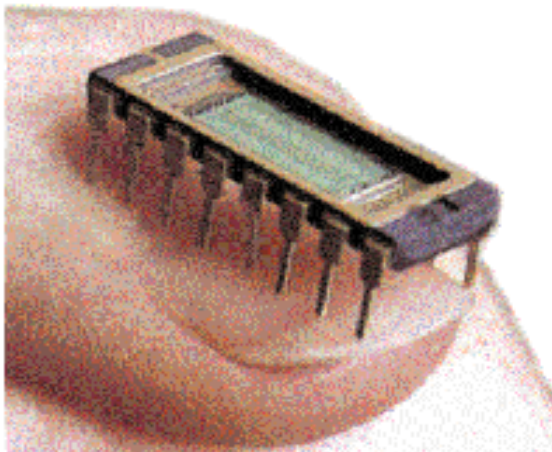




# Enseñando con multiSIM



**Dr. Julio R. García Villarreal**  
San José State University  
San José, California - EE.UU.

**Prof. Jorge R. García Villarreal**  
SENATI - PERÚ

**Prof. Juan R. García Villarreal**  
CIEIN SRL - PERÚ

## ÍNDICE

	Página
Introducción	3
Partes principales del MultiSim.	5
Apertura y cierre de los casilleros.	7
Ubicación de los componentes en el área de trabajo.	8
Eliminar componentes del área de trabajo.	9
Girar (rotar) componentes.	9
Volteado vertical y horizontal del componente.	10
Desplazamiento de componentes dentro del área de trabajo.	11
Alambrado del circuito.	12
Eliminar conexiones del circuito.	13
Enderezar los cables.	13
Etiqueta y valor de los componentes.	14
Ejemplo de dibujo de un circuito.	15
Componentes virtuales.	17
Cambio de los valores virtuales.	18
El Multitester.	19
Amperímetro.	19
Voltímetro.	20
Ohmímetro.	20
Conexión y desconexión del Multitester.	21
El Generador de Funciones.	24
El Osciloscopio.	25
El Amplificador Operacional.	27
El Transistor BJT.	31
Circuitos Digitales TTL.	36
Conexión de Compuertas Digitales y Analógicas.	37
Enseñando con el MultiSim.	38
Resistencias en serie.	39
BJT con polarización tipo H.	41
Compuertas Lógicas.	45

© 2001, Julio R. García. El autor invita a los profesores a descargar gratuitamente el presente texto de la página web para su uso profesional. Sin embargo, este texto no puede usarse para la venta de manera parcial o total; en formato impreso o electrónico, sin el permiso escrito del autor principal: Julio R. García.

© 2001, Julio R. García. The author invites instructors to download this text from the website free of charge for their professional use. However, this text is not to be sold in whole or in part or extensively quoted in print or in electronic form without the express written permission of the chief author: Julio R. García.

## INTRODUCCIÓN

Es para nosotros un gran placer el escribir este manual sobre el uso del Multisim. Nuestra motivación fue el de preparar a nuestros compatriotas en el uso y aplicaciones de este software que es muy empleado en el diseño de circuitos y sistemas electrónicos.

Este programa se ha venido utilizando en la enseñanza de la electrónica en la Universidad de San José State en el estado de California, EE.UU. así como en la Universidad Nacional de Educación «Enrique Guzmán y Valle», Lima - Perú. Con este programa los alumnos aprenden rápidamente los conceptos fundamentales de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, circuitos digitales, sistemas de control, etc. El software Multisim es la versión 6 de «Electronics Workbench».

Creemos firmemente que este programa puede aliviar en algo el gasto de un laboratorio electrónico. Multisim contiene prácticamente todos los componentes, dispositivos e instrumentos de mayor uso en la especialidad. Otra ventaja es que los alumnos pueden cambiar los valores de los componentes con un solo clic del mouse. Los estudiantes no tienen que preocuparse de que pueden herirse si un condensador explota por exceso de voltaje aplicado. Los estudiantes pueden simular averías. Los profesores de electrónica pueden introducir fallas para que los alumnos adquieran habilidades de análisis y reparación.

Nosotros continuaremos expandiendo este manual y trataremos de mantenerlo actualizado. Creemos firmemente que preparando a nuestros estudiantes, los futuros trabajadores del mañana, podrán competir globalmente.

Agradecemos la gentileza de Joe Koenig, presidente de «Electronics Workbench», por las facilidades proporcionadas en el desarrollo de este manual.

Cualquier sugerencia para mejorar este manual será muy apreciada.

Julio R. García Villarreal  
Jorge R. García Villarreal  
Juan R. García Villarreal

# multiSIM

Electronics  
Workbench®



El deterioro de los componentes, el acceso limitado al instrumental y la posibilidad de accidentes; son comunes en un laboratorio real.

Multisim además de eliminar estos inconvenientes, proporciona una herramienta poderosa de cómputo, muy versátil y menos complicada en su empleo.

Inicialmente, el Instituto Berkeley de los Estados Unidos, desarrolló el programa SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis = Programa de Simulación con Énfasis en Circuitos Integrados) que es un conjunto de algoritmos matemáticos para la simulación del análisis y diseño de circuitos analógicos (circuitos con resistencias, condensadores, bobinas, baterías y otros componentes más).

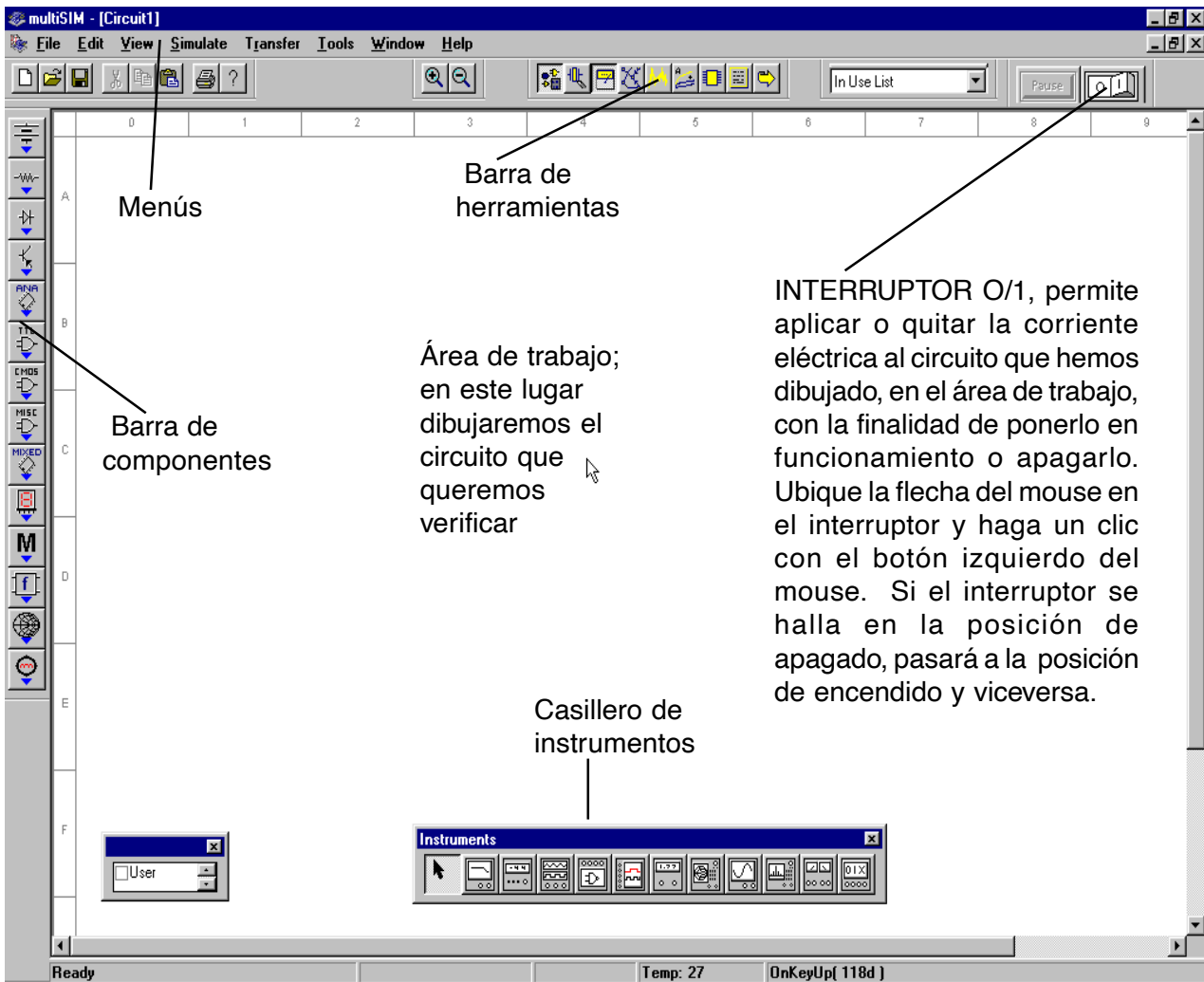
Introduciendo mejoras a los algoritmos del SPICE, la empresa canadiense Interactive Image Technologies Ltd., desarrolla los programas Electronics Workbench y últimamente la versión Multisim; con capacidad gráfica e interactiva para construir y verificar circuitos analógicos (y/o) digitales.

El Multisim, es un programa que simula todos los componentes e instrumentos necesarios para analizar, diseñar y verificar circuitos en remplazo de los componentes e instrumentos reales.

El circuito ensamblado y verificado con el Multisim, se puede enviar a un programa llamado Ultiboard, también de la empresa Electronics Workbench, que se encarga de desarrollar el dibujo para el circuito impreso con lo que el proyecto quedaría completo.

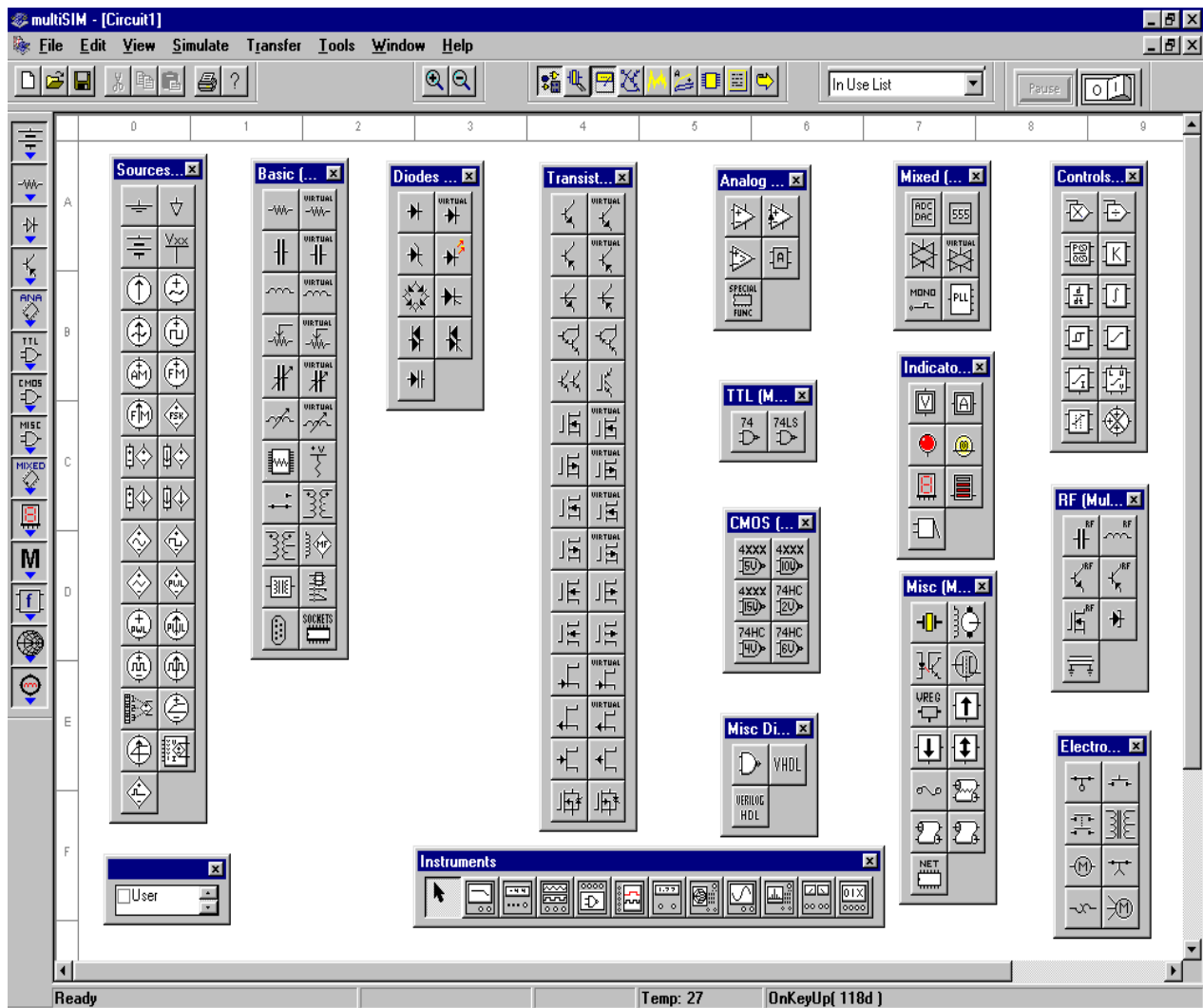
## Partes principales del multiSIM

Cada vez que Usted activa el ícono de multiSIM , aparece una página en blanco con la disposición siguiente:



La barra de componentes posee una serie de casilleros que se muestran desplegados en la página siguiente y son:

1. (Sources). Casillero de fuentes de alimentación.
2. (Basic). Casillero de componentes básicos.
3. (Diodes). Casillero de diodos.
4. (Transistors). Casillero de transistores.
5. (Analog). Casillero de circuitos integrados analógicos.
6. (TTL). Casillero de circuitos integrados digitales TTL.
7. (CMOS). Casillero de circuitos integrados digitales CMOS.
8. (Misc. Digital). Casillero Digital.
9. (Mixed). Casillero Mixto (ADC\_DAC, 555, PLL, etc.)
10. (Indicators). Casillero de indicadores.
11. (Misc). Casillero de miscelánea (TIL, VHDL, VERILOG\_HDL).
12. (Controls). Casillero de circuitos integrados de control.
13. (RF). Casillero de componentes para alta frecuencia.
14. (Electro\_Mechanical). Casillero de dispositivos electromecánicos.
15. (Instrument). Casillero de instrumentos.

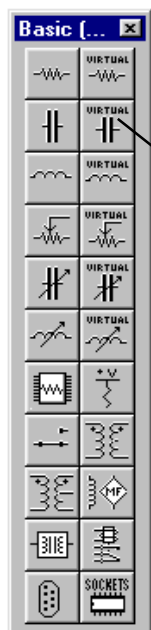


En el casillero de fuentes (Sources); empezando por el lado superior izquierdo, encontramos el símbolo de tierra, GND o punto común seguido por el símbolo de la batería y otros más.

