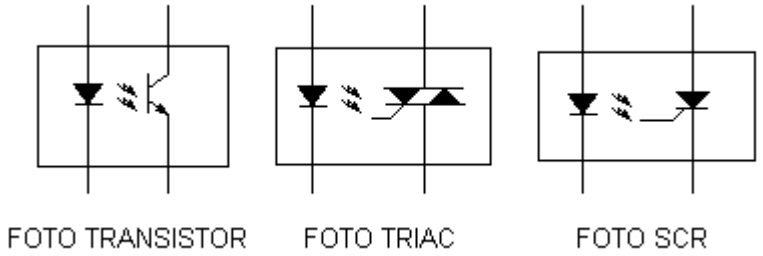
Los relés electromagnéticos de control proporcionan aislamiento eléctrico entre una fuente de baja tensión, que alimenta a la bobina del relé, y otra fuente de alta tensión que proporciona corriente a algún tipo de carga.

Sin embargo, los relés electromagnéticos tienen algunas desventajas, por ejemplo ellos causan ruido eléctrico (radio frequency interference RFI) y están sujetos a la erosión de sus contactos.

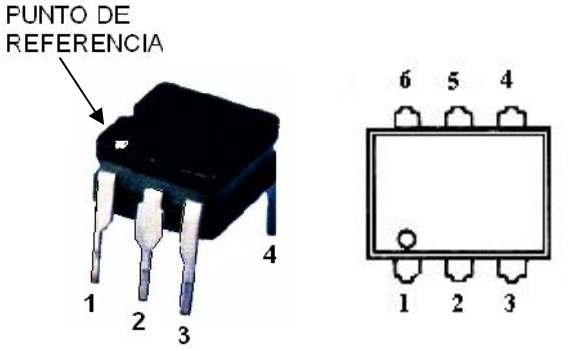
Cuando es necesario proporcionar aislamiento eléctrico entre dos circuitos y superar las desventajas asociadas con el relé electromagnético, se usan los aisladores ópticos.

4.- SÍMBOLO DE ALGUNOS AISLADORES ÓPTICOS.

A continuación se ve el símbolo de un aislador óptico con foto transistor, con foto TRIAC y con foto SCR respectivamente.

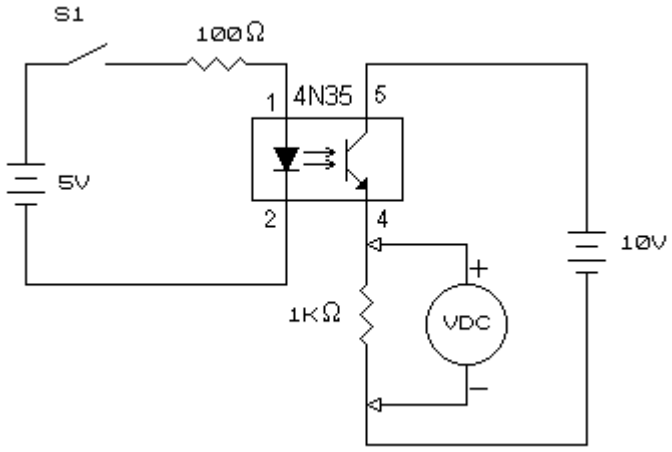


5.- NUMERACIÓN DE LOS PINES EN UN CIRCUITO INTEGRADO.



OBSERVACIÓN.- LA NUMERACIÓN DE LOS PINES O PATITAS ES MIRANDO AL CIRCUITO INTEGRADO DESDE LA PARTE SUPERIOR.

6.- PRUEBA DEL AISLADOR OPTICO CON FOTO TRANSISTOR.



Para probar el aislador óptico con foto transistor es necesario excitar al diodo LED del emisor mediante una tensión DC y luego, con el multímetro digital comprobamos si el foto transistor, en el detector, conmuta de bloqueo a conducción, es decir, de circuito abierto a circuito cerrado.

Por ejemplo, en el circuito mostrado, manteniendo el interruptor S1 abierto, el diodo LED no emite luz, por lo tanto el foto transistor se encuentra en circuito abierto y la lectura del voltímetro es 0 Voltios.

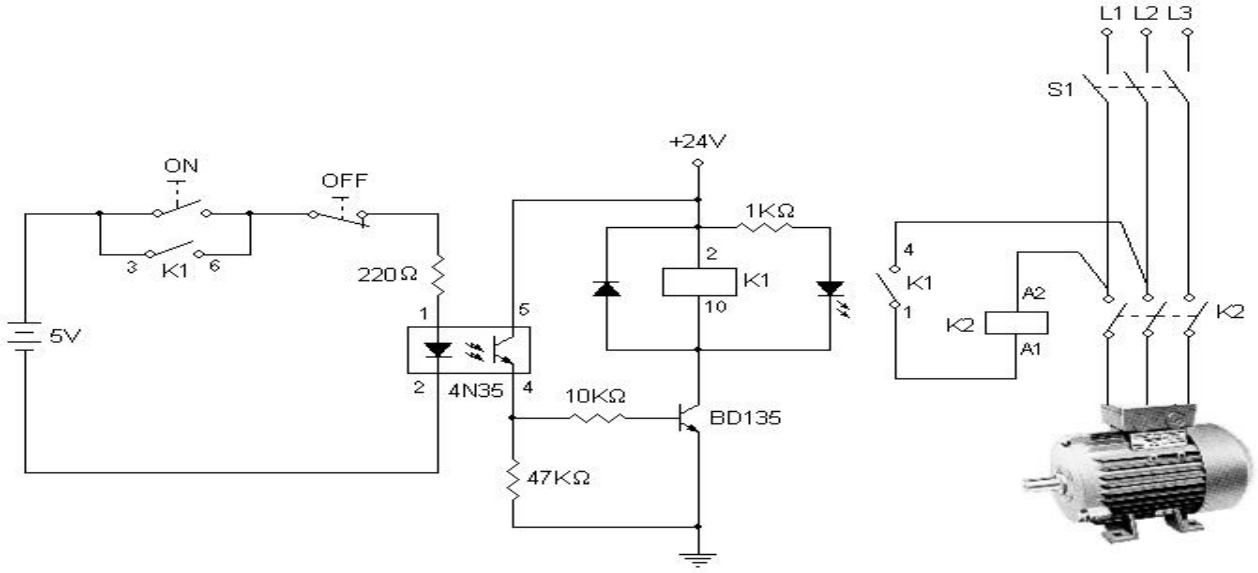
En cambio, al cerrar el interruptor S1, circula corriente por el diodo LED, éste emite luz, que, al incidir sobre el fototransistor, lo lleva a la saturación comportándose como un circuito cerrado entre colector y emisor.

Ahora, habrá una circulación de corriente por la resistencia de 1KΩ, produciéndose una caída de tensión aproximada de 10 Voltios, que será la lectura del voltímetro DC.

Al abrir el interruptor S1, el diodo LED deja de emitir luz, el fototransistor pasa a la condición de bloqueo o circuito abierto y la lectura del voltímetro DC será 0 Voltios.

Si el aislador óptico, en este caso con fototransistor, cumple lo indicado líneas arriba, indica que está en buen estado de funcionamiento.

7.- CIRCUITO DE APLICACIÓN.



Al accionar el pulsador ON circula corriente por el diodo LED, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I\,Led = \frac{5V - VF}{220\Omega} = \frac{5V - 1{,}2V}{220\,\Omega} = 21{,}8\,mA$$

El diodo LED emite luz, el fototransistor entra en saturación, es decir, se comporta como un cortocircuito entre colector y emisor, polariza a la base del transistor BD135, llevándolo a la saturación.

En saturación, el transistor BD135 presenta, entre colector y emisor, una tensión máxima de 0,5 Voltios, según lo indica el datasheet., originando que 23,5 Voltios lleguen a la bobina del relé K1 en los bornes 2 y 10.

El relé K1 es excitado y todos sus contactos cambian de posición, lo que trae como consecuencia el autosostenimiento del circuito del diodo LED al liberar el pulsador ON y cerrarse el contacto 3 y 6, asimismo se energiza la bobina del contactor K2 al cerrarse el contacto 1 y 4 de K1.

Al cerrarse los contactos de fuerza del contactor K2 aplican la tensión trifásica al motor y éste inicia su funcionamiento.

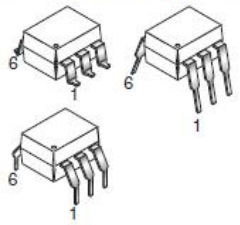
Para detener el motor, observe que el pulsador ON se encuentra en circuito abierto, luego, lo único que hay que hacer es interrumpir el circuito del diodo LED y ello se logra al accionar el pulsador OFF.