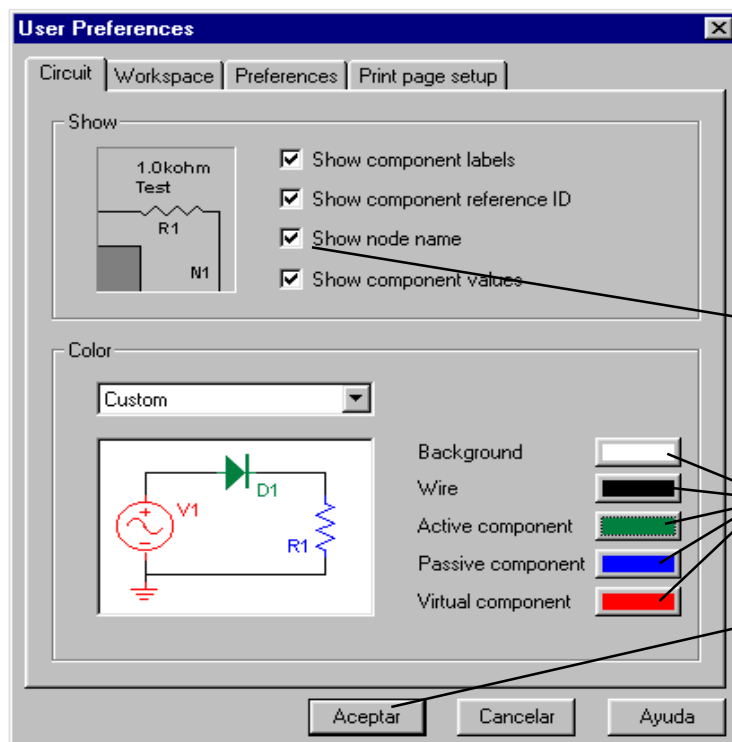
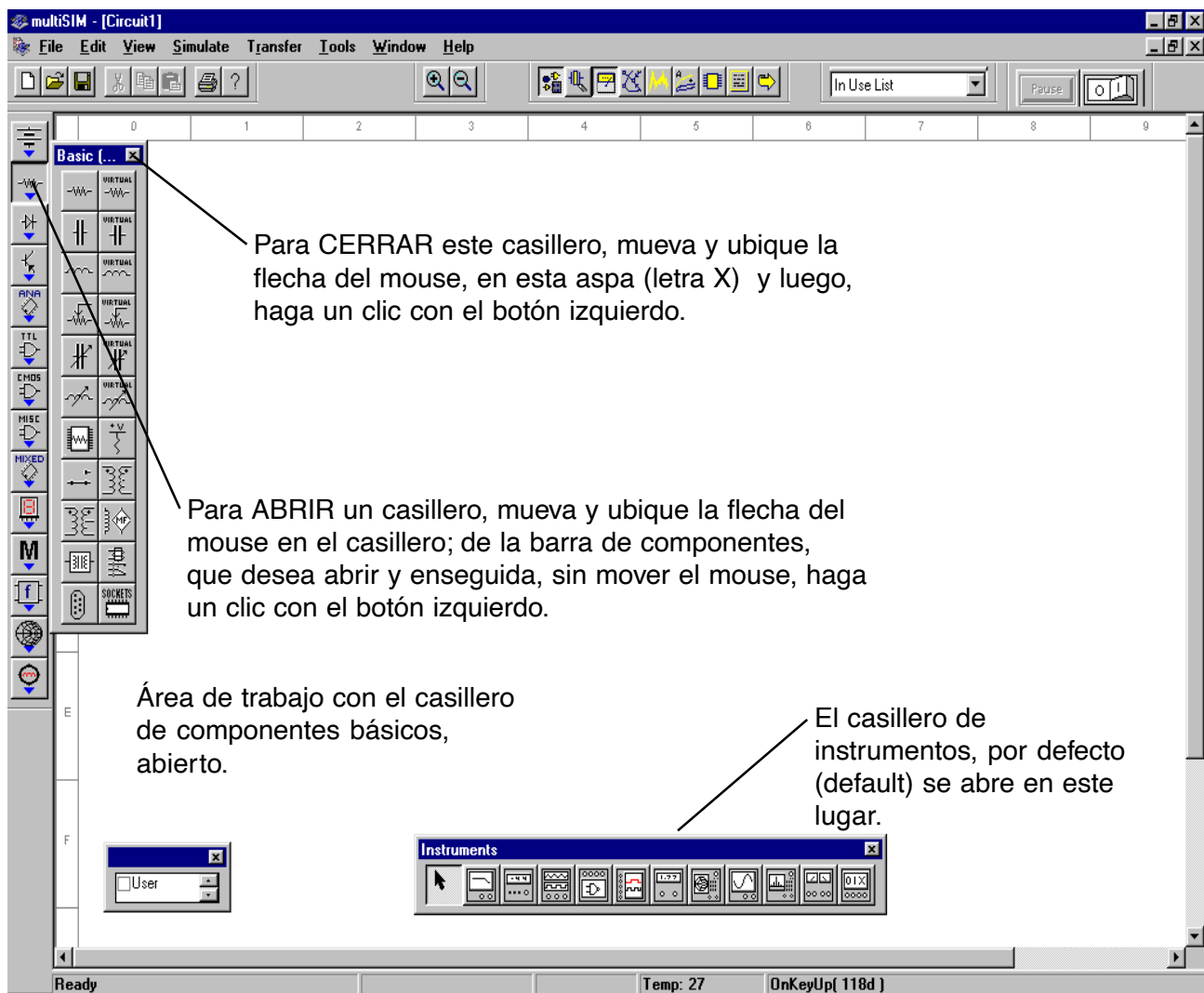
En el casillero de componentes básicos (Basic), observamos el símbolo de la resistencia, condensador, bobina, transformador y otros símbolos más. Note el término VIRTUAL que aparece en la columna de la derecha, en los símbolos de la resistencia, condensador, bobina y otros más, a diferencia de los mismos símbolos de la columna izquierda y que no contienen dicho término.

Cuando se selecciona una resistencia; por ejemplo de la columna de la izquierda que no contiene el término VIRTUAL, aparece una pantalla adicional con todos los valores comerciales de dicho componente y que nosotros debemos de seleccionar de acuerdo al requerimiento del circuito diseñado.

En caso de necesitar componentes con valores no comerciales, se deberá de seleccionar el símbolo del componente pero que contenga el término VIRTUAL, con la finalidad de poder colocarle el valor que querramos. El término VIRTUAL, también lo encontrará en otros componentes y dispositivos como los diodos, transistores BJT, etc.



## Apertura y cierre de los casilleros



## Nodos y Colores

El punto de unión de dos o más componentes se denomina nodo, que son numerados por el Multisim para efectos de análisis. Por ahora; convendría desactivar esta función eliminando la marca de esta ventanilla, para que el circuito no se llene de números.

El color de los componentes se puede cambiar haciendo clic en estas ventanillas. Para finalizar, haga un clic con el botón izquierdo del mouse aquí.

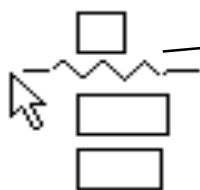
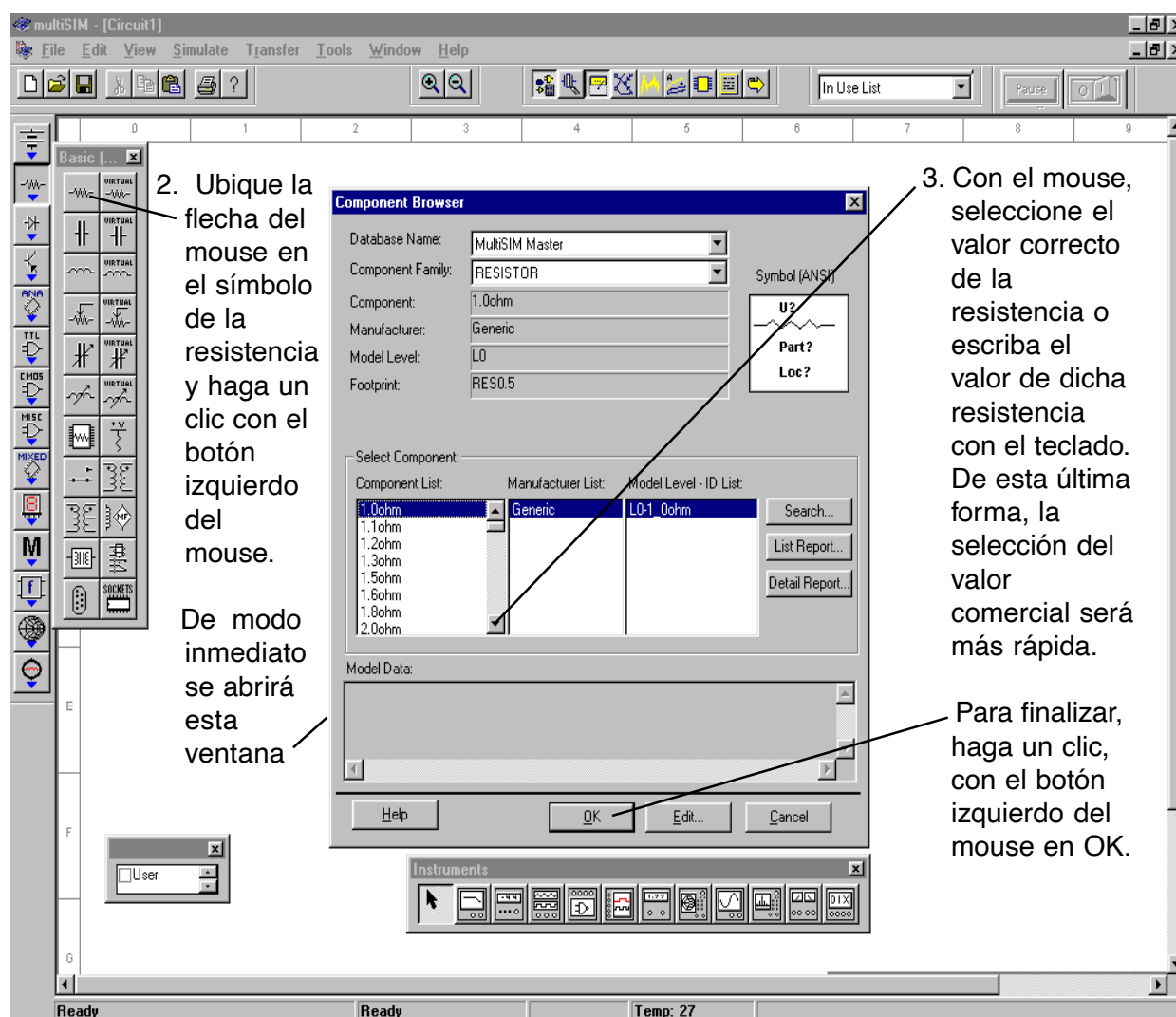
Para acceder a esta ventana, debe de hacer un clic con el mouse en el menú Edit y luego seleccionar User Preferences.

**NOTA:** Con la finalidad de lograr que los dibujos sean lo más nítido posible, hemos seleccionado el color negro para todos los componentes, el alambrado y los valores junto con sus etiquetas.

## Ubicación de los componentes en el área de trabajo

Para la explicación, vamos a emplear el casillero de componentes básicos; sin embargo, este procedimiento es válido para componentes de cualquier casillero.

1. Abra el casillero de componentes básicos.



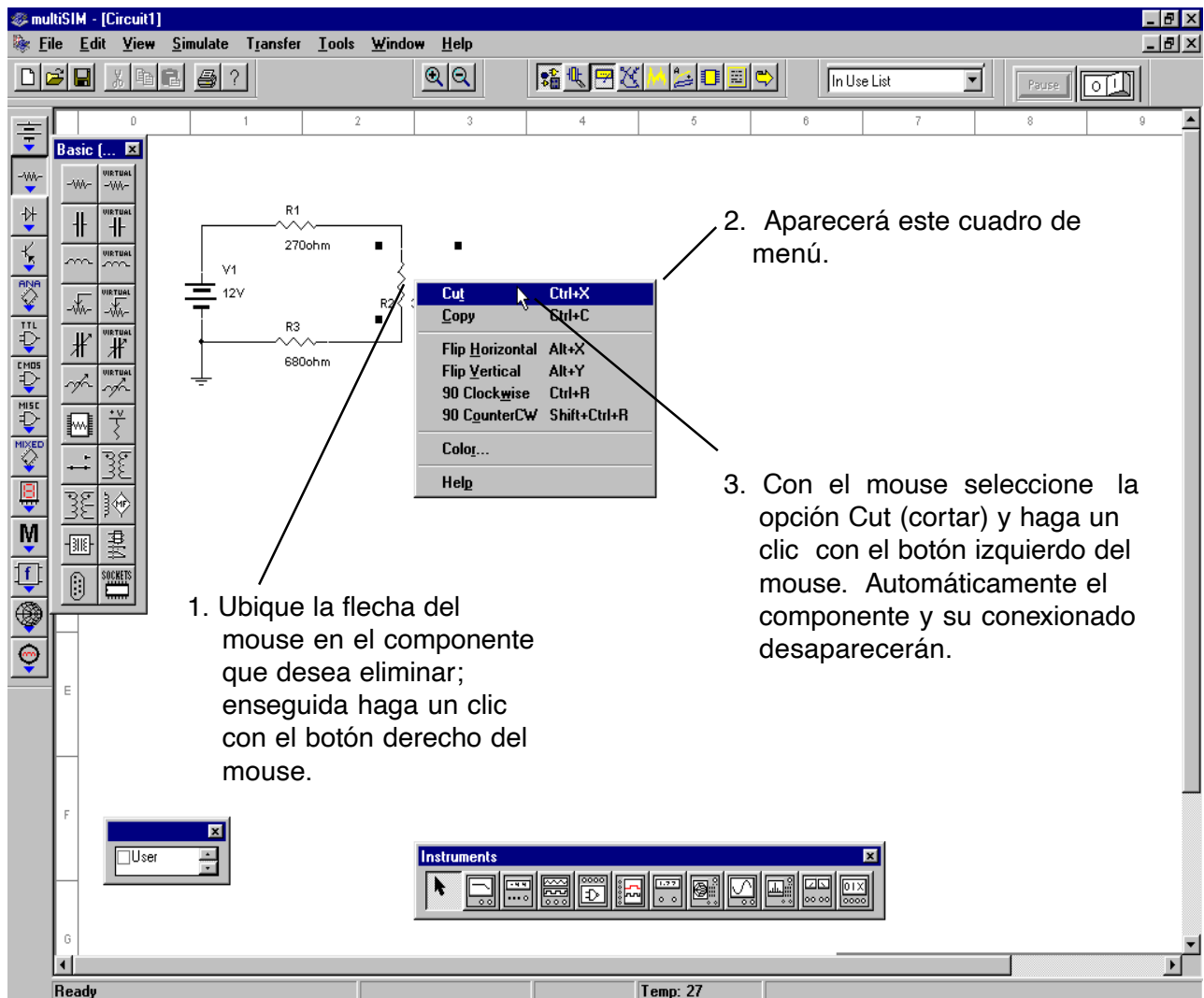
4. La ventana de Component Browser se cierra y aparece el fantasma de una resistencia. Simplemente, mueva el mouse y arrastre el símbolo de la resistencia hasta un lugar adecuado dentro del área de trabajo; enseguida, haga un clic con el botón izquierdo del mouse. En estos momentos, la resistencia junto con sus etiquetas se aclararán y quedará fijada en el lugar que Usted ha seleccionado.



- En algunos componentes (fuentes de tensión, intensidad, instrumentos y otros), cuando Usted hace clic sobre el símbolo, rápidamente aparece su imagen fantasma. En este caso; mueva el mouse y arrastre el componente hasta un lugar adecuado dentro del área de trabajo; enseguida haga un clic con el botón izquierdo del mouse para fijar el componente.

## Eliminar componentes del área de trabajo

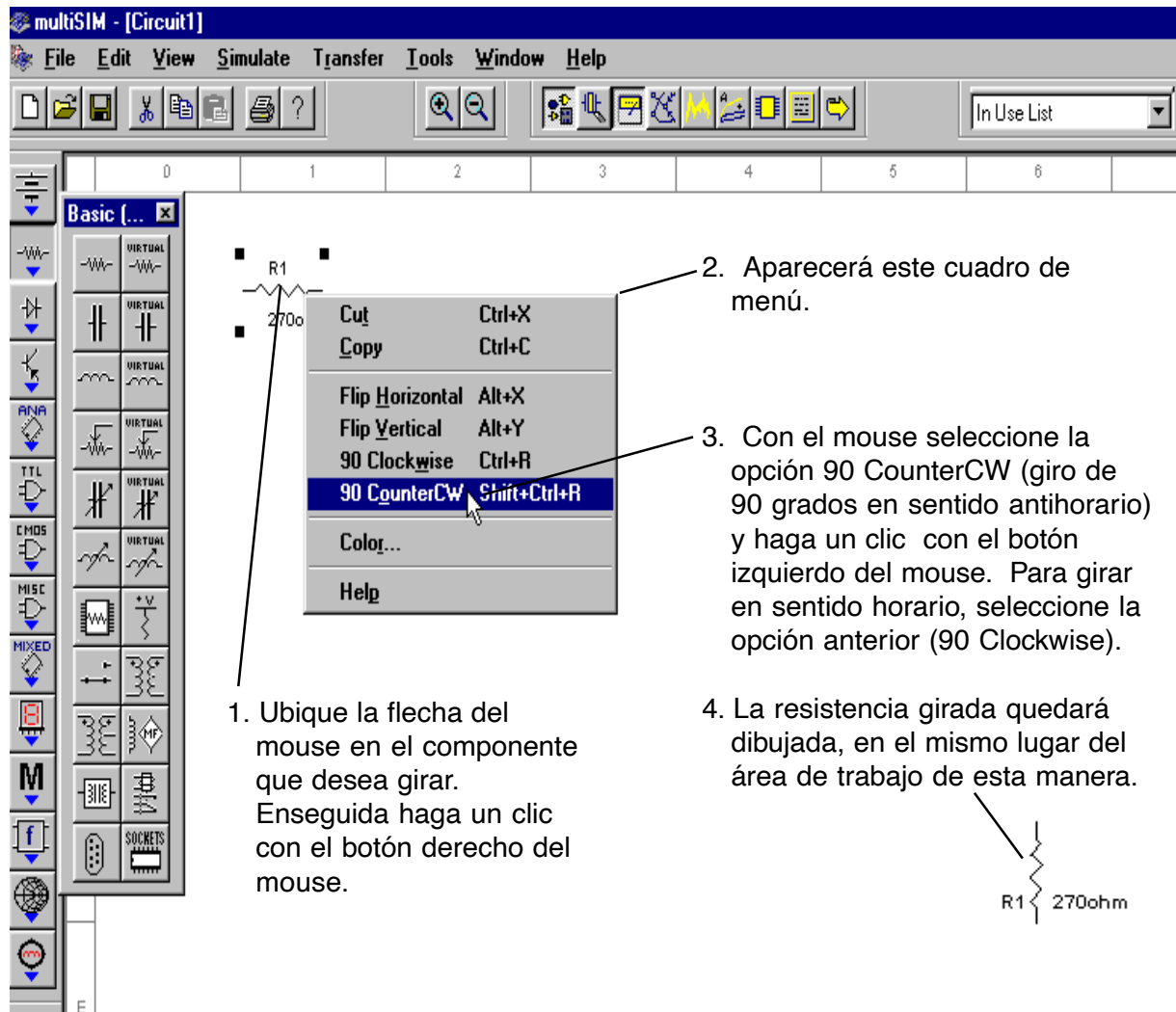
Para eliminar o borrar algún componente del área de trabajo, proceda así:



## Girar (rotar) componentes

El giro o rotación de un componente, involucra un movimiento de 90 grados en el sentido de las agujas del reloj (90 Clockwise); esto es: de izquierda a derecha del componente seleccionado. El movimiento también puede ser de 90 grados en el sentido contrario a las agujas del reloj (90 CounterCW); es decir, de derecha a izquierda.

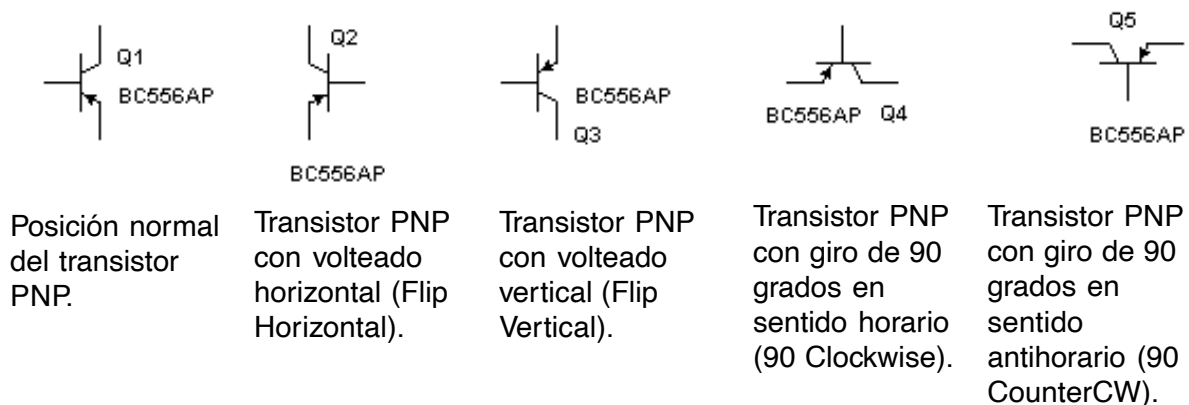
Para visualizar lo dicho, coloquemos una resistencia en el área de trabajo para hacer la práctica de giro.



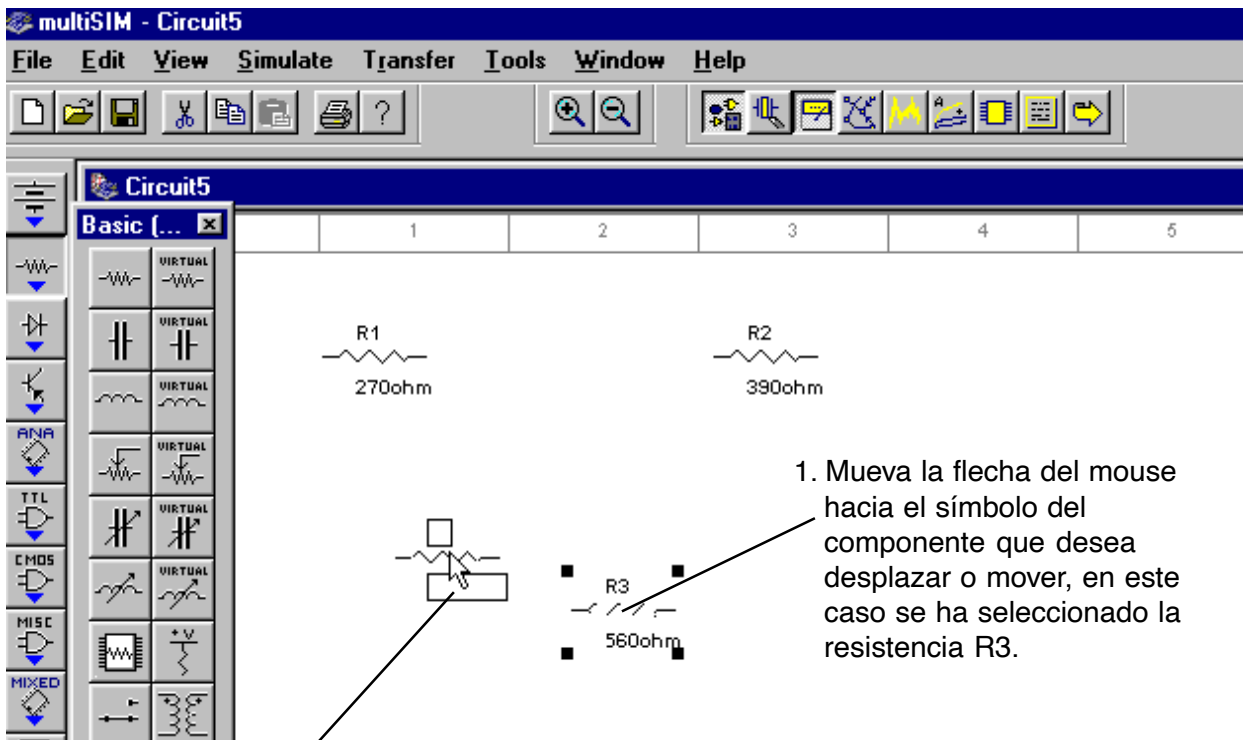
## Volteado vertical y horizontal del componente

Para el volteado vertical u horizontal, se procede de manera similar que el giro o rotación del componente pero; en este caso se debe de seleccionar la opción de Flip Vertical (volteado vertical) o Flip horizontal (volteado horizontal).

Para apreciar la diferencia entre el giro o rotación y el volteado, emplearemos el símbolo del transistor, en el ejemplo siguiente:

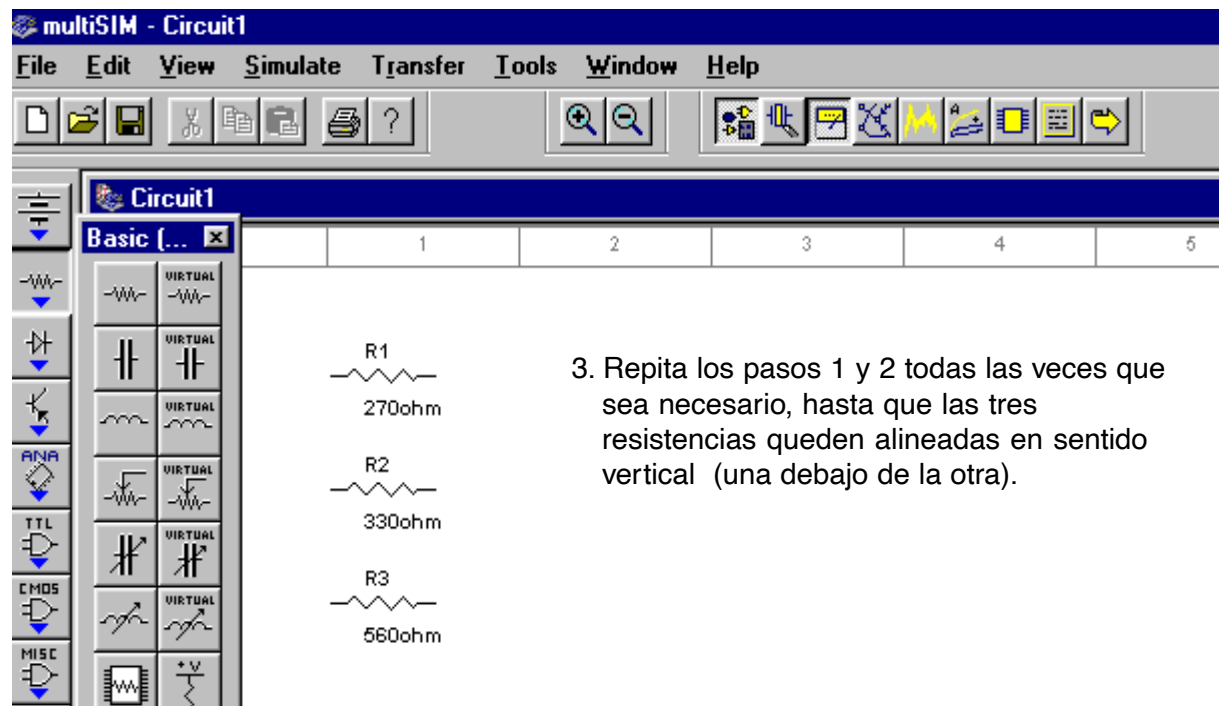


## Desplazamiento de componentes dentro del área de trabajo



1. Mueva la flecha del mouse hacia el símbolo del componente que desea desplazar o mover, en este caso se ha seleccionado la resistencia R3.

2. Pulse el botón izquierdo del mouse y sin soltarlo, mueva el mouse (observe que el fantasma del componente también se mueve) hasta el lugar, dentro del área de trabajo, en donde desea colocarlo. Enseguida, suelte el botón del mouse para que el componente quede fijado.

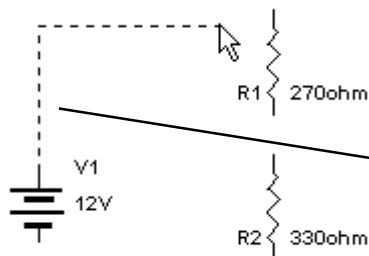
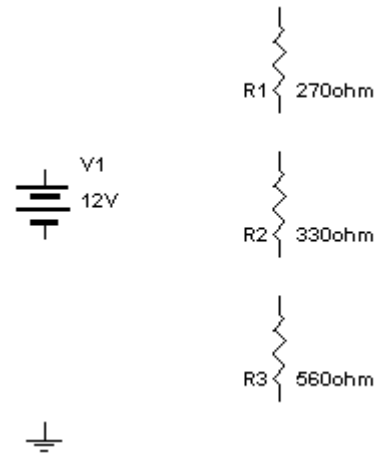


3. Repita los pasos 1 y 2 todas las veces que sea necesario, hasta que las tres resistencias queden alineadas en sentido vertical (una debajo de la otra).

## Alambrado del circuito

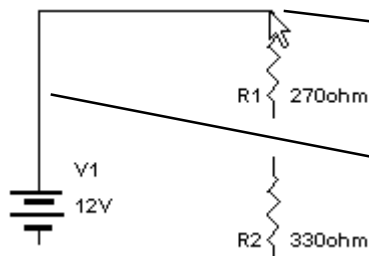
Para esta ocasión, ubique una batería (extráigala del casillero de fuentes) y tres resistencias (del casillero de componentes básicos) en el área de trabajo. Gire las resistencias (se recomienda el giro en sentido antihorario) y desplace los componentes hasta que el circuito quede como se muestra en el dibujo de la derecha.

Ahora, alambraremos o conectaremos el polo positivo de la batería con el extremo superior de una de las resistencias, del modo siguiente:



1. Mueva la flecha del mouse a un extremo del componente que desea conectar hasta que aparezca un pequeño círculo oscuro con una aspa.

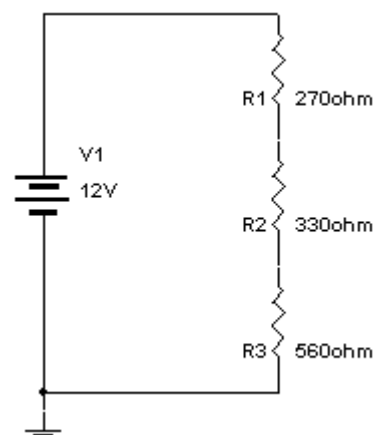
2. Haga un clic con el botón izquierdo del mouse; luego, arrastre el mouse hasta que aparezca una línea punteada que representa al cable de conexión.



3. Continúe arrastrando el mouse hacia el terminal de otro componente; con el que se desea conectar; hasta que aparezca un círculo oscuro con una aspa.

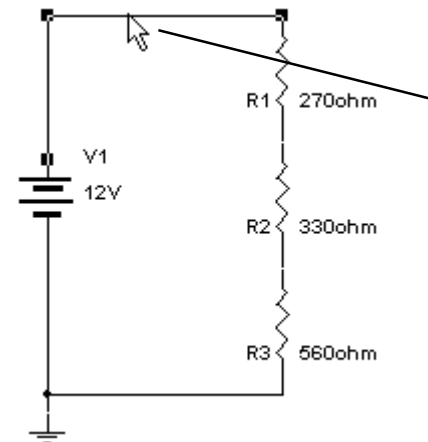
4. Haga un clic con el botón izquierdo del mouse y el cable se alineará automáticamente.

Repita los pasos anteriores para unir los demás componentes hasta que el circuito quede de este modo:



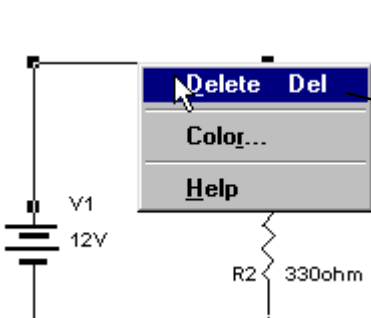
## Eliminar conexiones del circuito

Desconecte el circuito de la práctica de alambrado repitiendo los pasos siguientes:



1. Mueva la flecha del mouse a alguna parte del alambre de conexión que se desea desconectar y luego haga un clic con el botón izquierdo del mouse. En todo el recorrido del alambre seleccionado aparecerán pequeños rectángulos oscuros.

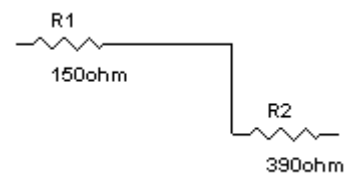
2. Aquí tiene dos opciones: la primera opción es pulsar la tecla Del o Supr del teclado.



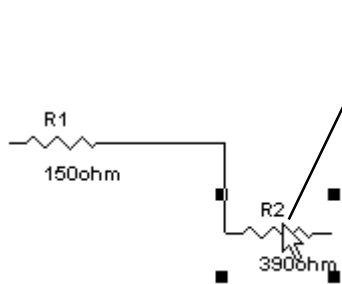
3. La segunda opción consiste en hacer un clic con el botón derecho del mouse para que se abra una pequeña ventana; enseguida, con el mouse seleccione la opción Delete Del y haga un clic con el botón izquierdo del mouse.

## Enderezar los cables

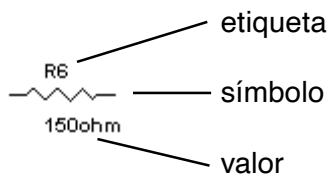
El cableado irregular o desalineado, mayormente es causado porque el componente se encuentra fuera de la línea de trazado. Para solucionar este problema, proceda de la manera siguiente:



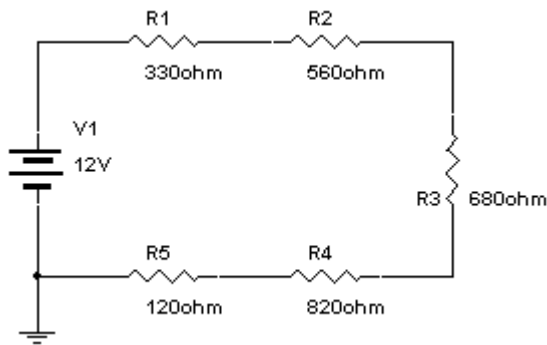
1. Mueva la flecha del mouse en dirección al cuerpo del componente que desea alinear y haga un clic con el botón izquierdo del mouse (hemos seleccionado la resistencia R2).
2. De inmediato, el componente seleccionado será rodeado por cuatro pequeños rectángulos oscuros.
3. Presione las teclas de cursor para corregir el cableado. En el caso del ejemplo, es necesario pulsar la tecla : cursor hacia arriba.



## Etiqueta y valor de los componentes



Cuando seleccionamos un componente y lo colocamos en el área de trabajo, automáticamente el programa Multisim le coloca una etiqueta que es secuencial. Por ejemplo; en el caso de las resistencias, el etiquetado es: R1, R2, R3, etc; para los condensadores es: C1, C2, C3, etc. y lo mismo ocurre con los demás componentes.



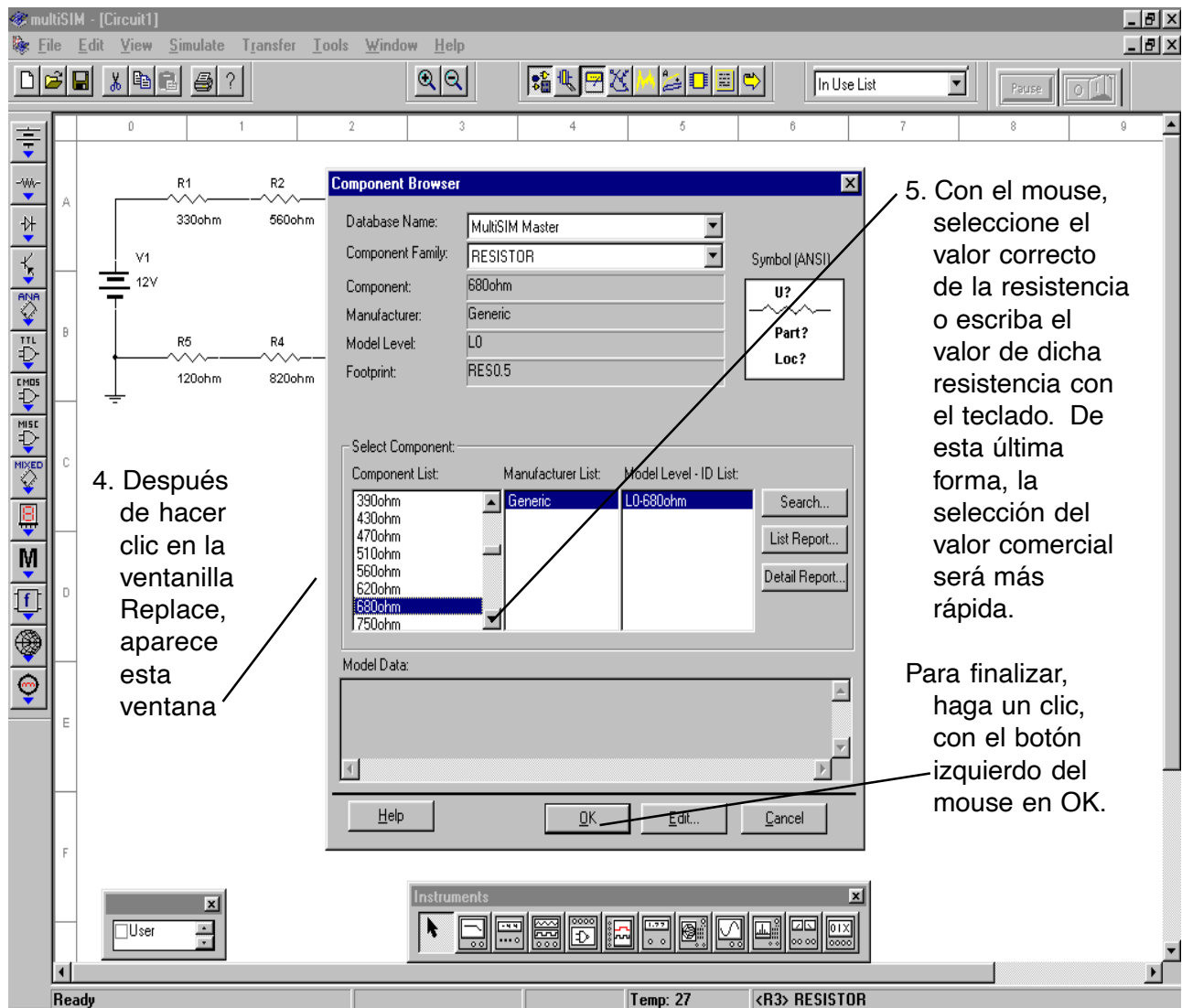
Podemos cambiar el valor del componente pero se recomienda NO variar la etiqueta; por ello es necesario dibujar el circuito de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, como se muestra en el gráfico de la izquierda.