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR®

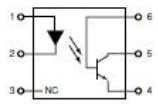
GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLERS

4N25 4N26 4N27 4N28 4N35 4N36
4N37 H11A1 H11A2 H11A3 H11A4 H11A5

WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

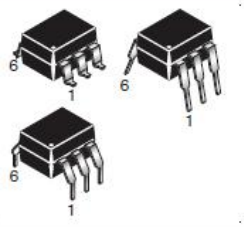


SCHEMATIC



PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NO CONNECTION
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



DESCRIPTION

The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M

APPLICATIONS

- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Value	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +150	°C
Operating Temperature	T_{OPR}	-55 to +100	°C
Wave solder temperature (see page 14 for reflow solder profiles)	T_{SOL}	260 for 10 sec	°C
Total Device Power Dissipation @ T_A = 25°C	P_D	250	mW
Derate above 25°C		3.3 (non-M), 2.94 (-M)	
EMITTER			
DC/Average Forward Input Current	I_F	100 (non-M), 60 (-M)	mA
Reverse Input Voltage	V_R	6	V
Forward Current - Peak (300µs, 2% Duty Cycle)	I_F(pk)	3	A
LED Power Dissipation @ T_A = 25°C	P_D	150 (non-M), 120 (-M)	mW
Derate above 25°C		2.0 (non-M), 1.41 (-M)	mW/°C
DETECTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	V
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	V
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	V
Detector Power Dissipation @ T_A = 25°C	P_D	150	mW
Derate above 25°C		2.0 (non-M), 1.76 (-M)	mW/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Unit
EMITTER						
Input Forward Voltage	(I_F = 10 mA)	V_F		1.18	1.50	V
Reverse Leakage Current	(V_R – 6.0 V)	I_R		0.001	10	µA
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	(I_C – 1.0 mA, I_F – 0)	BV_{CEO}	30	100		V
Collector-Base Breakdown Voltage	(I_C = 100 µA, I_F = 0)	BV_{CBO}	70	120		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	(I_E – 100 µA, I_F – 0)	BV_{ECO}	7	10		V
Collector-Emitter Dark Current	(V_{CE} = 10 V, I_F = 0)	I_{CEO}		1	50	nA
Collector-Base Dark Current	(V_{CB} = 10 V)	I_{CBO}			20	nA
Capacitance	(V_{CE} = 0 V, f = 1 MHz)	C_{CE}		8		pF

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	(Non '-M', Black Package) (f = 60 Hz, t = 1 min)	V_{ISO}	5300			Vac(rms)
	('-M', White Package) (f = 60 Hz, t = 1 sec)		7500			Vac(pk)
Isolation Resistance	(V_{I-O} = 500 VDC)	R_{ISO}	10^{11}			Ω
Isolation Capacitance	(V_{I-O} – &, f – 1 MHz)	C_{ISO}		0.5		pF
	('-M' White Package)			0.2	2	pF

Note
* Typical values at T_A = 25°C

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

Fig. 1 LED Forward Voltage vs. Forward Current (Black Package)

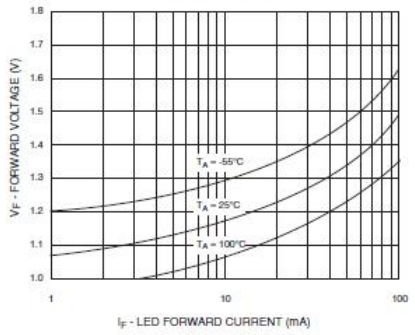
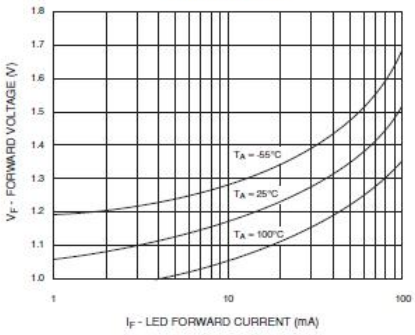
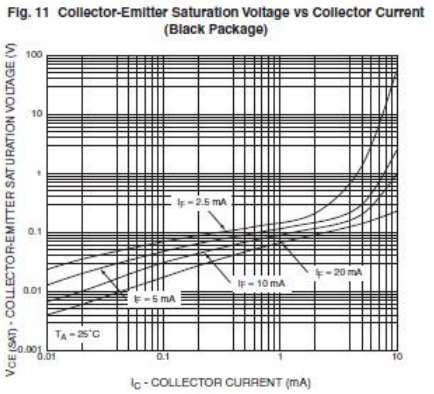
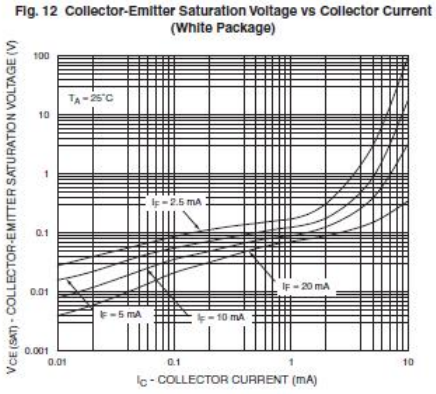


Fig. 2 LED Forward Voltage vs. Forward Current (White Package)



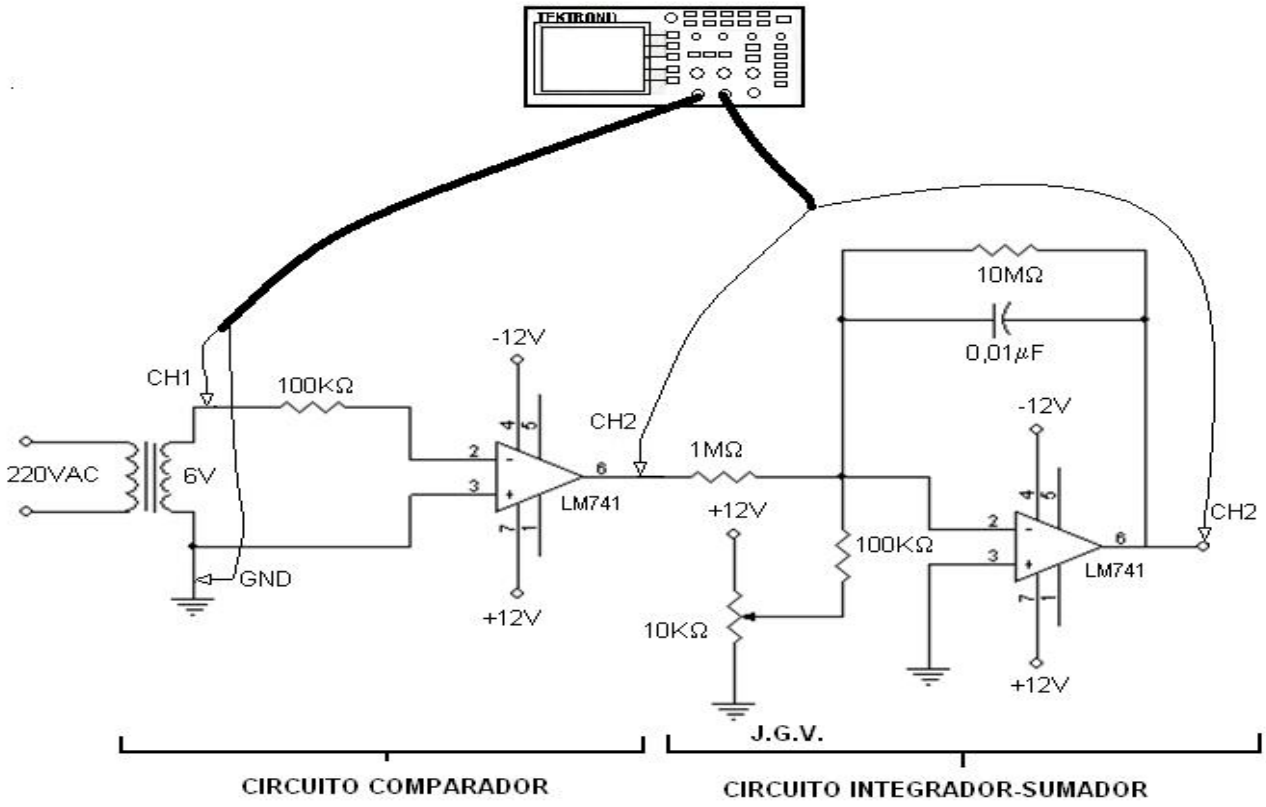
HOJA DE OPERACIÓN 34.





MONTAR CIRCUITO DE APLICACIÓN CON EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- Montar el siguiente circuito.



2.- El circuito con el primer amplificador operacional es un circuito comparador y éste convierte una onda senoidal es una onda cuadrada.

Verificarlo observando las formas de ondas que muestran el Canal 1 (CH1) y Canal 2 (CH2).

3.- El circuito con el segundo amplificador operacional es un circuito integrador-sumador.
Un circuito integrador convierte una onda cuadrada en una onda tipo rampa.
El potenciómetro de 10KΩ configura el circuito sumador y, por lo tanto está sumando una tensión continua al circuito integrador
El efecto obtenido es que, al variar el potenciómetro, la onda tipo rampa sufre un desplazamiento en forma vertical.

4.- Verificar estos efectos visualizando la forma de onda con el Canal 2 (CH2) en la salida del segundo amplificador operacional.

HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 29.

1.- EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL.

El amplificador operacional es un amplificador lineal diferencial acoplado en DC, de alta ganancia, cuyas características de respuesta se controlan externamente, mediante la realimentación negativa, desde la salida hacia la entrada.

El amplificador operacional es ampliamente usado en las computadoras para efectuar operaciones matemáticas tales como suma, resta, integración, diferenciación etc. También se le usa como amplificadores de audio, de video, en circuitos osciladores etc, y en la comunicación electrónica.

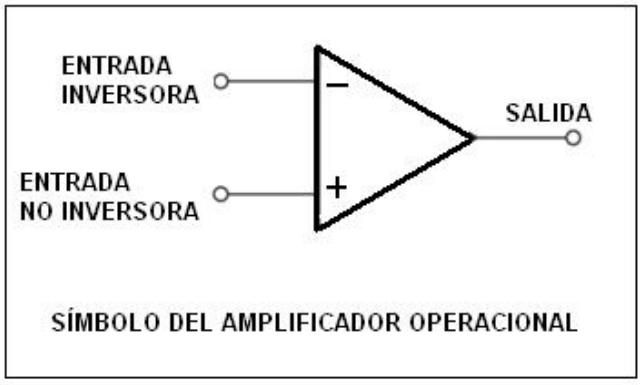
A causa de su versatilidad son ampliamente aplicados en todas las ramas de la electrónica, tanto en circuitos digitales como lineales.

Debido a su complejidad de componentes electrónicos integrados en un chip, para su estudio, se le considera como una caja negra, donde solamente interesa conocer la entrada y la modificación de la salida, de acuerdo a configuraciones típicas y usuales.