Para cambiar el valor de un componente proceda así:

1. Ubique la flecha del mouse en el componente cuyo valor desea mdificar y haga doble clic con el botón izquierdo.

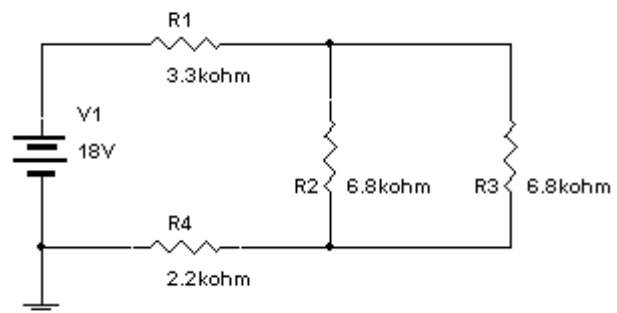
2. El componente será rodeado por cuatro rectángulos oscuros y al mismo tiempo aparece esta ventana.

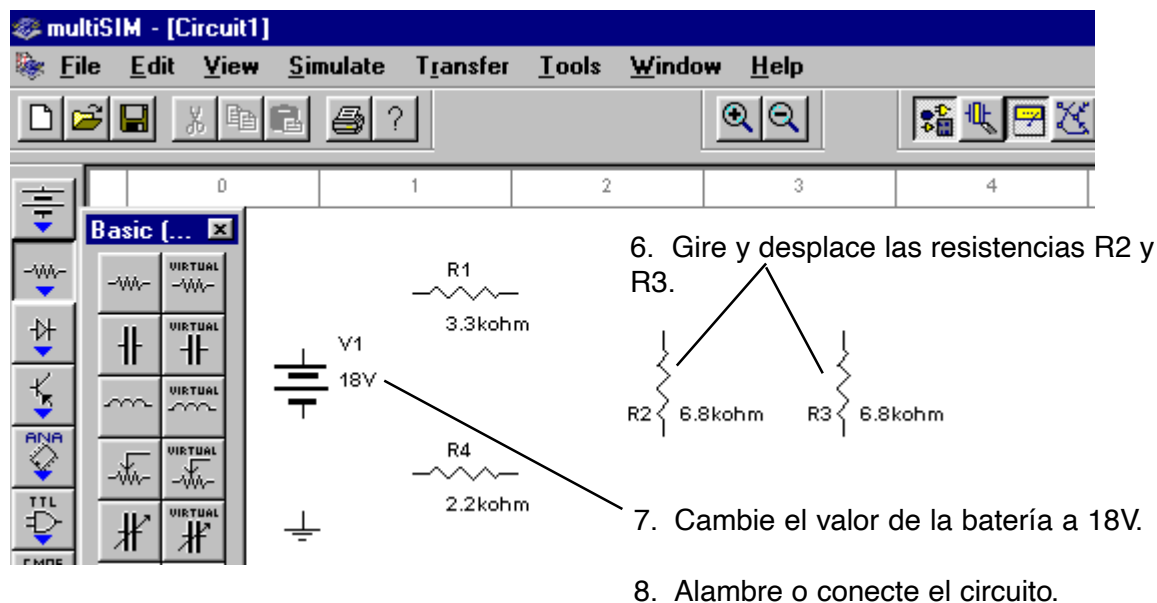
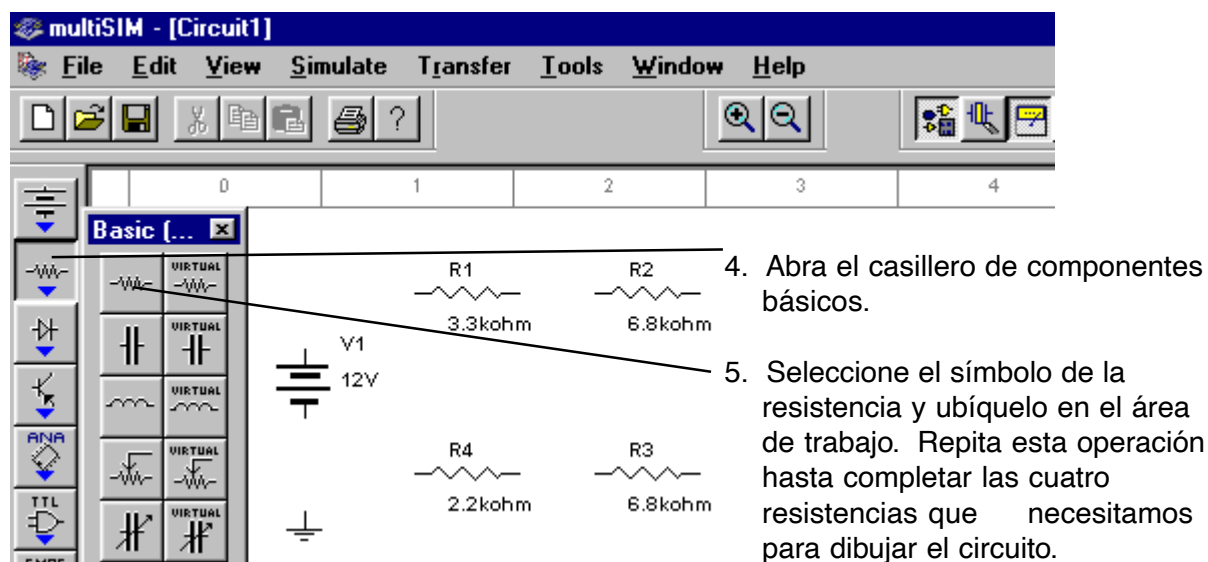
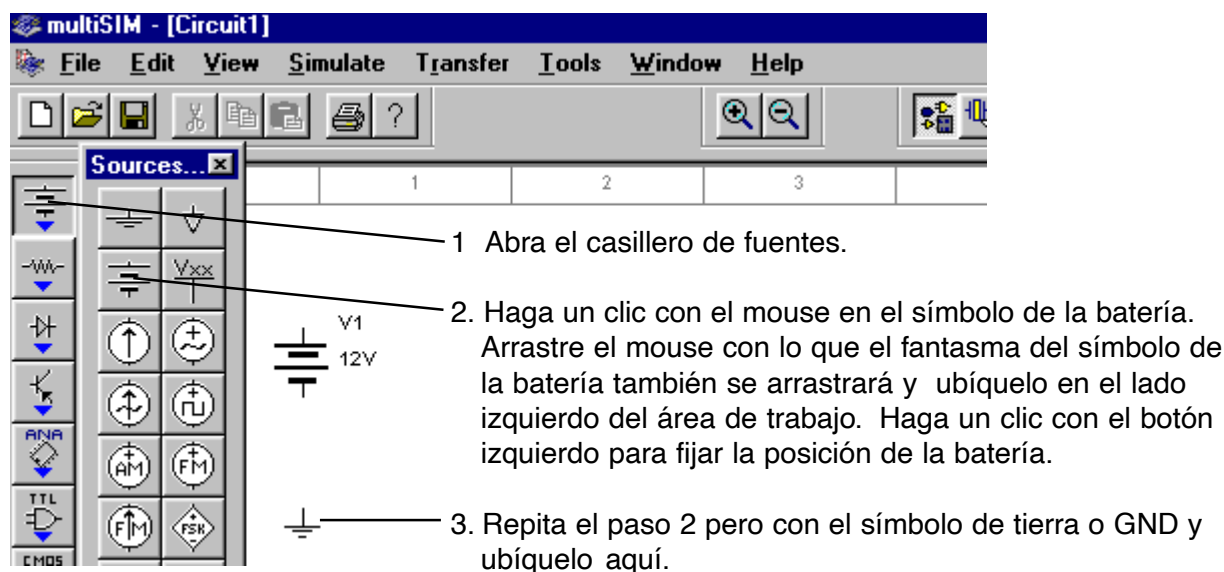
3. Con el botón izquierdo del mouse, haga un clic aquí



## Ejemplo

Vamos a describir la forma de dibujar el circuito serie-paralelo siguiente:

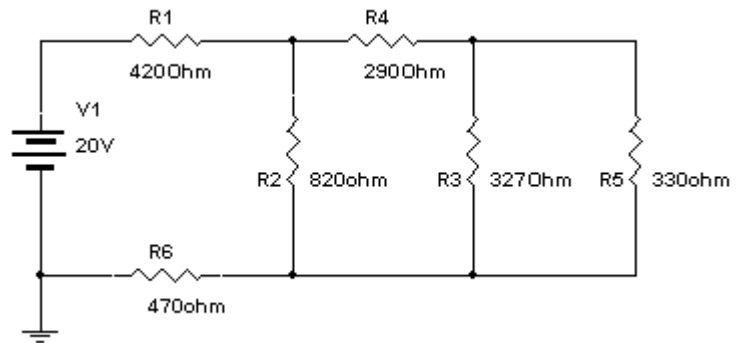






## Componentes virtuales

Se llaman así a aquellos componentes cuyo valor no existe comercialmente; por ejemplo, en el circuito mostrado, las resistencias R1, R3 y R4 son componentes virtuales; en cambio, las resistencias R2, R5 y R6 son componentes reales o comerciales.

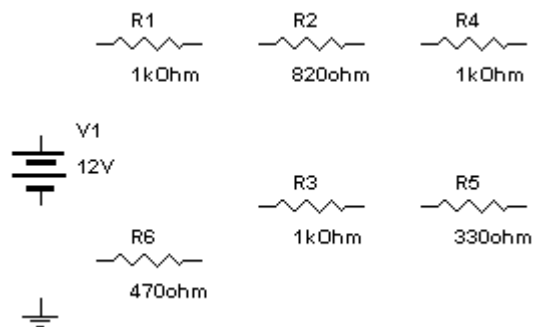
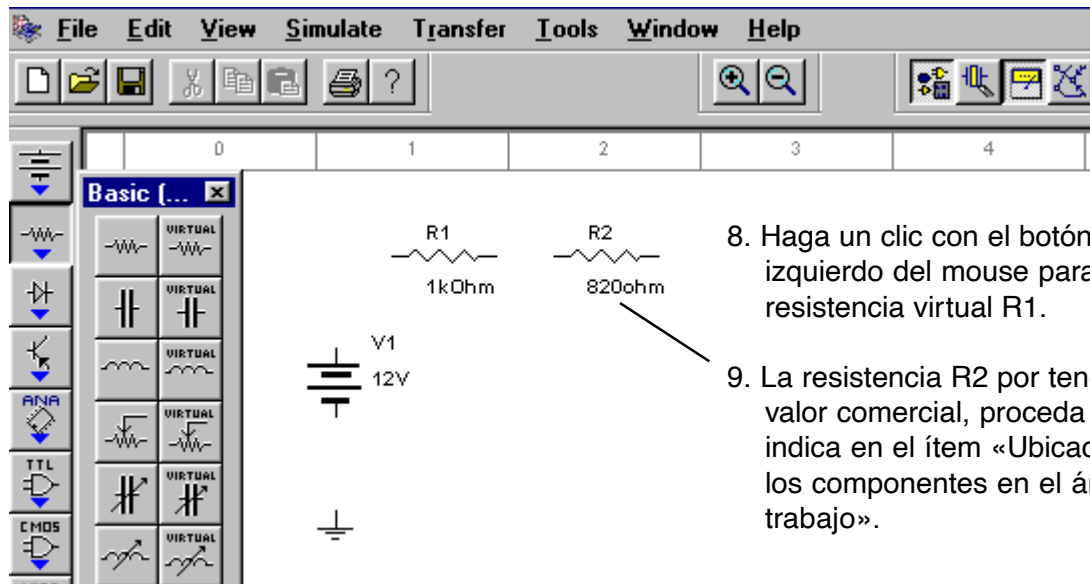


Cabe resaltar que un circuito; para efectos de análisis, puede tener componentes virtuales (y/o) comerciales. pero la secuencia de la etiqueta siempre se mantiene.

Para la práctica de selección y cambio de valor de los componentes virtuales, dibujaremos el circuito mostrado.

1. Abra el casillero de fuentes (Sources).
2. Haga un clic con el botón izquierdo del mouse, en el símbolo de la batería.
3. Aparecerá el fantasma de la batería por ser un componente virtual. Arrastre el mouse, que también arrastrará a dicho fantasma y ubíquelo en el área de trabajo.

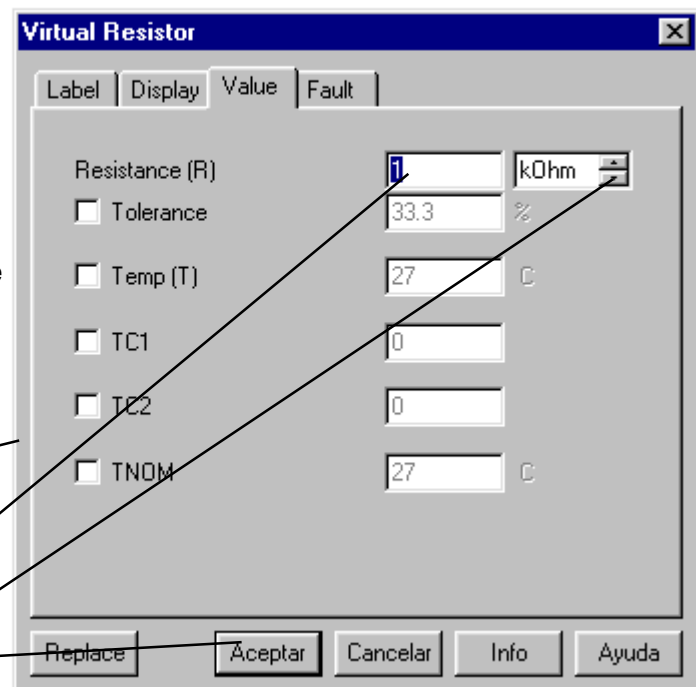
4. Haga un clic con el botón izquierdo del mouse para fijar la batería.
5. Repita los pasos 2, 3 y 4 para el símbolo de GND.
6. Cierre el casillero Sources y abra Basic
7. En vista que R1 es una resistencia virtual, repita los pasos 2, 3 y 4 para el símbolo de la resistencia virtual.



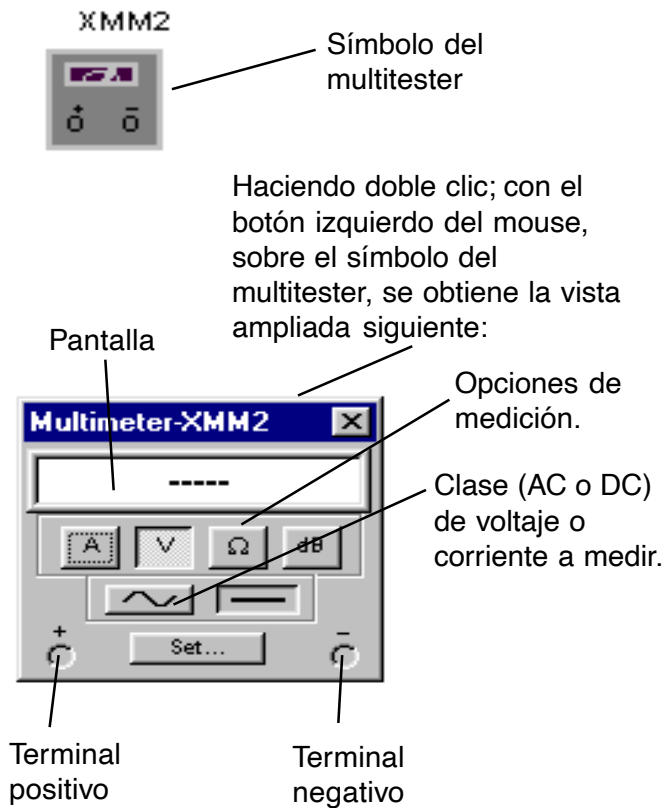
Elija lo necesario de los pasos descritos; para las demás resistencias, tomando en cuenta si ella es virtual o no. Observe que el valor de la batería es de 12V mientras que, el valor de las resistencias virtuales es de 1kOhm; pero, no se preocupe porque enseguida le indicaremos cómo hacer para colocarles su valor verdadero.

## Cambio de los valores virtuales

1. Señale con el mouse el componente cuyo valor se va a modificar.
2. Haga doble clic con el botón izquierdo del mouse,
3. El componente se verá rodeado con cuatro rectángulos oscuros y aparecerá esta ventana.
4. Escriba aquí el valor (420 en este caso) verdadero de la resistencia.
5. Seleccione aquí la unidad de medida (en este caso son ohmios).
6. Con el mouse, haga clic aquí.



## El Multitester



El Multisim posee un promedio de once instrumentos; pero en esta oportunidad vamos a describir el más popular de ellos que es el multitester.

El multitester es del tipo digital con capacidad para medir voltajes de corriente continua (DC o CC) o corriente alterna (CA o AC), intensidades de corriente continua y corriente alterna así como la pérdida en decibelios (dB) entre dos puntos de un circuito.

El multitester es de autorango; es decir, no se requiere especificar el rango de medición.

## Opciones de medición del Multitester

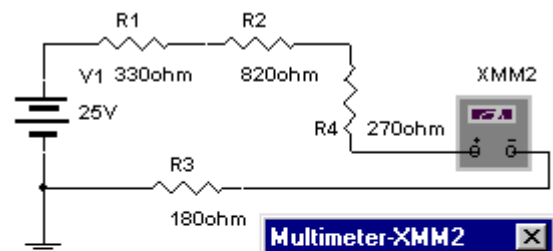
### A: Amperímetro

Esta opción mide la intensidad de la corriente que circula en un punto o nodo del circuito.

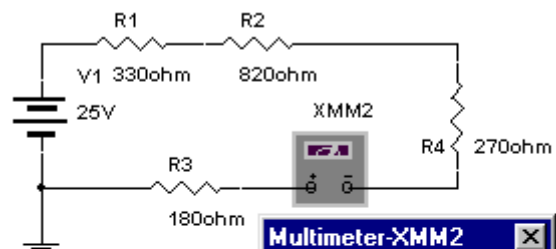
El amperímetro debe de conectarse en serie, en el punto del circuito que se desea medir.

Tenga cuidado con la polaridad del instrumento.

Recuerde que la corriente eléctrica circula del lado positivo hacia el lado negativo de la batería.

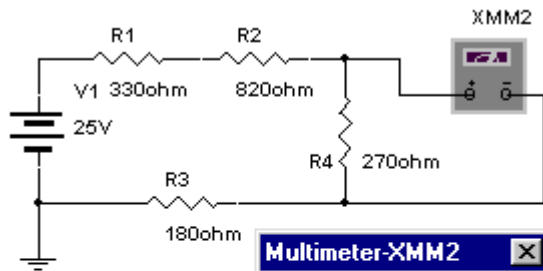


El amperímetro **SÍ** está conectado correctamente porque el valor medido es **POSITIVO**.

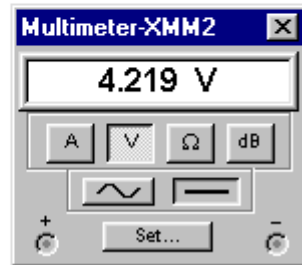


El amperímetro **NO** está conectado correctamente porque el valor medido es **NEGATIVO**.





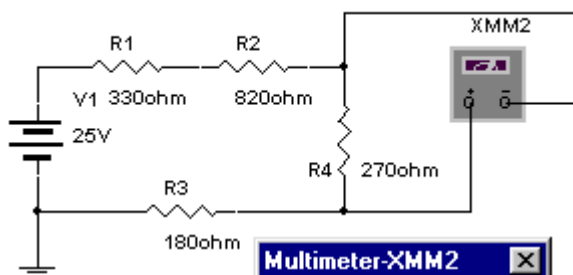
El voltímetro **SÍ** está conectado correctamente porque el valor medido es **POSITIVO**.



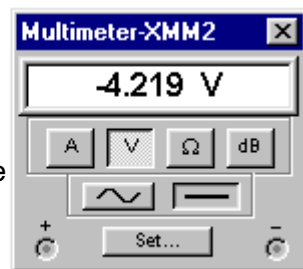
## V: Voltímetro

En esta posición, el multitester mide el voltaje existente entre dos puntos del circuito.

El voltímetro debe de conectarse en paralelo con el elemento en que se desea medir el voltaje.



El voltímetro **NO** está conectado correctamente porque el valor medido es **NEGATIVO**.



## Ohmímetro

Nos permite medir la resistencia existente entre dos puntos del circuito. Para realizar una medición correcta, se deben de desconectar las fuentes de voltaje del circuito.

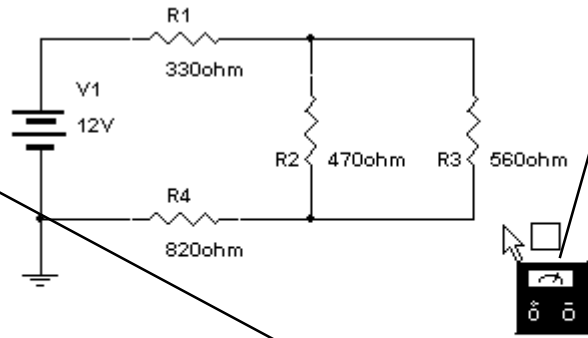
- NOTA:**
1. Luego de haber conectado el multitester y para poder medir, es necesario mover el interruptor 0/1 a la posición de encendido, en todas las opciones de medición; inclusive para medir ohmiajes.
  2. El multitester se extrae del casillero de instrumentos, se conecta y se desconecta de la misma manera que cualquier otro componente.

## Conexión y desconexión del multítester

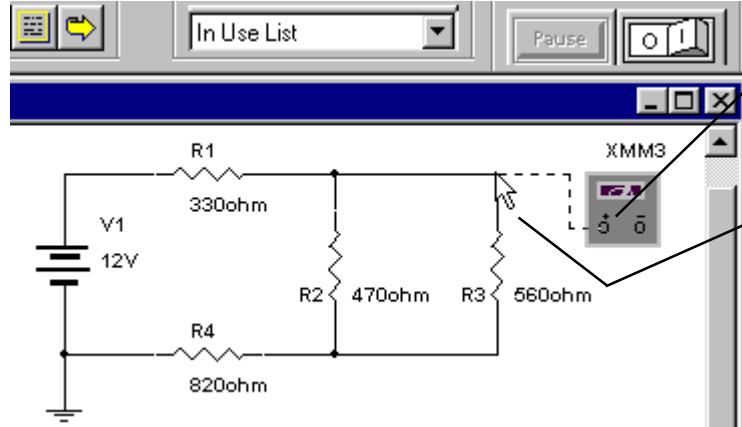
Para conectar el multítester considere que el punto inicial es un contacto de salida del instrumento y el punto final es un extremo del componente o parte del circuito que se desea medir.

Para realizar la práctica de conexión, mediremos el voltaje en los extremos de R3. Para ello; ensamble en el área de trabajo, el circuito serie-paralelo mostrado y luego proceda así:

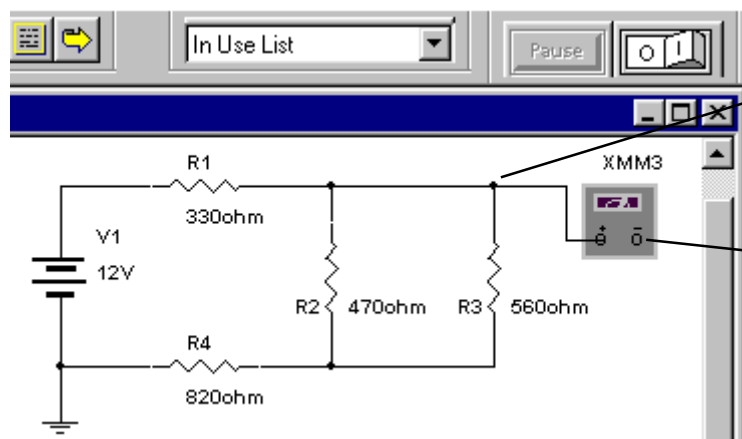
1. Ubique la flecha del mouse en el símbolo del multítester y haga un clic con el botón izquierdo.



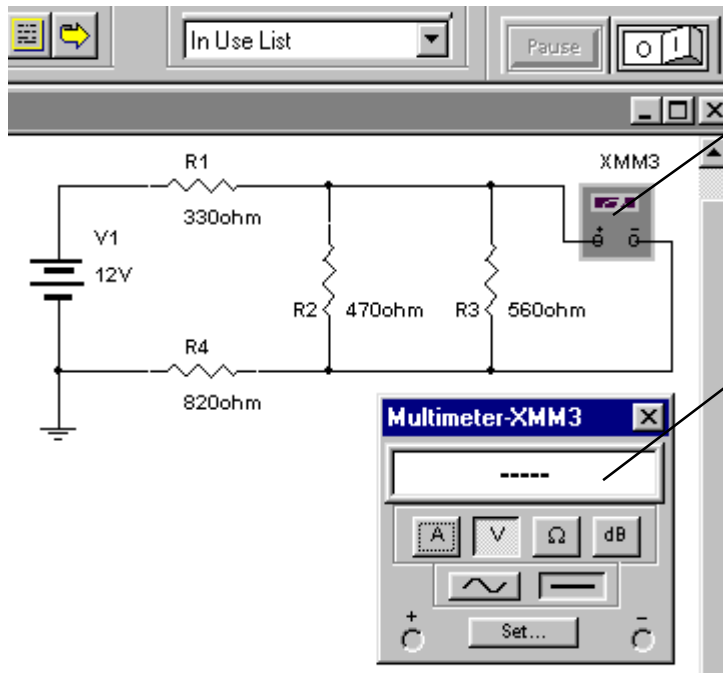
2. Arrastre el mouse y junto con él se arrastrará el fantasma del multítester.
3. Ubique el multítester en el lado derecho de R3 y haga un clic con el botón izquierdo del mouse para que el instrumento quede fijado en ese lugar.



4. Con el botón izquierdo del mouse, haga un clic en el terminal positivo del multítester.
5. Arrastre el mouse y junto con él se arrastrará una línea punteada; dirija el mouse hacia el extremo superior de R3 hasta que aparezca un punto oscuro con una aspa.

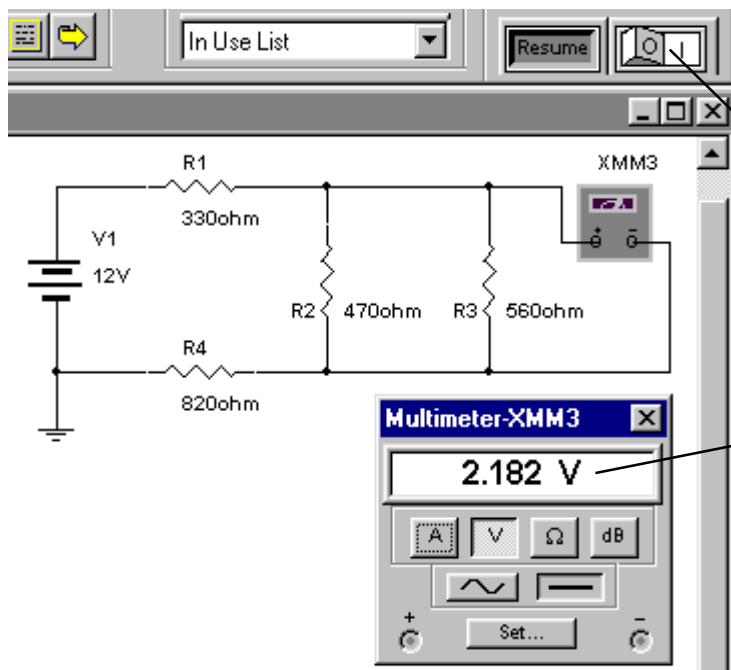


6. Haga un clic con el botón izquierdo del mouse para fijar la conexión en el contacto superior de R3.
7. Repita los pasos 4, 5 y 6 con el terminal negativo del multítester y con el contacto inferior de R3.



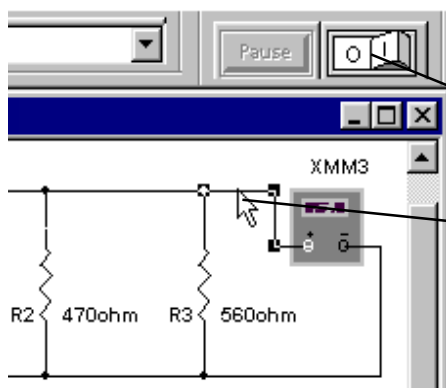
8. Ubique la flecha del mouse en el símbolo del multítester y haga doble clic con el botón izquierdo.

9. Ahora aparecerá la vista ampliada de dicho multítester. Las vistas ampliadas de los instrumentos aparecen en el borde inferior del área de trabajo. Sin embargo, Usted puede moverlas al lugar que mejor le parezca conveniente.



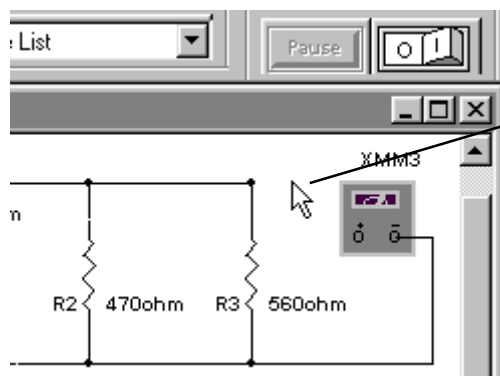
10. Ubique la flecha del mouse en el interruptor 0/1 y haga clic con el botón izquierdo, para activar el circuito

11. En la pantalla del multítester aparecerá el voltaje medido; en este caso, el voltaje en extremos de R3 es: 2.182 V.



Para **DESCONECTAR** el multítester haga lo siguiente:

1. Ubique la flecha del mouse en el interruptor 0/1 y haga clic con el botón izquierdo para desactivar el circuito.
2. Ubique la flecha del mouse en una parte del alambre que quiere desconectar y enseguida haga doble clic con el botón izquierdo.
3. Aparecerán rectángulos oscuros en la trayectoria del alambre.



4. Con el teclado o Keyboard, pulse la tecla Del o Supr para borrar la conexión seleccionada.

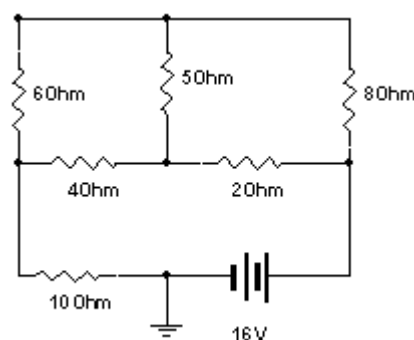
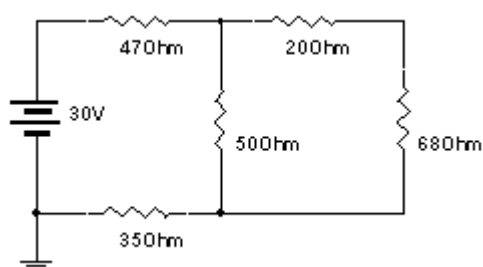
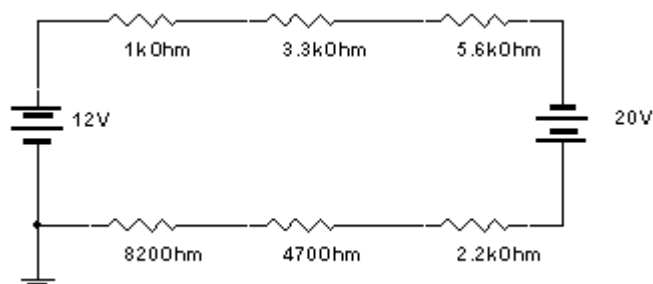
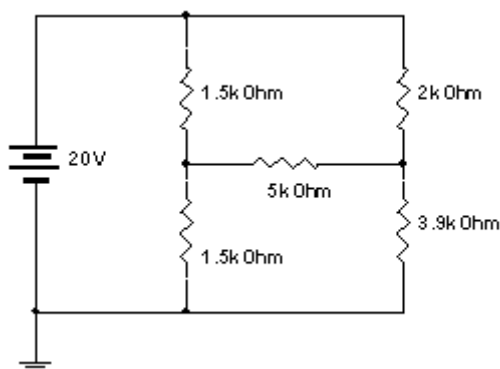
5. Repita los pasos 2, 3 y 4 pero con la conexión del polo negativo del multimeter.

Le sugerimos que mida el voltaje en cada una de las resistencias restantes así como la intensidad de la corriente que circula por el circuito.

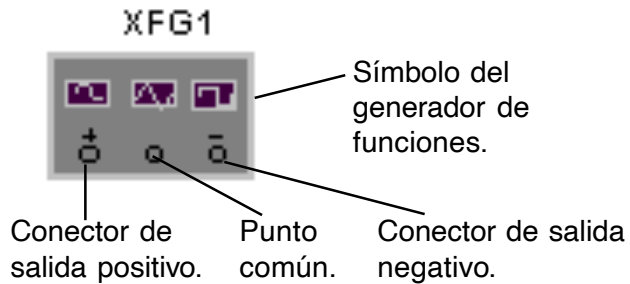
**NOTA:** Conecte el símbolo de tierra al polo negativo de la batería en los circuitos que van a ser verificados con el programa MULTISIM. Este contacto de tierra es importante porque el programa efectúa sus cálculos con relación a un punto de referencia que, en este caso, lo constituye el punto común o tierra.