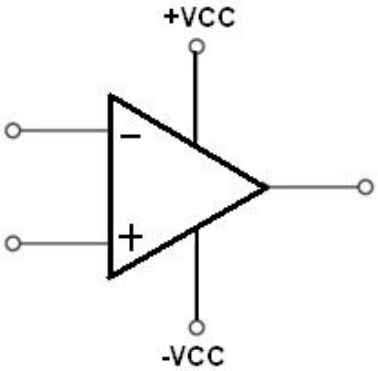
Son múltiples las aplicaciones del amplificador operacional, así se usa por ejemplo en los siguientes circuitos:

a.- Circuito inversor b.- Circuito no inversor c.- Circuito integrador
d.- Circuito derivador e.- Circuito sumador f.- Circuito restador
g.- Circuito comparador h.- Circuito desfasador i.- Circuito multivibrador
j.- Circuito de instrumentación k.- Circuito DAC
l.- Circuito ADC etc., etc., etc.

2.- SÍMBOLO DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL.



SÍMBOLO DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL



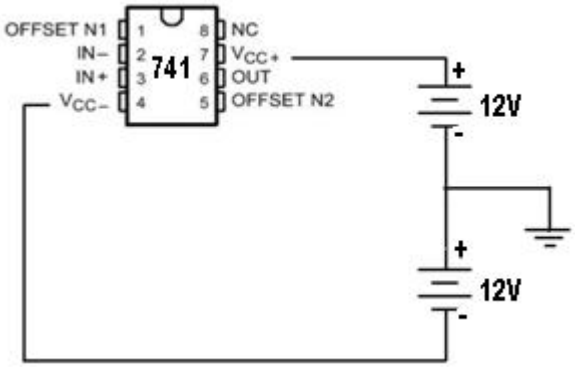
SÍMBOLO DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL CON SUS CONEXIONES DE ALIMENTACIÓN DC

En la figura se muestra el símbolo del amplificador operacional, el cual tiene dos entradas marcadas por el signo + y -. La entrada con el signo – se denomina entrada INVERSORA;

es decir, una señal que se aplica por esta entrada, aparecerá desfasada 180º en la salida.
La entrada con el signo + se denomina entrada NO INVERSORA y una señal que se aplica por esta entrada aparecerá sin desfasaje en la salida.

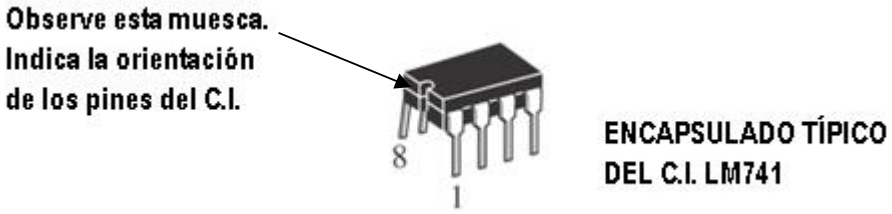
Observar que el amplificador operacional requiere, para su funcionamiento, una tensión dual, es decir, debe conectársele simultaneamente tensión positiva y tensión negativa con respecto a un punto común, es lo que conoce como +VCC y –VCC.

El circuito integrado típico representativo del amplificador operacional es el LM741.



Observar la forma de conexión de la fuente de alimentación.

Se requiere de una fuente de alimentación dual y simétrica (+12V y -12V por ejemplo).



3.- CIRCUITO COMPARADOR.

El circuito comparador es la configuración más simple del amplificador operacional, porque no requiere resistencias de realimentación, su conexión es en lazo abierto.
En esta configuración una de las dos entradas se configura como referencia, por ejemplo en el circuito mostrado la referencia va a ser la entrada no inversora que se conecta a tierra (GND).

Como el circuito está en lazo abierto el amplificador operacional desarrolla su máxima ganancia y ante una pequeña variación de la señal de entrada (en este caso, la forma de onda que ingrese por la entrada inversora) producirá una tensión máxima de salida conocida como Voltaje de saturación (Vsat).

El voltaje de saturación (Vsat) es del orden del 80% a 90% del voltaje de alimentación VCC.

Observar el circuito y las formas de onda. Desde 0 hasta π, en la entrada inversora se presenta una comba positiva con un valor máximo de 6√2 Voltios y en la salida obtenemos una onda cuadrada con un valor igual a –Vsat.

En este caso -Vsat será aproximadamente -10 Voltios.

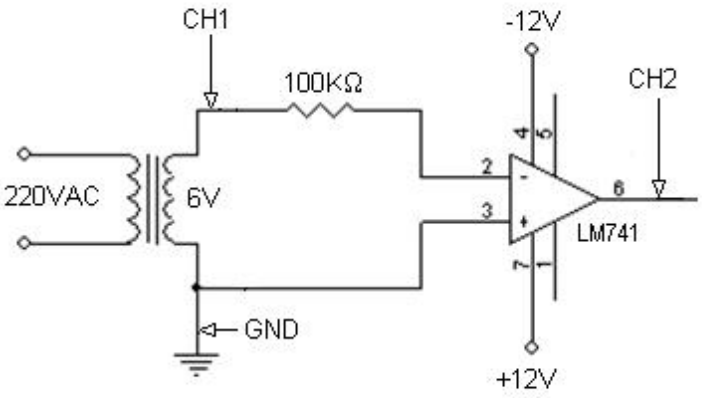
Se obtiene una tensión negativa (-10Voltios) porque, a pesar que la entrada es una tensión positiva, sin embargo ingresa por la entrada inversora.

Veamos ahora, desde π hasta 2π, la entrada es una comba negativa de valor igual a -6√2 Voltios y observamos que en la salida se obtiene una onda cuadrada con un voltaje igual a +Vsat, es decir aproximadamente +10 Voltios.

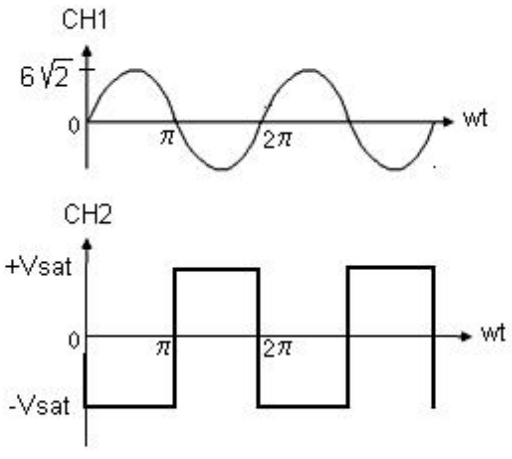
Otra vez se produce la inversión de la tensión de entrada.

Si se aprecia detenidamente a las formas de onda, se dará cuenta que el circuito convierte una onda senoidal en una onda cuadrada.

Evidentemente, la onda de salida siempre tendrá un valor de +Vsat y –Vsat, no importa el valor o amplitud de la onda de entrada.

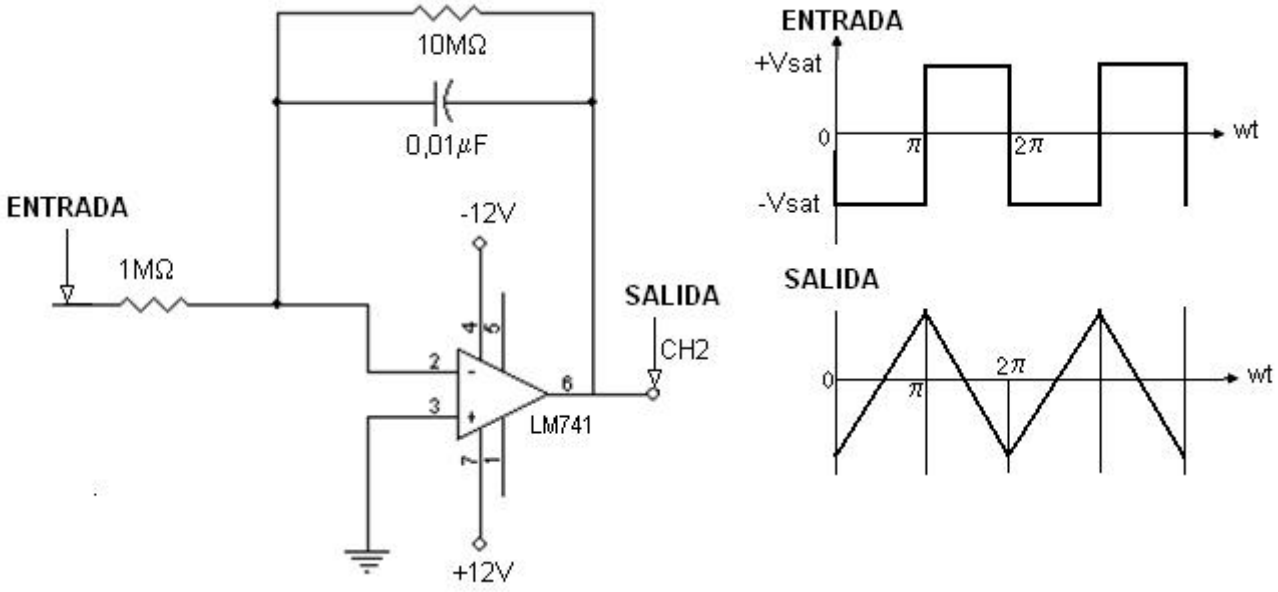


CIRCUITO COMPARADOR



FORMAS DE ONDA

4.- CIRCUITO INTEGRADOR.



El circuito integrador, como su nombre lo indica, obtiene la función matemática denominada integral, de la onda que llegue a su entrada.

Si la onda de entrada es una onda cuadrada; se considera que la onda cuadrada no es otra cosa que una serie de ondas o funciónes tipo escalón.

Matemáticamente está comprobado que la integral de una onda o funciòn tipo escalón es una onda o función tipo rampa

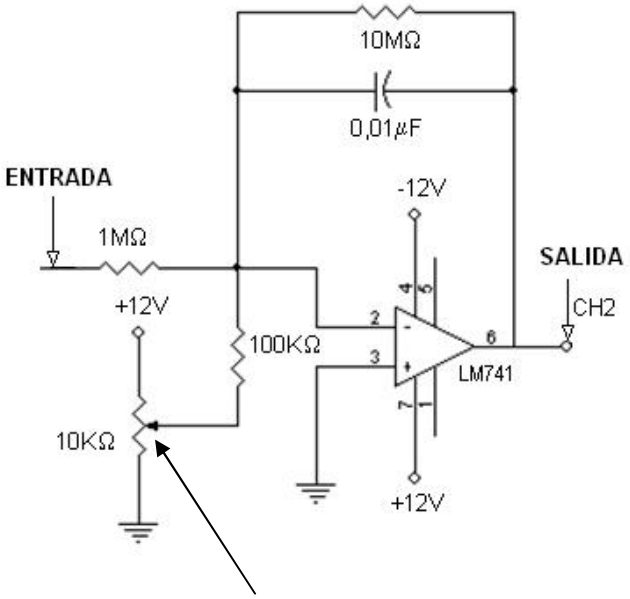
.

Esto origina que la sucesión de funciones tipo rampa configuren una onda tipo triangular, tal como la que vemos en el diagrama de formas de onda.

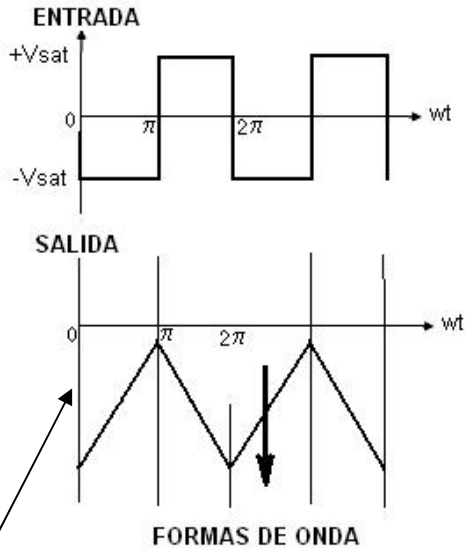
5.- CIRCUITO INTEGRADOR-SUMADOR.

Este circuito consiste en la adición de un circuito sumador al circuito integrador. Ello se consigue mediante el potenciómetro de 100KΩ.

Al circuito integrador se le está sumado una tensión continua, cuyo valor depende de la posición del potenciómetro de 100KΩ. Para los efectos prácticos si aplicamos una tensión continua positiva por la entrada inversora, traerá como consecuencia que la onda triangular de salida se desplace hacia los valores negativos.



SI SE VARÍA ESTE POTENCIÓMETRO, INCREMENTADO UNA TENSIÓN POSITIVA



FORMAS DE ONDA

LA ONDA TRIANGULAR DE SALIDA SE DESPLAZA HACIA LOS VALORES NEGATIVOS

Evidentemente, si se desea que la onda triangular se desplace encima del eje horizontal, hacia los valores positivos, será necesario aplicar a la entrada inversora una tensión continua negativa, es decir la tensión de alimentación del potenciómetro de 100KΩ, de +12 Voltios debe cambiarse a -12 Voltios.

National Semiconductor

May 1998

LM741
Operational Amplifier

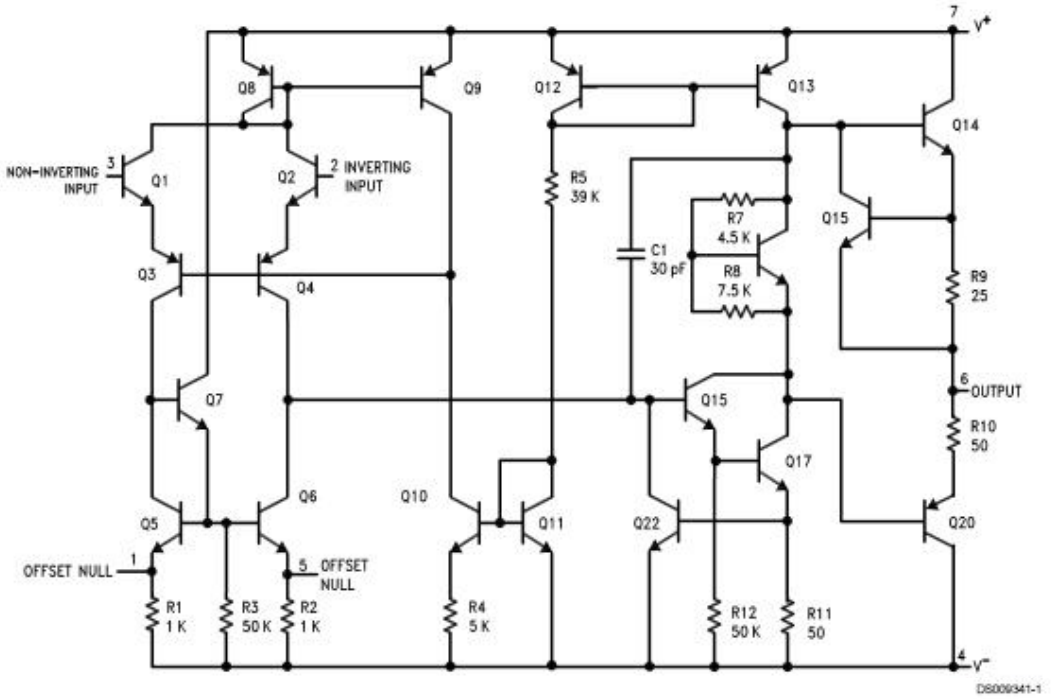
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

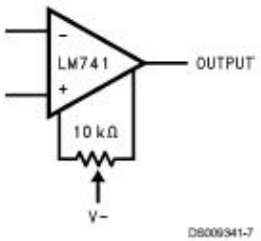
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of −55°C to +125°C.

Schematic Diagram



Offset Nulling Circuit



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

(Note 6)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 2)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 3)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	−55°C to +125°C	0°C to +70°C	−55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 7)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	T_A = 25°C										
	$R_S \le 10\ k\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_S \le 50\Omega$		0.8	3.0							mV
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$										
	$R_S \le 50\Omega$			4.0							mV
	$R_S \le 10\ k\Omega$						6.0			7.5	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							µV/°C
Input Offset Voltage Adjustment Range	T_A = 25°C, V_S = ±20V	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	T_A = 25°C		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/°C
Input Bias Current	T_A = 25°C		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	µA
Input Resistance	T_A = 25°C, V_S = ±20V	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		MΩ
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$, V_S = ±20V	0.5									MΩ
Input Voltage Range	T_A = 25°C							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$				±12	±13					V

Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	T_A = 25°C, $R_L \geq 2$ kΩ										
	V_S = ±20V, V_O = ±15V	50									V/mV
	V_S = ±15V, V_O = ±10V				50	200		20	200		V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2$ kΩ,										
	V_S = ±20V, V_O = ±15V	32									V/mV
	V_S = ±15V, V_O = ±10V				25			15			V/mV
	V_S = ±5V, V_O = ±2V	10									V/mV
Output Voltage Swing	V_S = ±20V										
	$R_L \geq 10$ kΩ	±16									V
	$R_L \geq 2$ kΩ	±15									V
	V_S = ±15V										
	$R_L \geq 10$ kΩ				±12	±14		±12	±14		V
	$R_L \geq 2$ kΩ				±10	±13		±10	±13		V
Output Short Circuit	T_A = 25°C	10	25	35		25			25		mA
Current	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										
Rejection Ratio	$R_S \leq 10$ kΩ, V_{CM} = ±12V				70	90		70	90		dB
	$R_S \leq 50$Ω, V_{CM} = ±12V	80	95								dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, V_S = ±20V to V_S = ±5V										
	$R_S \leq 50$Ω	86	96								dB
	$R_S \leq 10$ kΩ				77	96		77	96		dB
Transient Response	T_A = 25°C, Unity Gain										
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3		µs
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 5)	T_A = 25°C	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	T_A = 25°C, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/µs
Supply Current	T_A = 25°C					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	T_A = 25°C										
	V_S = ±20V		80	150							mW
	V_S = ±15V					50	85		50	85	mW
LM741A	V_S = ±20V										
	$T_A = T_{AMIN}$			165							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			135							mW
LM741E	V_S = ±20V										
	$T_A = T_{AMIN}$			150							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			150							mW
LM741	V_S = ±15V										
	$T_A = T_{AMIN}$					60	100				mW
	$T_A = T_{AMAX}$					45	75				mW

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Note 2: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_j = T_A + (\theta_{jA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{jA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{jC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 3: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 4: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55°C \le T_A \le +125°C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0°C \le T_A \le +70°C$.

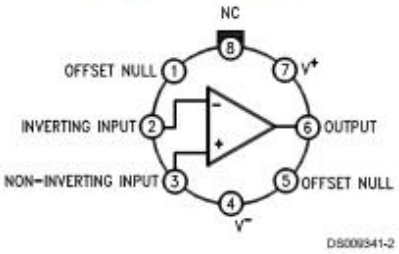
Note 5: Calculated value from: BW (MHz) = 0.35/Rise Time(µs).