## Ejercicios

A continuación, le presentamos una serie de circuitos para que los ensamble en el área de trabajo y enseguida proceda a medir los voltajes e intensidades de cada una de las resistencias (le sugerimos etiquetar cada uno de los componentes del circuito).



## El Generador de Funciones

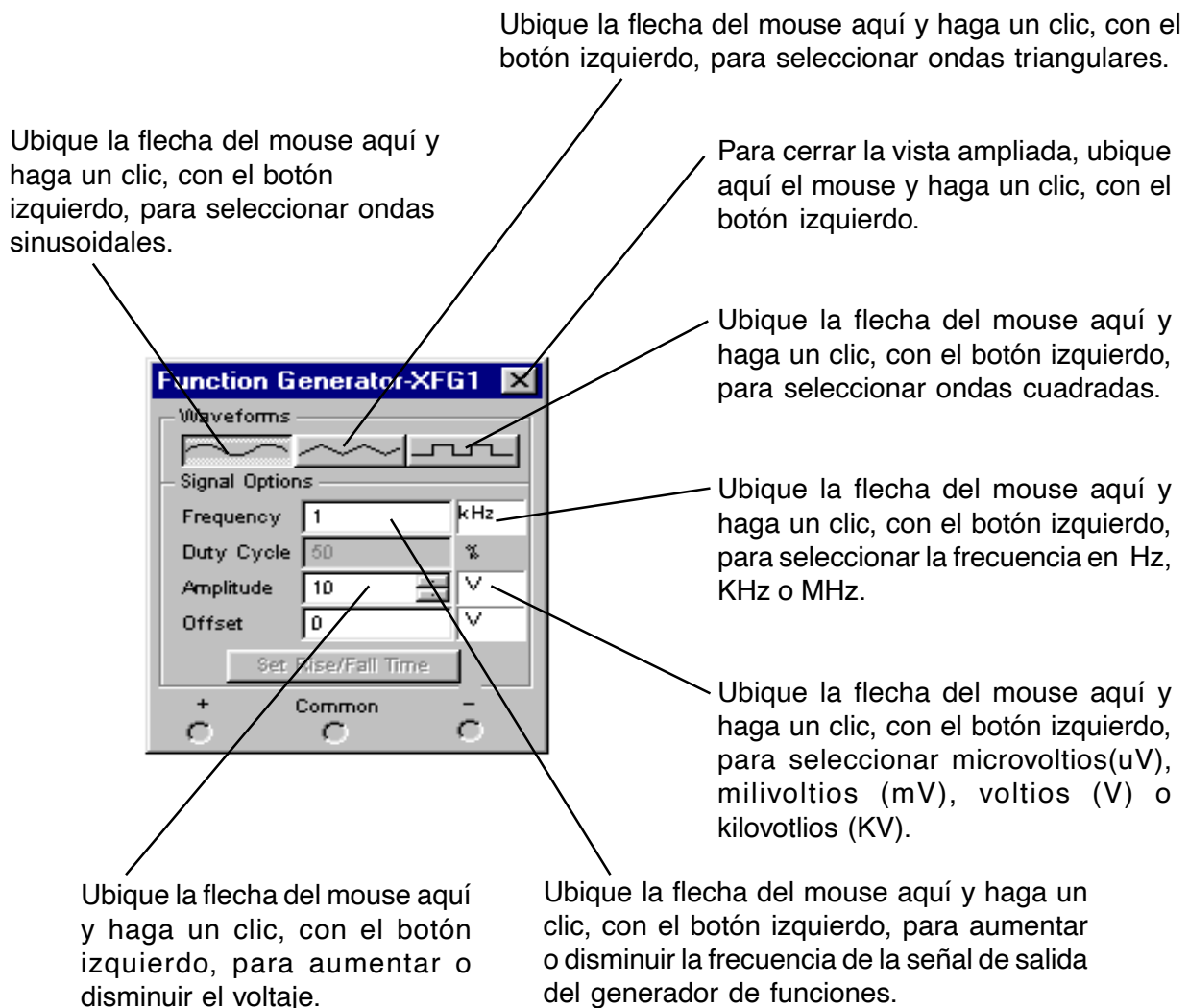


### Notas:

1. Entre el punto común y el conector de salida positivo o el conector de salida negativo, la pantalla del generador indica el voltaje pico de señal. El voltaje real de salida pico a pico sería el doble.
2. Por el conector de salida positivo, la señal empieza con el semiciclo positivo. Por el conector de salida negativo la señal empieza con el semiciclo negativo.

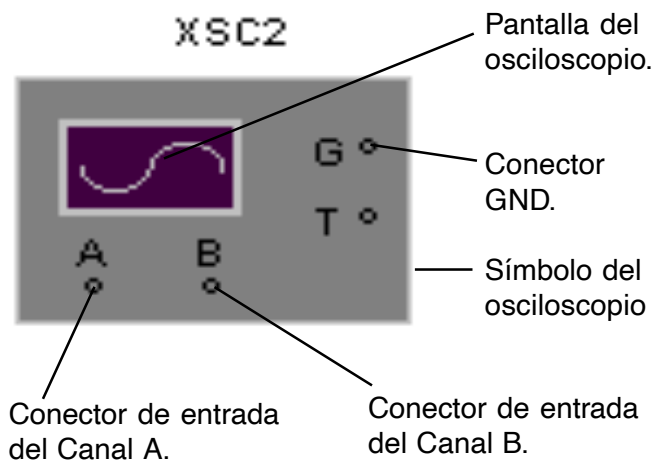
El generador de funciones, es un instrumento que produce o genera señales u ondas sinusoidales, triangulares y cuadradas. Este instrumento se extrae, conecta y desconecta de modo similar al multitester.

Cuando se hace doble clic, con el botón izquierdo del mouse, en el símbolo del generador de funciones, éste se amplía con la finalidad de seleccionar la amplitud (Amplitude), la frecuencia (Frequency) y forma de onda de la señal (Waveforms).





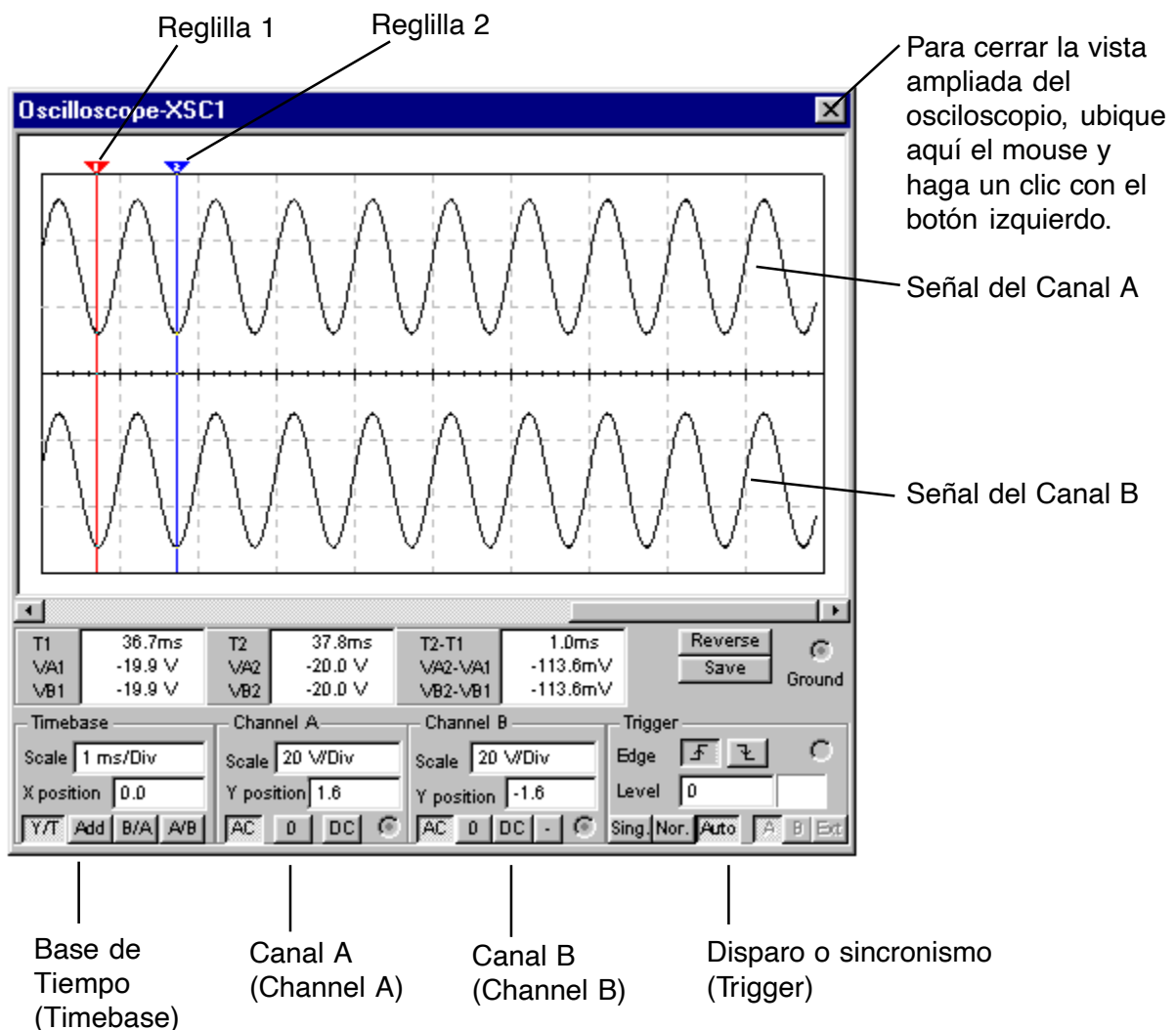
## El Osciloscopio



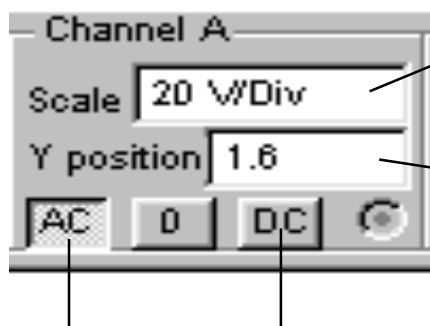
Es un instrumento de dos canales. Nos permite ver y medir la forma de onda en voltajes de pico a pico, a diferencia del multímetro que registra voltajes eficaces o RMS.

El osciloscopio se halla en el casillero de instrumentos; se extrae, conecta y desconecta de la misma manera que el multímetro.

Haciendo doble clic, con el botón izquierdo del mouse, en el símbolo del osciloscopio, éste se amplía con la finalidad de poderlo manipular y leer con facilidad.



## Canal A (Channel A)



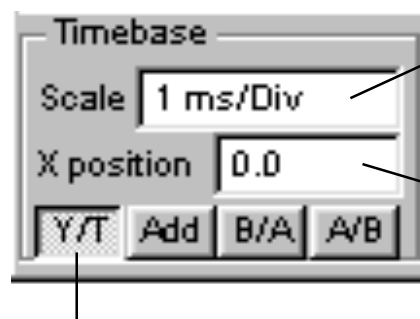
Haga clic aquí, con el botón izquierdo del mouse, para aumentar o disminuir el número de voltios por división (en sentido vertical).

Haga clic aquí, con el botón izquierdo del mouse, para ubicar o posicionar la señal del canal A; más hacia arriba o más hacia abajo.

Haga clic, con el botón izquierdo del mouse, para seleccionar el tipo de voltaje que queremos medir: corriente alterna (AC) o corriente continua (DC). El botón cero (0) es para posicionar el eje cero de la señal que queremos medir.

**NOTA:** Lo descrito para el canal A (Channel A) es igual para el canal B (Channel B), pero los controles son independientes para cada canal.

## Base de Tiempo (Timebase)



Haga clic aquí, con el botón izquierdo del mouse, para aumentar o disminuir el número de ciclos de las señales (canales A y B al mismo tiempo) que queremos observar en la pantalla del osciloscopio.

Haga clic aquí, con el botón izquierdo del mouse, para ubicar o posicionar las señales de los canales A y B, al mismo tiempo, más hacia la derecha o más hacia la izquierda.

Seleccione esta posición (Y/T)

## Disparo o Sincronismo (Trigger)



Este sector se encarga de sincronizar, con los circuitos internos o externos del osciloscopio, las señales que se muestran en la pantalla

Seleccione la posición Auto.

## Reglillas 1 y 2

El osciloscopio posee dos reglillas que se pueden desplazar con el mouse; a voluntad del usuario, permitiendo medir el voltaje y la frecuencia de las señales de los canales A y B, por separado, presentadas en la pantalla.

T1: Tiempo transcurrido, de la señal, desde el comienzo de la pantalla hasta la reglilla 1.

T2: Tiempo transcurrido, de la señal, desde el comienzo de la pantalla hasta la reglilla 2

T2 - T1: Diferencia de tiempo de la reglilla 2 menos la reglilla 1.

T1	36.7ms	T2	37.8ms	T2-T1	1.0ms
VA1	-19.9 V	VA2	-20.0 V	VA2-VA1	-113.6mV
VB1	-19.9 V	VB2	-20.0 V	VB2-VB1	-113.6mV

VA1: Voltaje de la señal, medido desde el eje central horizontal de la onda del canal A hasta la reglilla 1.

VB1: Voltaje de la señal, medido desde el eje central horizontal de la onda del canal B hasta la reglilla 1.

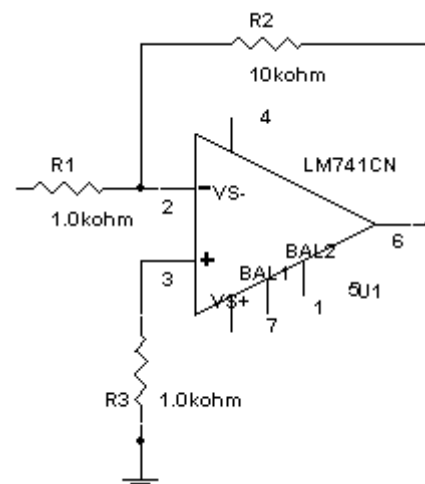
VA2: Voltaje de la señal, medido desde el eje central horizontal de la onda del canal A hasta la reglilla 2.

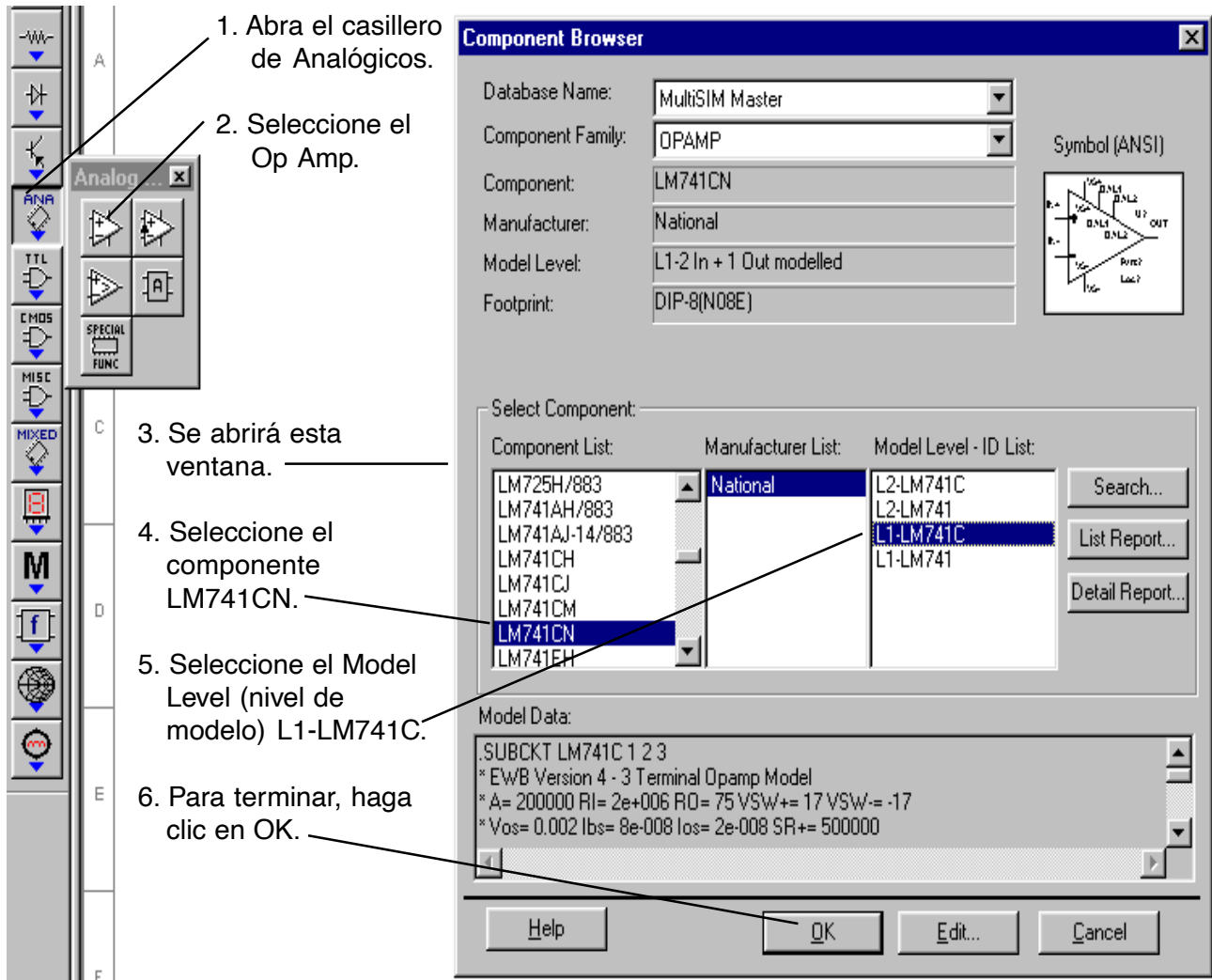
VB2: Voltaje de la señal, medido desde el eje central horizontal de la onda del canal B hasta la reglilla 2.