Note 6: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 7: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

Connection Diagram

Metal Can Package

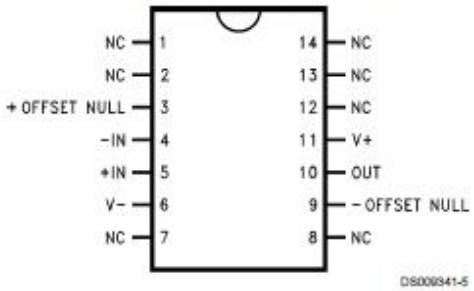


DS009341-2

Note 8: LM741H is available per JM38510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 8), LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package



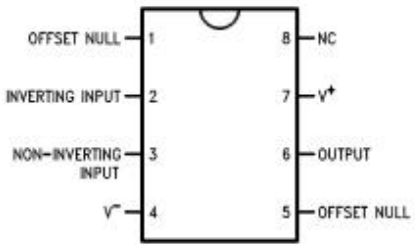
DS009341-5

Note 9: also available per JM38510/10101

Note 10: also available per JM38510/10102

Order Number LM741J-14/883 (Note 9), LM741AJ-14/883 (Note 10)
See NS Package Number J14A

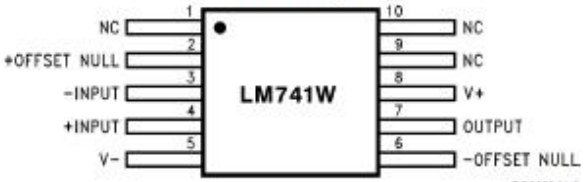
Dual-In-Line or S.O. Package



DS009341-3

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak



DS009341-6

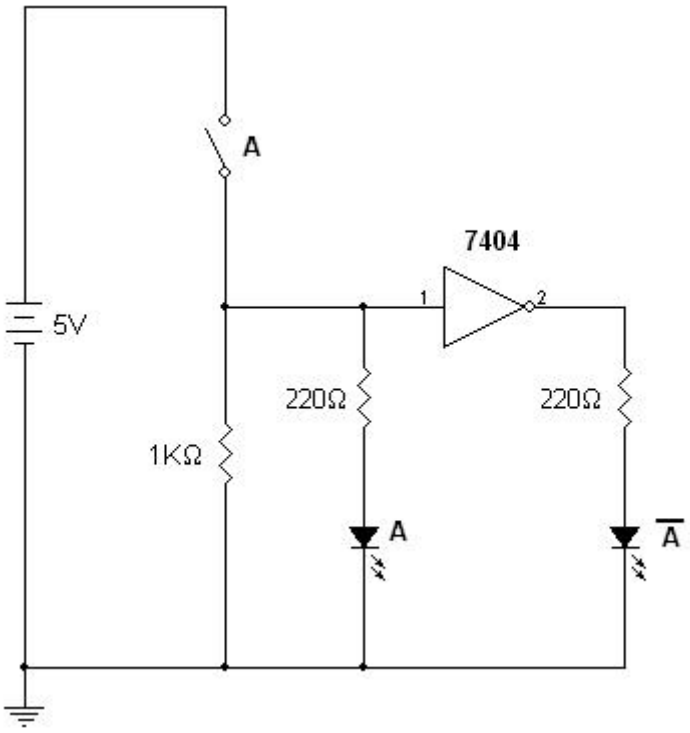
Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

HOJA DE OPERACIÓN 35.

MONTAR CIRCUITO DE APLICACIÓN CON COMPUERTAS LÓGICAS
PROCESO DE EJECUCIÓN.

1.- COMPUERTA LÓGICA NOT.

1.- Montar el siguiente circuito.

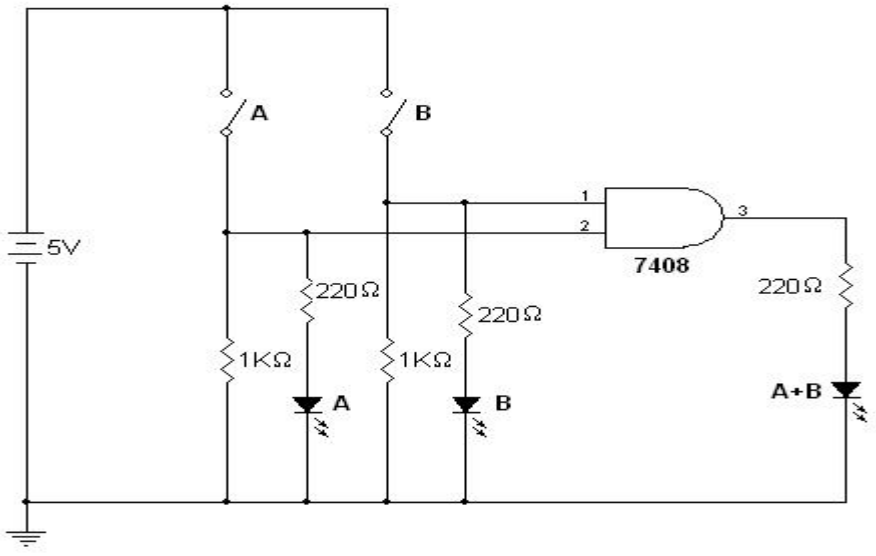


2.- Considerando lo siguiente:
a.- LED iluminado = nivel lógico 1
b.- LED apagado = nivel lógico 0
c.- Interruptor A abierto = nivel lógico 0
d.- Interruptor A cerrado = nivel lógico 1

3.- Completar la siguiente tabla.

A	A
0	
1	

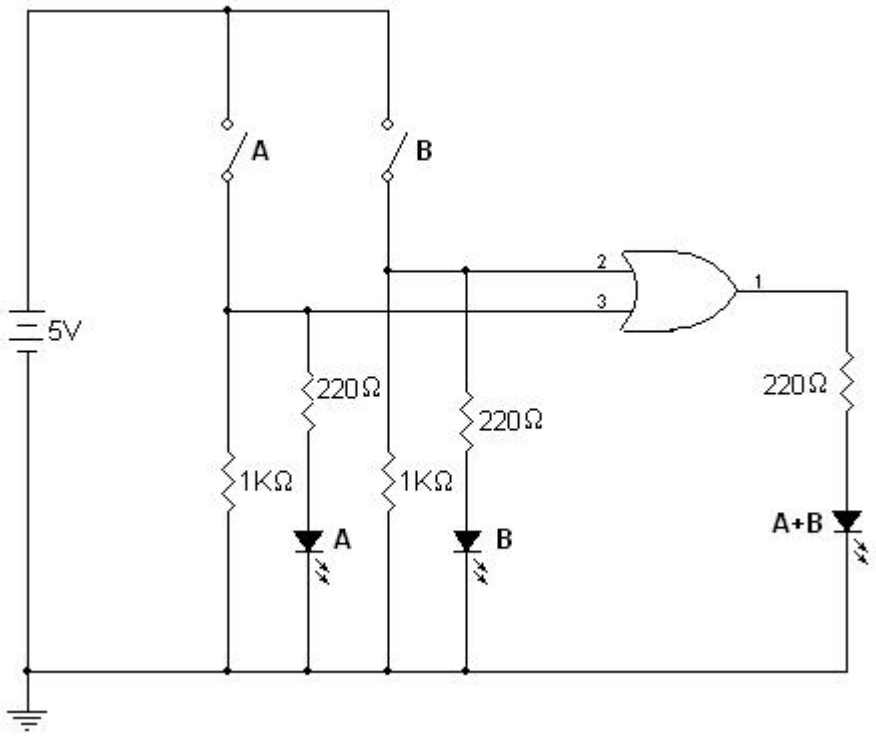
2.- COMPUERTA LÓGICA AND.



1.- Completar la siguiente tabla:

A	B	A . B
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

3.- COMPUERTA LÓGICA OR.

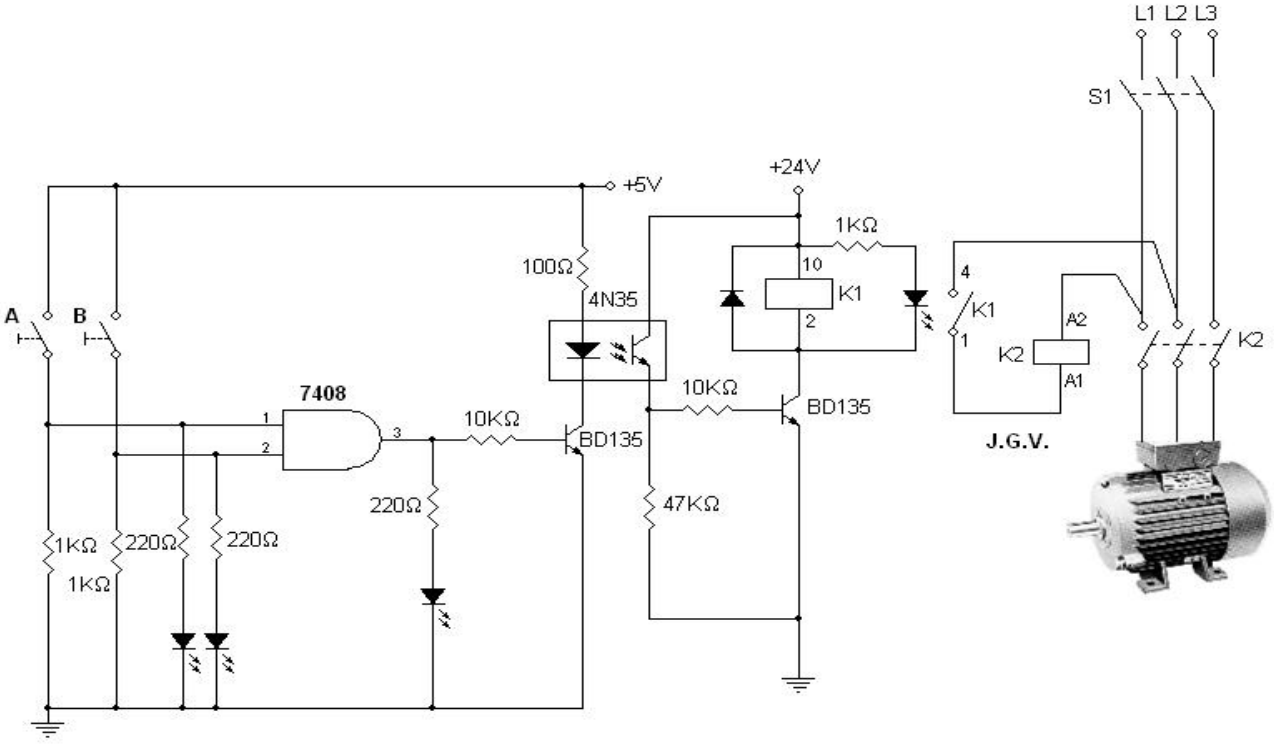


1.- Completar la siguiente tabla:

A	B	A+B
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

4.- CIRCUITO DE APLICACIÓN.

1.- Montar el circuito mostrado y explicar su funcionamiento.



HOJA DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA 30.

1.- COMPUERTAS LÓGICAS.

El amplificador operacional es un ejemplo de circuito integrado analógico y se denomina así porque trabaja con infinitos valores de entrada y salida.

Los circuitos digitales binarios, sin embargo, se caracterizan porque trabajan únicamente con dos valores, con dos niveles lógicos, generalmente denotados como 0 y 1, BAJO y ALTO, que indica, asimismo, ausencia y presencia de tensión eléctrica, igual a 0 Voltios y 5 Voltios respectivamente.

La salida de dichas compuertas lógicas depende, obviamente, de las condiciones de las entradas y también será 0 o 1.

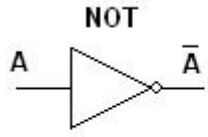
Las compuertas lógicas clásicas son las compuertas AND, OR y NOT, que son las piedras angulares de la lógica digital.

Cada compuerta lógica está definida por su función y su operación es dependiente de su TABLA DE FUNCION o TABLA DE VERDAD, basándose en los postulados del Álgebra de **BOOLE** (**George Boole** matemático Británico, Reino Unido 1815 – Irlanda 1864).

Usualmente se trabaja con LÓGICA POSITIVA, es decir el nivel lógico 1 se asocia con la presencia de tensión en su valor más alto, generalmente en la familia TTL, es de 5 Voltios; mientras que el nivel lógico 0 se asocia con la ausencia de tensión o su valor más bajo, típicamente 0 Voltios.

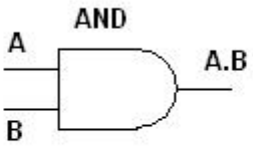
La lógica de las compuertas lógicas es independiente del tiempo y se conoce como lógica asincrónica.

2.- FUNCIONES LÓGICAS BÁSICAS Y SU TABLA DE VERDAD.



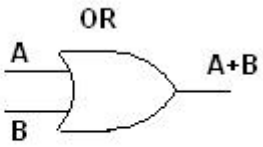
7404

A	$\overline{A}$
0	1
1	0



7408

A	B	A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



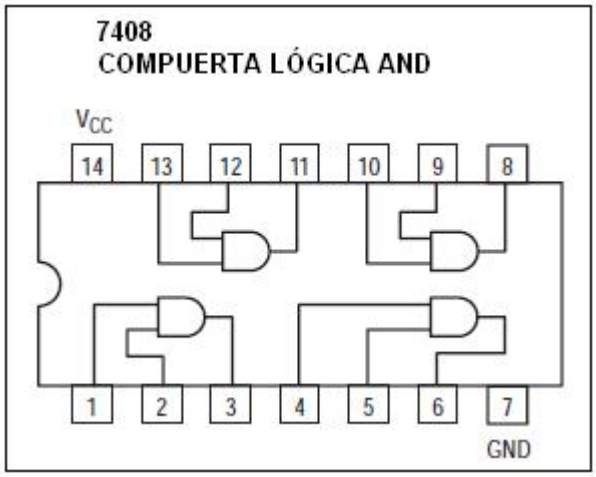
7432

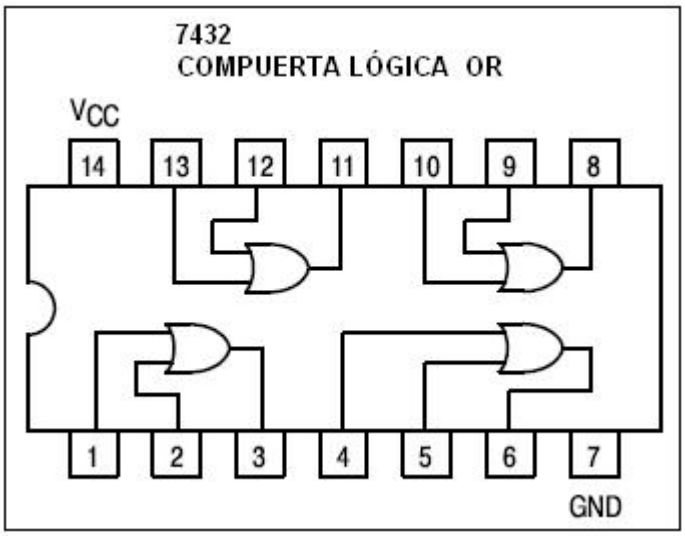
A	B	A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

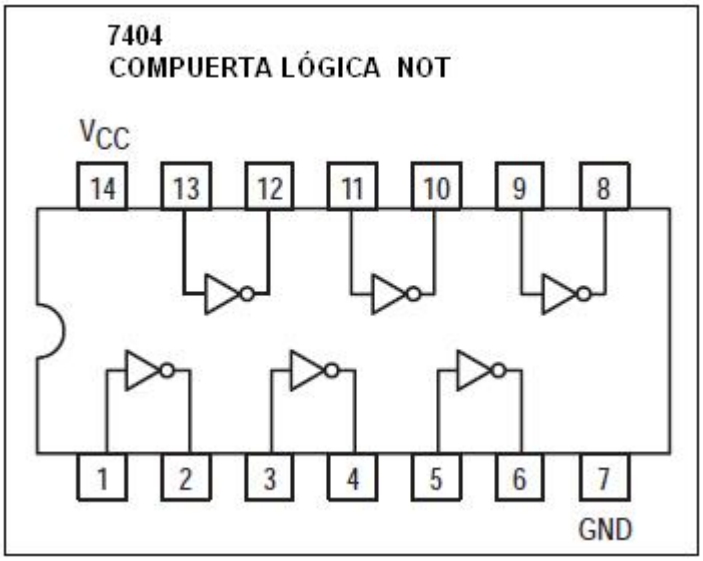
Se observa lo siguiente:

a.- En la compuerta lógica AND, la salida es VERDADERO (1) si TODAS las entradas son VERDADERO (1).
b.- En la compuerta lógica OR, la salida es VERDADERO (1) si UNA O MAS entradas son VERDADERO (1).
c.- En la compuerta lógica NOT, la salida es lo OPUESTO a la entrada.

3.- IDENTIFICACIÓN DE LOSPINES EN LAS COMPUERTAS LÓGICAS.



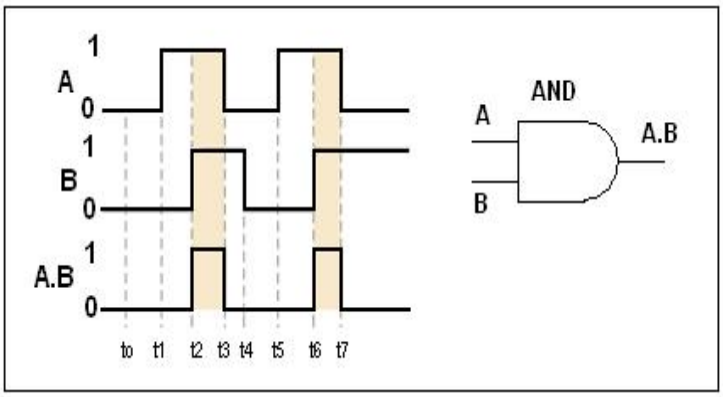




En los gráficos se observa la disposición interna de las compuertas según su código; por ejemplo el circuito integrado 7408 tiene en un solo encapsulado 4 compuertas lógicas AND, estas compuertas son completamente independientes, sin embargo, todas tienen un punto de alimentación común VCC, que es el pin número 14, de igual modo un punto común de tierra o GND que es el pin número 7.

El mismo criterio se aplica para las otras compuertas lógicas.

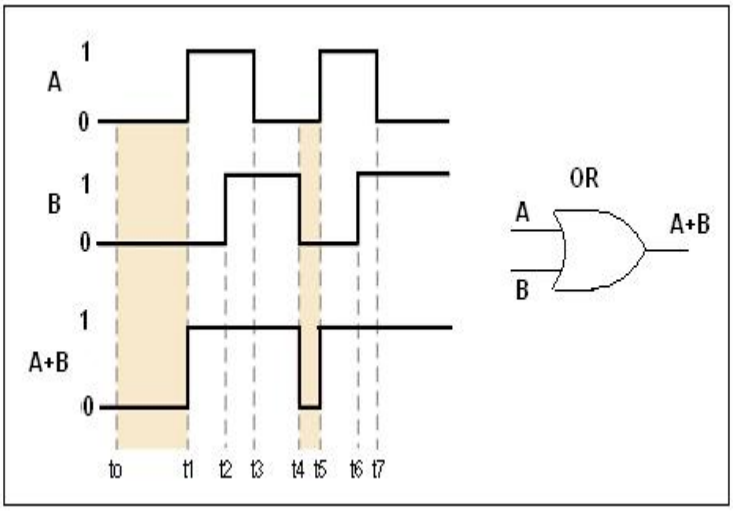
4.- OPERACIÓN DE LA COMPUERTA LÓGICA AND.