Si ubicamos las reglillas 1 y 2 exactamente en dos picos consecutivos de la señal (como es el caso del ejemplo mostrado); entonces VA1 y VA2 serían los voltajes de pico de las señales A y B respectivamente mientras que, T2-T1 vendría a ser el tiempo de la señal mostrada. La frecuencia de la señal se calcula con el inverso de este tiempo que para nuestro ejemplo es de 1000 Hz (el inverso de 1.0 ms = 1000 Hz).

## El Amplificador Operacional

Vamos a medir la ganancia de voltaje del Amplificador Operacional Inversor mostrado.





1. Abra el casillero de Analógicos.

2. Seleccione el Op Amp.

3. Se abrirá esta ventana.

4. Seleccione el componente LM741CN.

5. Seleccione el Model Level (nivel de modelo) L1-LM741C.

6. Para terminar, haga clic en OK.

**Component Browser**

Database Name: MultiSIM Master

Component Family: OPAMP

Component: LM741CN

Manufacturer: National

Model Level: L1-2 In + 1 Out modelled

Footprint: DIP-8(N08E)

Symbol (ANSI)

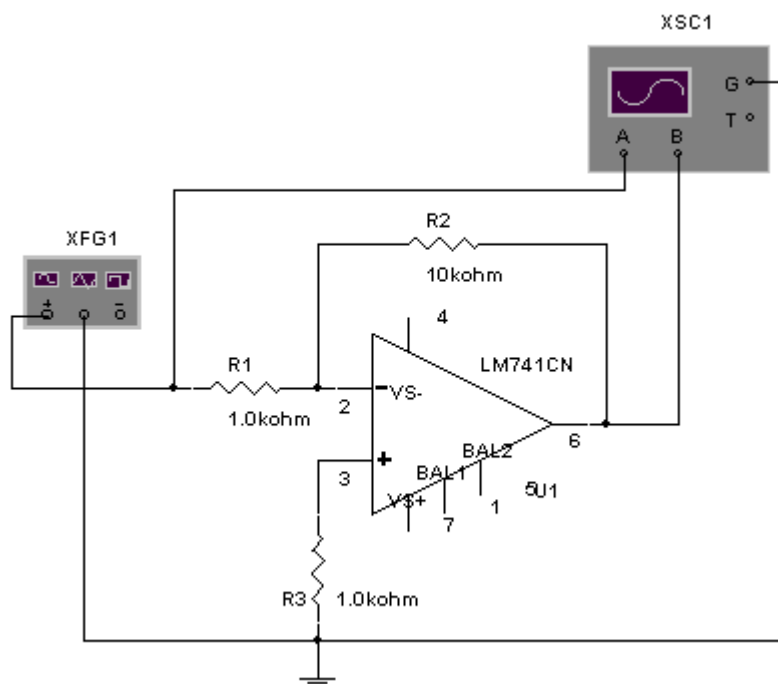
Select Component:

Component List	Manufacturer List	Model Level - ID List
LM725H/883	National	L2-LM741C
LM741AH/883		L2-LM741
LM741AJ-14/883		<b>L1-LM741C</b>
LM741CH		L1-LM741
LM741CJ		
LM741CM		
<b>LM741CN</b>		
LM741EH		

Model Data:

```
.SUBCKT LM741C 1 2 3
* EWB Version 4 - 3 Terminal Opamp Model
* A= 200000 RI= 2e+006 RO= 75 VSW+= 17 VSW-= -17
* Vos= 0.002 Ibs= 8e-008 Ios= 2e-008 SR+= 500000
```

Help OK Edit... Cancel



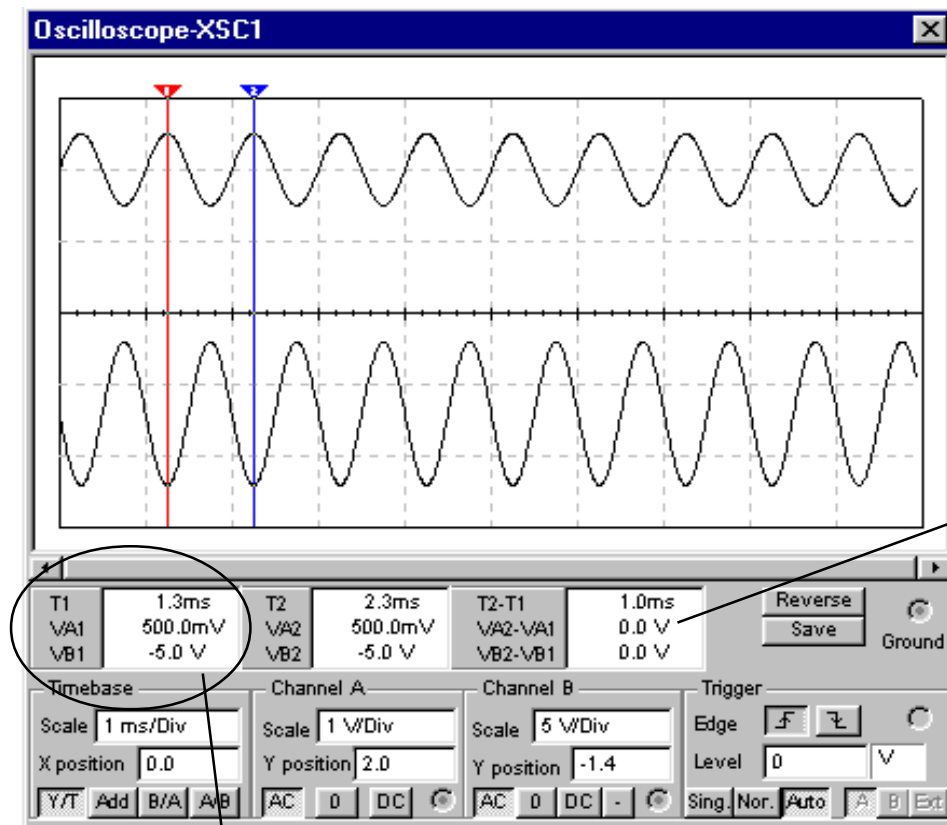
7. Gire el Op Amp en sentido vertical.
8. Conecte las resistencias, el generador y el osciloscopio como se muestra en el gráfico adjunto.
9. Calibre el generador de funciones para 1000 Hz (1 KHz) de ondas sinusoidales y con una amplitud de 500 mV de pico.

10. Ubique la flecha del mouse en el interruptor 0/1 y haga un clic con el botón izquierdo, hacia la posición de encendido.
11. Calibre el osciloscopio de la manera siguiente:

Timebase	Channel A	Channel B
Scale: 1 ms/Div	Scale: 1V/Div	Scale: 5V/Div
X position: 0.0	Y position: 2.0	Y position: - 1.4
Y/T	AC	AC

Las reglillas ubíquelas exactamente entre dos picos consecutivos de la onda.

Ahora, Usted verá lo siguiente:



Quando las dos reglillas se encuentran exactamente en dos picos consecutivos de la señal, la diferencia de  $VA2 - VA1 = 0$ , también la diferencia de  $VB2 - VB1 = 0$ .

Luego:

$VA1 = 500 \text{ mV}$  (señal de entrada)  
 $VB1 = -5.0 \text{ V}$  (señal de salida)  
 $T2 - T1 = 1.0 \text{ ms}$  (frecuencia de la señal aplicada)

La ganancia de voltaje ( $A_v$ ) es la división del voltaje de salida entre el voltaje de entrada, o sea:

$$A_v = -5.0 \text{ V} / 0.5 \text{ V} = -10$$

Observe que la señal de salida está invertida respecto a la señal de entrada; por esta razón el resultado tiene signo negativo.

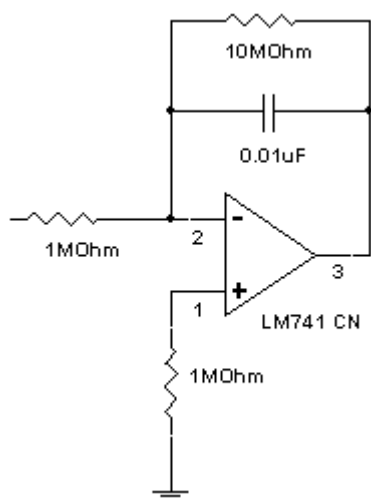
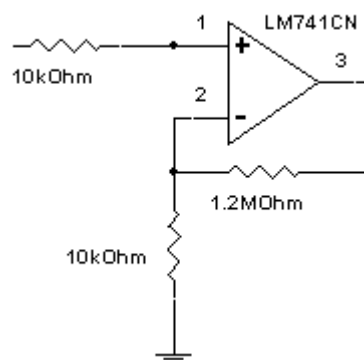
### Ejercicios.

1. Mueva el interruptor 0/1 a la posición de apagado y cambie el valor de la resistencia de 10K por otra de 100K.
2. Mueva el interruptor 0/1 a la posición de encendido para que vuelva a medir la ganancia de voltaje del Op Amp Inversor.
3. Repita los pasos 1 y 2 cambiando el valor de la resistencia por cualquier otro valor que usted crea conveniente.

Sugerencia: Varíe los controles del osciloscopio para que pueda experimentar las variaciones que se producen. Haga lo mismo con el generador de funciones. No tema porque la computadora no se va a dañar, lo único que puede ocurrir es que se producirán mediciones equivocadas o un mal funcionamiento del Amplificador Operacional.

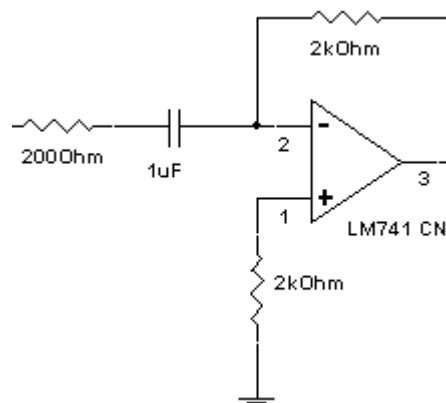
### Ejercicio1:

El circuito de la derecha es un Op Amp en configuración No-Inversor. Aplique ondas sinusoidales de 1 KHz en la entrada. Determine, con el osciloscopio, la ganancia de voltaje.



### Ejercicio 2:

El circuito de la izquierda es un Op Amp que realiza la función de integración. Aplique ondas cuadradas de 100 Hz y determine, con el osciloscopio, la forma de onda de la señal de salida del circuito.



### Ejercicio 3:

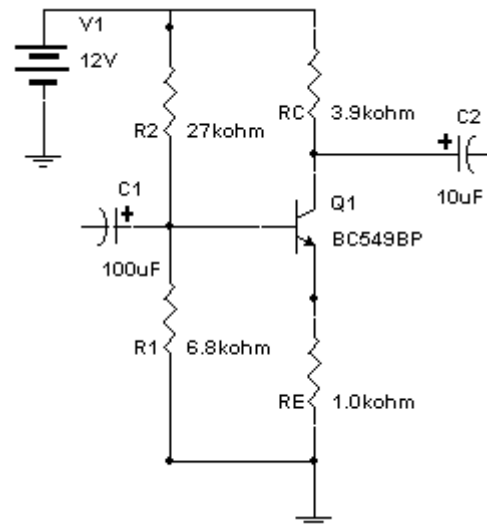
El circuito de la derecha es un Op Amp que realiza la función de derivación. Aplique ondas cuadradas de 500 Hz y determine, con el osciloscopio, la forma de onda de la señal de salida del circuito.

## El Transistor BJT

El circuito mostrado corresponde a un transistor BJT con polarización tipo H, en configuración: Emisor Común con Re sin desacoplar.

Primero ensamblaremos el circuito y luego haremos las mediciones siguientes:

- El voltaje de base.
- El voltaje de colector.
- El voltaje de emisor.
- El voltaje de colector-emisor.
- La ganancia de voltaje del circuito.



Para ensamblar el circuito, empezaremos por seleccionar el transistor BC549, de este modo:

- Abra el casillero de transistores.
- Seleccione el tipo de transistor, en este caso es NPN.
- Se abrirá esta ventana.
- Seleccione el transistor BC549BP.
- Para terminar, haga clic en OK.

Database Name: MultiSIM Master

Component Family: BJT\_NPN

Component: BC549BP

Manufacturer: Zetex

Model Level: L0

Footprint: TO-92

Symbol (ANSI)

Select Component:

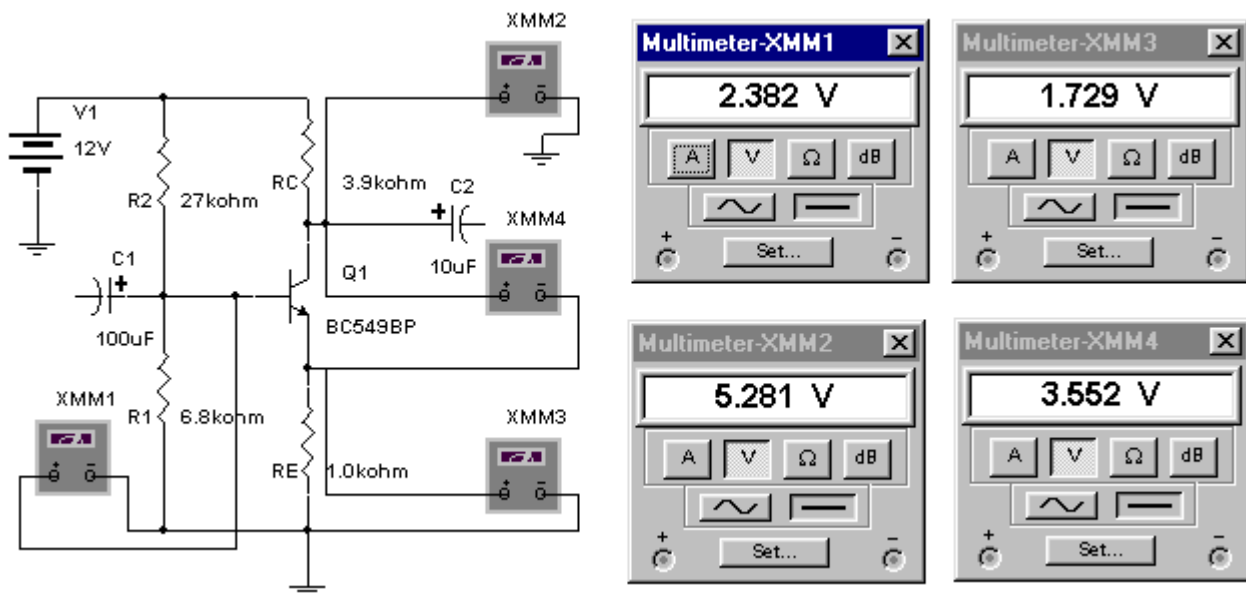
Component List	Manufacturer List	Model Level - ID List
BC546BP	Zetex	L0-BC549BP
BC547BP		
BC548BP		
BC549BP		
BC550BP		
BC846B		
BC847B		
BC848B		

Model Data:

.MODEL BC549BP NPN IS=1.8E-14 ISE=5.0E-14 NF=9955 NE=1.46 BF=400 BR=35  
+IKF=.14 IKR=.03 ISC=1.72E-13 NC=1.27 NR=1.005 RB=.56 RE=.6 RC=.25 VAF=80  
+VAR=12.5 CJE=13E-12 TF=.64E-9 CJC=4E-12 TR=50.72E-9 VJC=.54 MJC=.33

Help OK Edit... Cancel

6. Seleccione y conecte las resistencias adecuadas, tal como se muestra en el circuito original.
7. Luego de ensamblado el circuito, proceda a medir los voltajes empleando el voltímetro en la posición de corriente continua.
8. Los voltajes los puede medir uno por uno o emplear la potencia del Multisim que permite conectar varios instrumentos a la vez y realizar todas las mediciones al mismo tiempo; como se indica a continuación:



Recuerde que debe de colocar el interruptor 0/1; haciendo clic con el botón izquierdo del mouse sobre este interruptor, en la posición de encendido para que se active el circuito y pueda efectuar las mediciones.