Aplicando la tabla de verdad de la compuerta AND, comprobamos que desde to hasta t1, la entrada A y la entrada B son iguales a 0, por lo tanto su salida A.B será 0.

Sin embargo desde t2 hasta t3, la entrada A y la entrada B son iguales a 1, luego su salida A.B será también igual a 1.

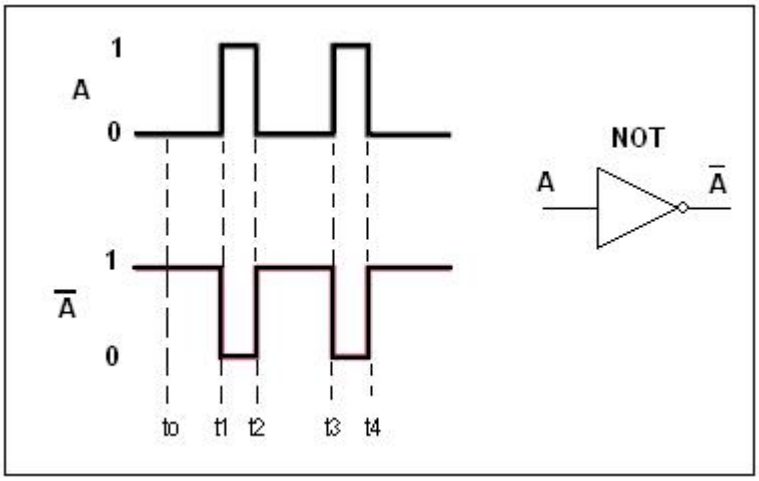
5.- OPERACIÓN DE LA COMPUERTA LÓGICA OR.



Al igual que en el caso de la compuerta lógica AND, empleando la tabla de verdad, observamos que desde to hasta t1 ambas entradas A y B son iguales a 0, por lo tanto, su salida A+B será igual a 0.

Desde t1 hasta t2 la entrada A es igual a 1, mientras que la entrada B es igual a 0, en consecuencia, su salida A+B será igual a 1.

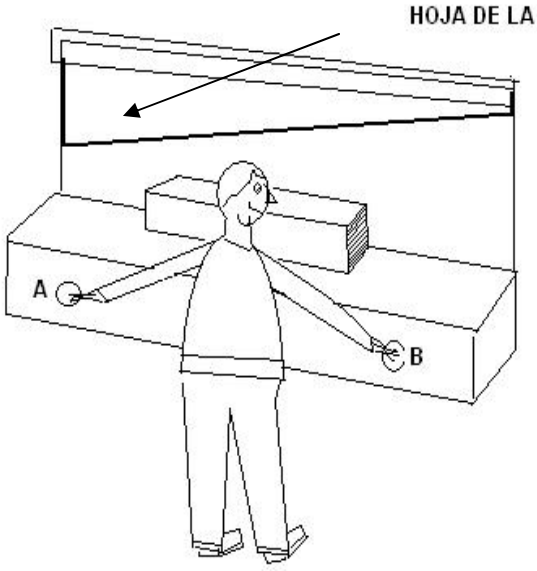
6.- OPERACIÓN DE LA COMPUERTA LÓGICA NOT.



Finalmente, en la compuerta lógica NOT, en la salida tendremos el complemento de la entrada.

Por ejemplo, desde to hasta t1, la entrada A tiene un nivel lógico 0, luego, su salida será igual a 1. De modo similar, desde t1 hasta t2, la entrada A tiene un valor igual a 1, y su salida tendrá un nivel lógico igual a 0.

7.- CIRCUITO DE APLICACIÓN: SEGURIDAD PARA DOS MANOS.

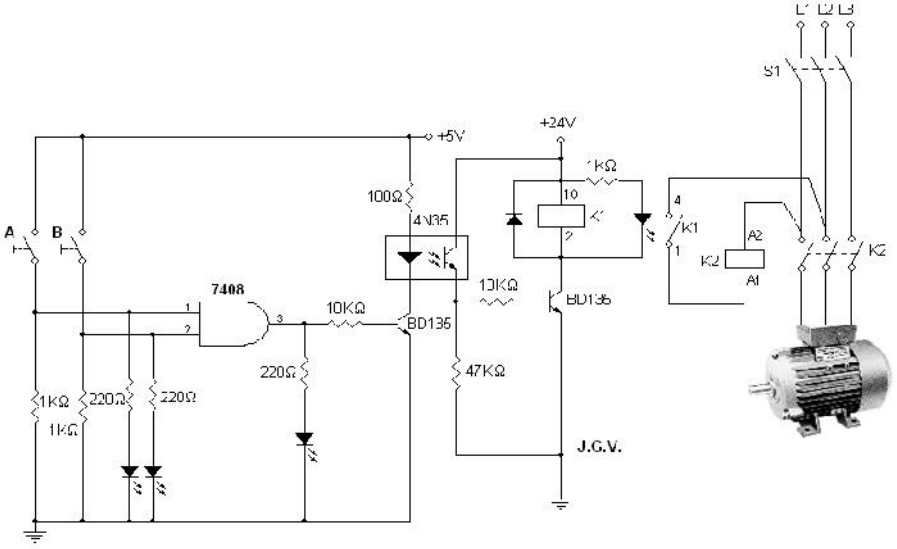


La salida de la compuerta AND será 1 solamente cuando las entradas A y B sean iguales a 1.

Este circuito se emplea en las máquinas de cortar papel conocidas como guillotinas.

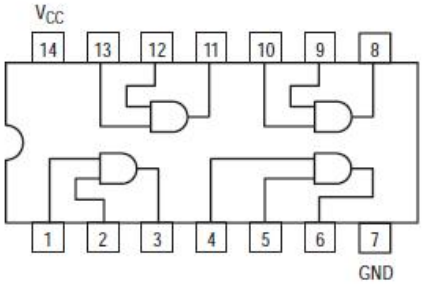
La hoja de esta guillotina solamente se accionará si y sólo si se pulsa simultáneamente el pulsador A y el pulsador B.

A fin de brindar seguridad al operario, los pulsadores A y B se colocan muy separados uno del otro tal como vemos en el gráfico, ello garantiza que la guillotina es accionada por las dos manos.



SN74LS08

Quad 2-Input AND Gate



ON Semiconductor
Formerly a Division of Motorola
http://onsemi.com

LOW POWER SCHOTTKY



PLASTIC
N SUFFIX
CASE 646



SOIC
D SUFFIX
CASE 751A

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I_{OH}	Output Current – High			–0.4	mA
I_{OL}	Output Current – Low			8.0	mA

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage		–0.65	–1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = –18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.5		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX, V_{IN} = V_{IH} or V_{IL} per Truth Table	
V_{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
			0.35	0.5	V	I_{OL} = 8.0 mA	
I_{IH}	Input HIGH Current			20	µA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
				0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current			–0.4	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	–20		–100	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH			4.8	mA	V_{CC} = MAX	
	Total, Output LOW			8.8			

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

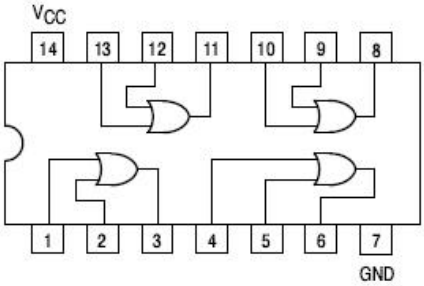
AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH}	Turn–Off Delay, Input to Output		8.0	15	ns	V_{CC} = 5.0 V, C_L = 15 pF
t_{PHL}	Turn–On Delay, Input to Output		10	20	ns	

MOTOROLA

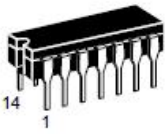
SN54/74LS32

QUAD 2-INPUT OR GATE



QUAD 2-INPUT OR GATE

LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	−55 0	25 25	125 70	°C
I_{OH}	Output Current — High	54, 74			−0.4	mA
I_{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage		2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage	54			0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74			0.8			
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage			−0.65	−1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = −18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX, V_{IN} = V_{IH} or V_{IL} per Truth Table	
		74	2.7	3.5		V		
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
		74		0.35	0.5	V	I_{OL} = 8.0 mA	
I_{IH}	Input HIGH Current				20	µA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
					0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current				−0.4	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)		−20		−100	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH				6.2	mA	V_{CC} = MAX	
	Total, Output LOW				9.8			

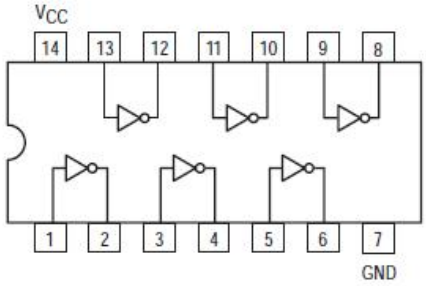
Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		14	22	ns	V_{CC} = 5.0 V C_L = 15 pF
t_{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		14	22	ns	

SN74LS04

Hex Inverter



ON Semiconductor
Formerly a Division of Motorola
http://onsemi.com

LOW POWER SCHOTTKY



PLASTIC
N SUFFIX
CASE 646

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I_{OH}	Output Current – High			−0.4	mA
I_{OL}	Output Current – Low			8.0	mA

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage		−0.65	−1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = −18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.5		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX, V_{IN} = V_{IH} or V_{IL} per Truth Table	
V_{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
			0.35	0.5	V	I_{OL} = 8.0 mA	
I_{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
				0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current			−0.4	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	−20		−100	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH			2.4	mA	V_{CC} = MAX	
	Total, Output LOW			6.6			

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH}	Turn–Off Delay, Input to Output		9.0	15	ns	V_{CC} = 5.0 V, C_L = 15 pF
t_{PHL}	Turn–On Delay, Input to Output		10	15	ns	

HOJA DE EVALUACIÓN 08.

1.- EL AISLADOR ÓPTICO.

1.- En el aislador óptico 4N35, encapsulado negro, completar los siguientes parámetros:

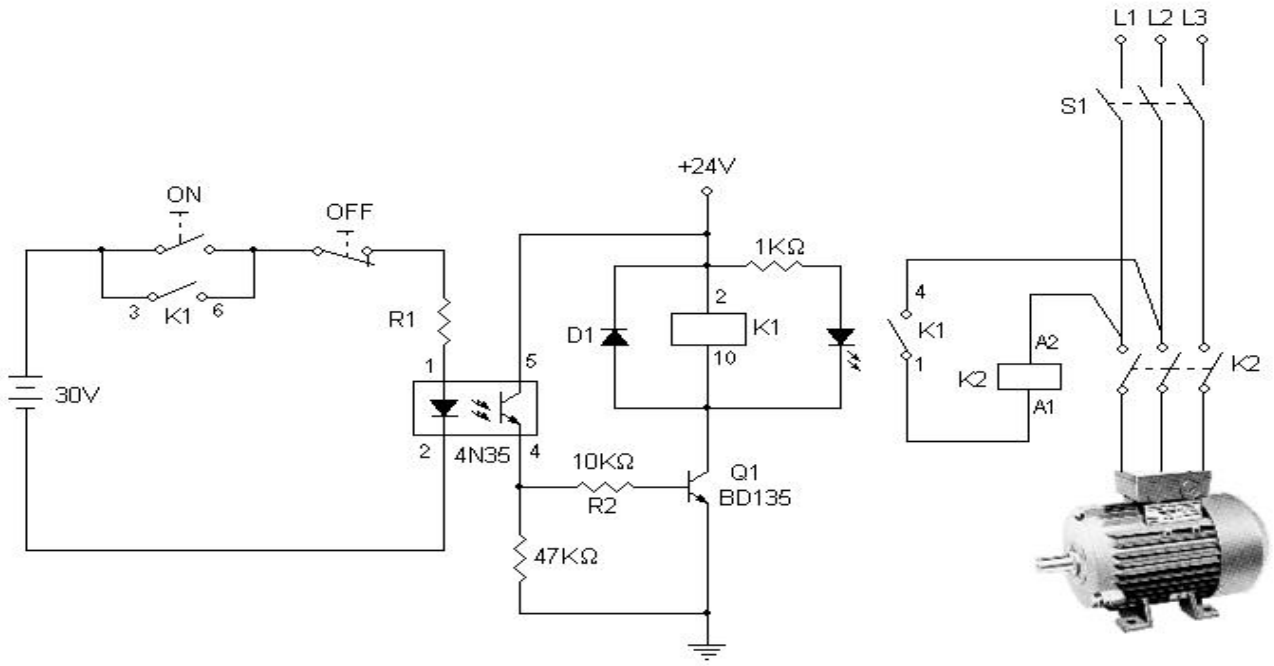
a.-La máxima corriente que puede soportar el diodo LED del emisor es :_____. Respuesta : 100mA

b.- El voltaje inverso que puede soportar el diodo LED del emisor : _____. Rpta :

c.- El máximo voltaje que puede aplicarse entre Colector y Emisor es : _____ Respuesta :

d.- Cuando el LED está polarizado directamente, su voltaje VF es :_____ Respuesta :

e.- En el siguiente circuito:



a.-Calcular el valor de la resistencia R1 si se emplea un aislador óptico 4N35, encapsulado blanco.

Sugerencia; considerare IF igual al 50% de la IF máxima.

b.- Que sucede en el circuito si la resistencia R2 estuviera en circuito abierto?

c.- Qué sucede en el circuito si el transistor Q1 estuviera cortocircuitado entre Colector y Emisor?

d.- Qué pasaría en el circuito si el diodo D1, accidentalmente se conectara invertido?

2.- EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL.

1.- Haciendo uso del datasheet del circuito integrado LM741A, complete los siguientes parámetros :

a.- La entrada inversora es el pin N° _____ Rpta : Pin N° 2

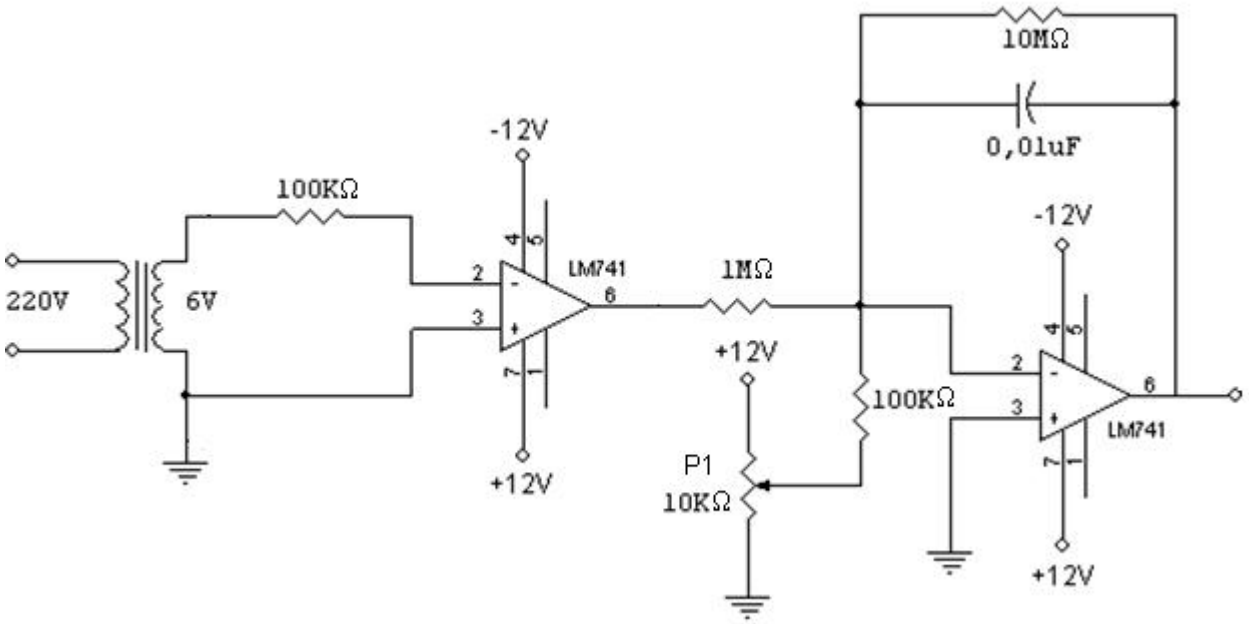
b.- El terminal de salida es el pin N° _____ Rpta.

c.- La máxima tensión de alimentación que puede soportar es : _____ Rpta :

d.- La entrada positiva es el pin N° _____ Rpta:

e.- Si la tensión de alimentación es de ± 20V y su RL es ≥ 10K, la oscilación del voltaje de salida es de _____ Rpta :

3.- En el siguiente circuito.



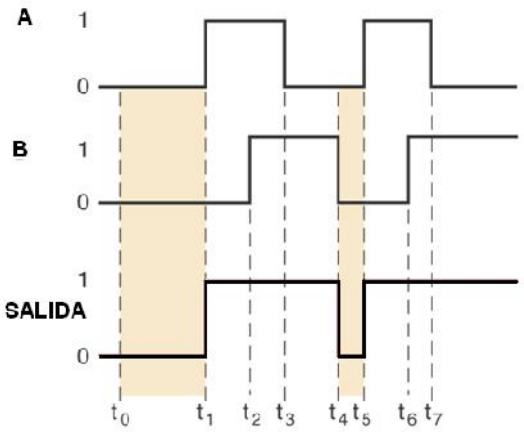
a.- Qué sucede si reemplazamos el potenciómetro P1 de 10 KΩ por otro de 100KΩ?

b.- Qué sucede si el potenciómetro de P1 10KΩ se conecta a una fuente de tensión de

-12Voltios en lugar de +12 Voltios?

3.- COMPUERTAS LÓGICAS.

1.- Indicar a qué compuerta lógica corresponde el siguiente diagrama de formas de onda:



BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1.- Título: INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE CIRCUITOS
Autor : Robert L. BOYLESTAD
Editorial : PEARSON - PRENTICE HALL.

2.- Título: INTRODUCTION TO ELECTRICITY AND ELECTRONICS
Autor : Allen MOTTERSHEAD
Editorial : JOHN WILEY & SONS.

3.- Título: QUIK-LAB II FOR BASIC ELECTRONICS
Autor : Albert Paul MALVINO
Joanna Mary MALVINO
Editorial : MALVINO Inc. PUBLISHING

4.- Título: BASIC CIRCUITS ANALYSIS FOR ELECTRONICS
USING ELECTRONICS WORKBENCH
Autor : Lorne Mac DONALD
Editorial : TECHNICAL EDUCATION PRESS

5.- Título: INTRODUCTION TO ELECTRIC CIRCUITS
Autor : Herbert W. JACKSON
Editorial : PRENTICE HALL

6.- Título: ENGINEERING CIRCUIT ANALYSIS
Autor : HAYT AND KEMMERLY
Editorial : Mc GRAW-HILL

7.- Título: ENGINEER'S MINI-NOTEBOOK
Autor : Forrest M. MIMS III
Editorial : RADIO SHACK

8.- Título: DISPOSITIVOS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS
Autor : J. GARCIA V. y J.GARCIA V.
Editorial : C.I.E.I.

9.- Título: MANUALES DE USUARIO
Osciloscopio de almacenamiento digital TEKTRONIX TDS1000
Pinza digital amperimétrica FLUKE 337
Multímetro digital SANWA CD771

10.- www.alldatasheet.com
www.irf.com
www.icmaster.com
www.prenhall.com
www.electronicsworkbench.com