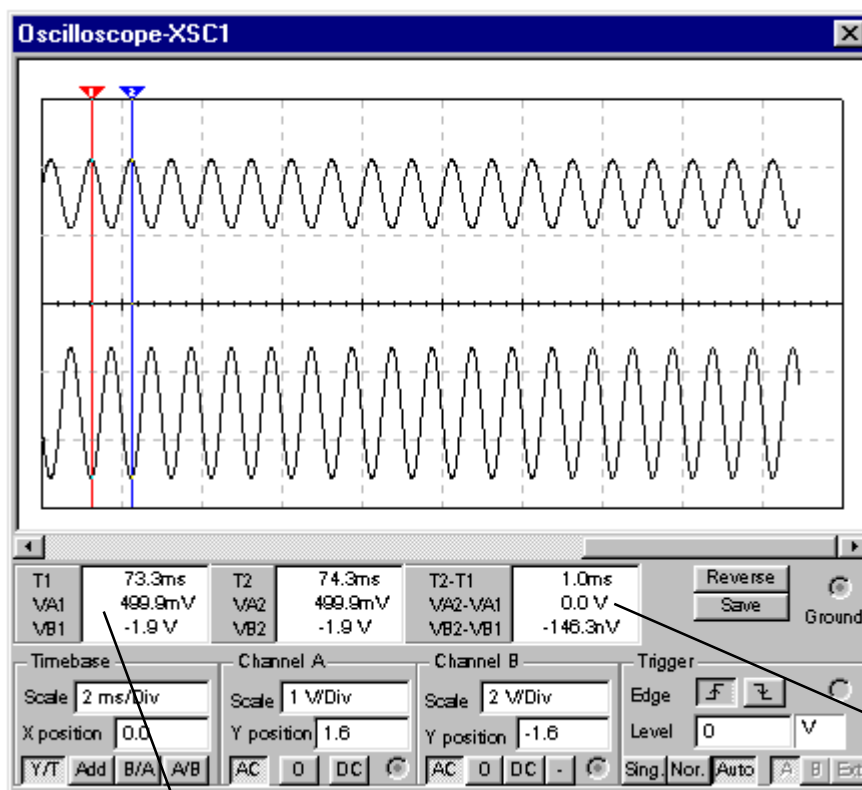
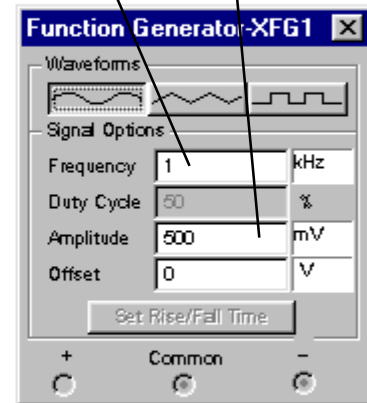
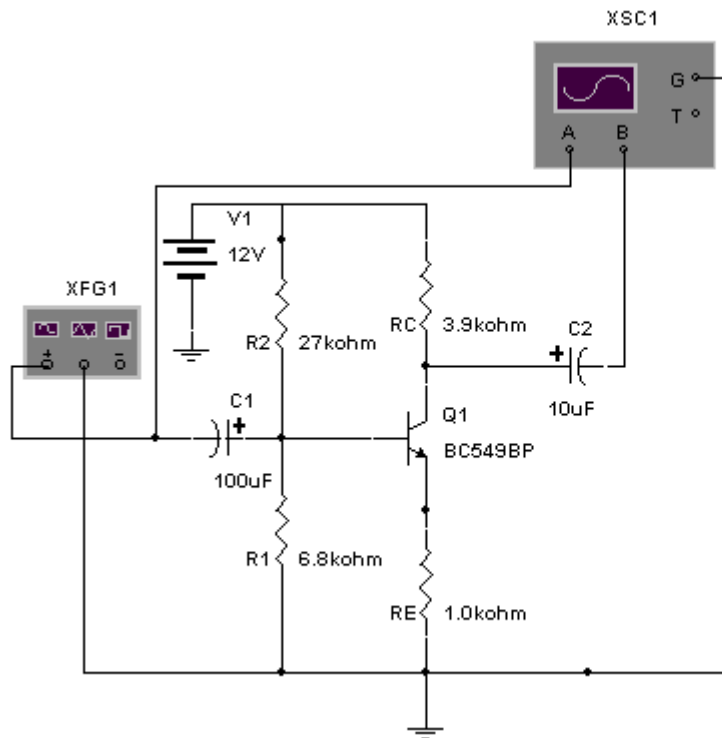
Los voltímetros seleccionados, muestran lo siguiente:

- XMM1: registra el voltaje de la base del transistor.
- XMM2: registra el voltaje del colector.
- XMM3: registra el voltaje del emisor.
- XMM4: registra el voltaje existente entre el colector y el emisor.

Seguidamente, procederemos a medir la ganancia de voltaje del circuito para lo que emplearemos el osciloscopio y el generador de señales, tal como se indica en la página siguiente.



1. En el generador de señales, seleccione ondas sinusoidales con una frecuencia de 1000 Hz (1 KHz) y 500 mV de pico.



2. Calibre el osciloscopio

#### Timebase.

Scale: 2 ms/Div  
X position: 0.0  
Y/T

#### Channel A.

Scale: 1 V/Div  
Y position: 1.6  
AC

#### Channel B.

Scale: 2 V/Div  
Y position: -1.6  
AC

3. Mueva las reglillas hacia dos picos consecutivos, hasta lograr 0,0 en la diferencia VA2 - VA1

VA1 = 499.9mV (señal de entrada que puede redondearse a 500 mV)  
VA2 = -1.9 V (señal de salida)  
T2 - T1 = 1.0 ms (frecuencia de la señal aplicada)

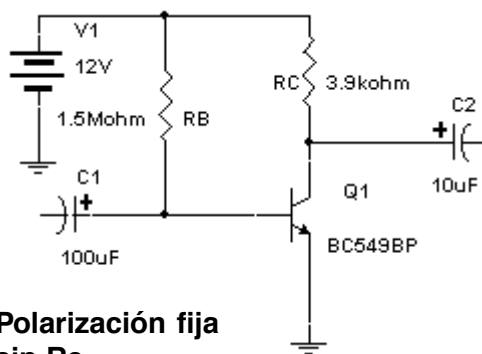
La ganancia de voltaje del circuito ( $A_v$ ) es la división del voltaje de salida entre el voltaje de entrada, es decir:

$$A_v = - 1.9 \text{ V} / 500\text{mV} = - 3.8$$

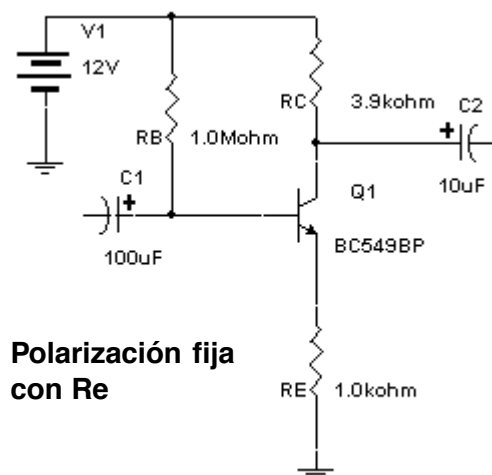
Nótese que la señal de salida está invertida respecto a la señal de entrada; por esta razón el resultado tiene signo negativo.

## Ejercicios

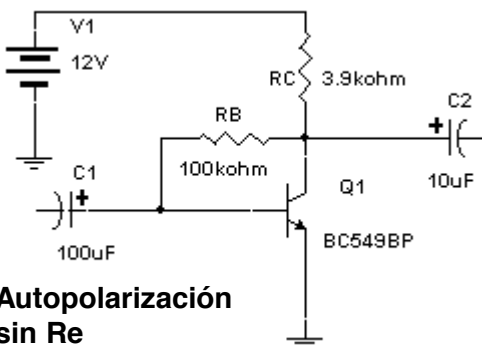
Mida los voltajes de base, colector, emisor, colector-emisor y la ganancia de voltaje de cada uno de los circuitos siguientes:



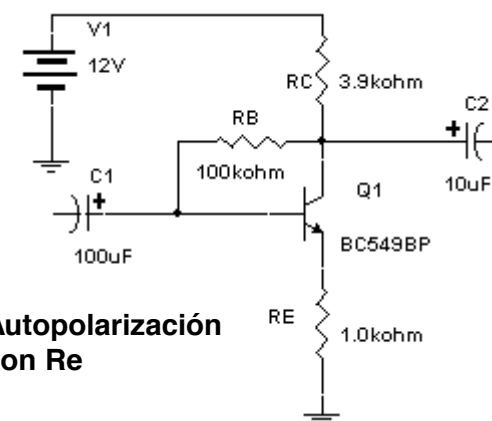
**Polarización fija  
sin  $R_E$**



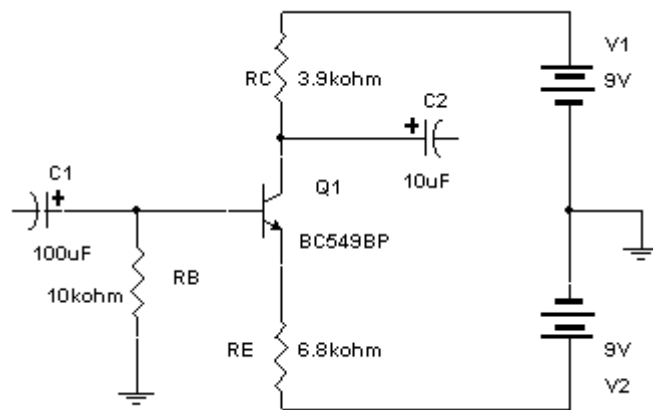
**Polarización fija  
con  $R_E$**



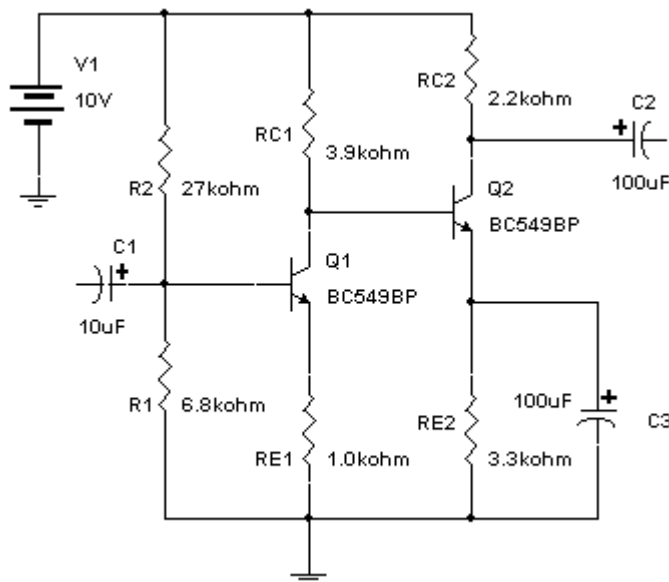
**Autopolarización  
sin  $R_E$**



**Autopolarización  
con  $R_E$**

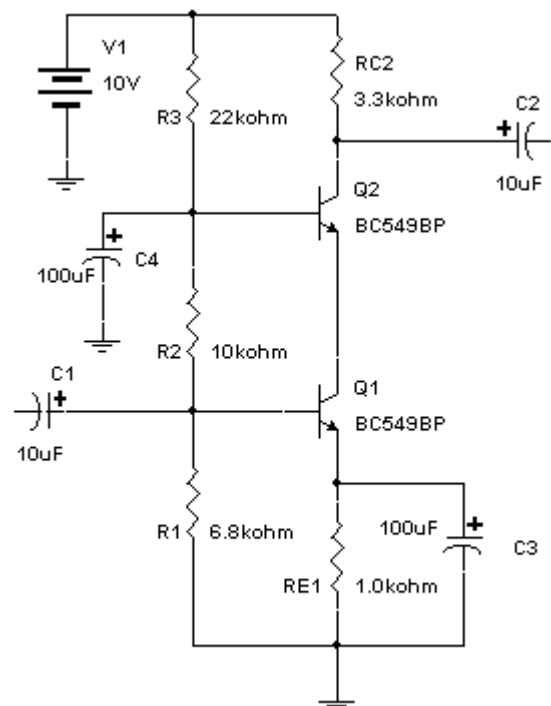


**Polarización con doble alimentación**



**Amplificador con acoplamiento directo EmisorComún-Colector común (EC-CC)**

**Amplificador Cascodo**

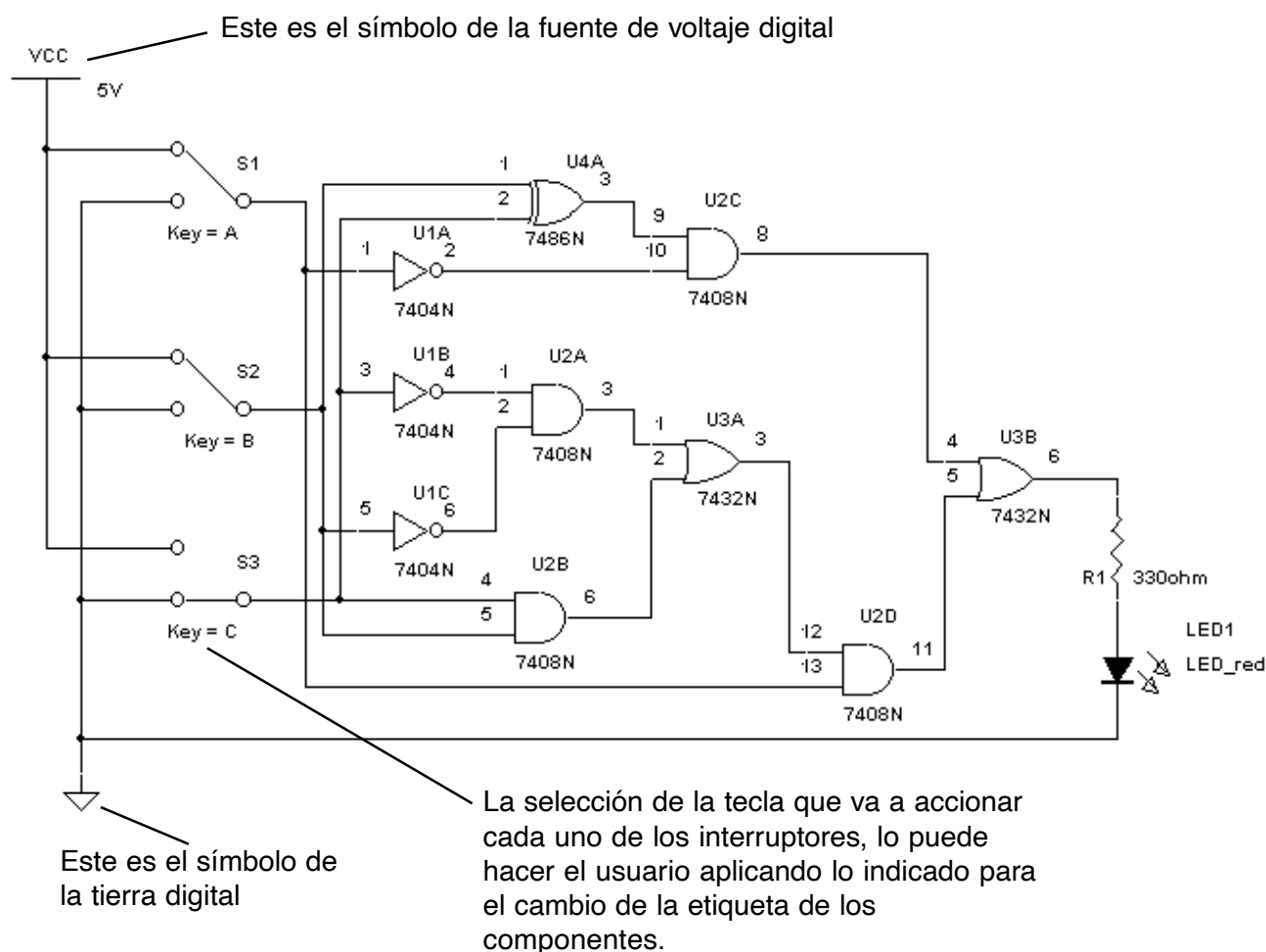


## Circuitos Digitales TTL

Los circuitos integrados o chips digitales TTL se alimentan con 5V, que el Laboratorio Virtual se los proporciona directamente sin necesidad que el usuario se preocupe por realizar tal conexión. Sin embargo, se debe de tener cuidado de emplear la tierra digital.

### Ejemplo:

El circuito siguiente, corresponde a una «conexión escalera» en donde se puede observar tres interruptores (que se accionan con las teclas: A, B, C) y que permiten prender o apagar el LED1 con cualquiera de ellos.



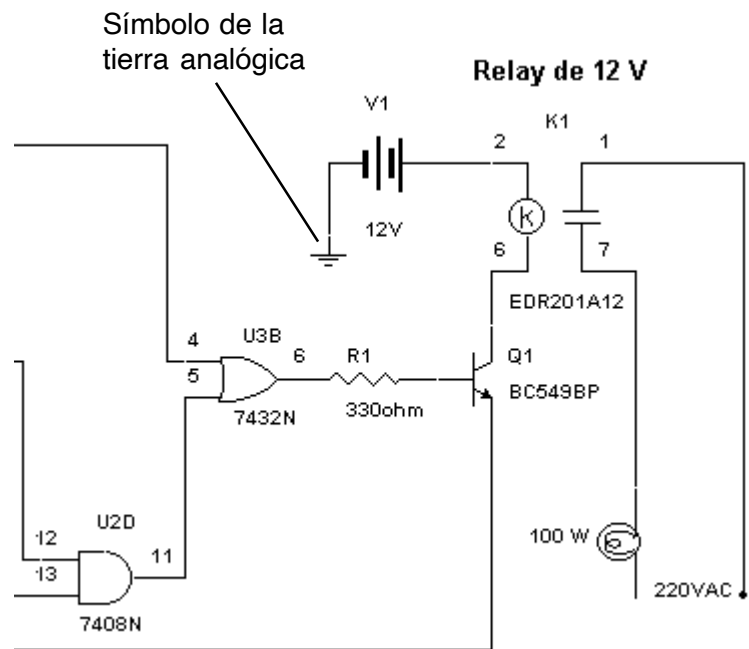
La fuente de voltaje digital (VCC) y la tierra digital, las encuentra en el casillero de Fuentes (Sources). Los interruptores, se hallan en el casillero de Básicos (Basic...).

En este ejemplo, la fuente de voltaje digital, proporciona la condición lógica 1 (uno) que se necesita para que el circuito pueda trabajar correctamente.

## Conexión de componentes Digitales y Analógicos

En la vida práctica, se necesita el circuito anterior pero capaz de accionar un elemento de mayor potencia como por ejemplo: un motor, un foco, etc.

Una solución consiste en conectar un transistor y un relay de 12V, de la manera indicada en el circuito del lado derecho.



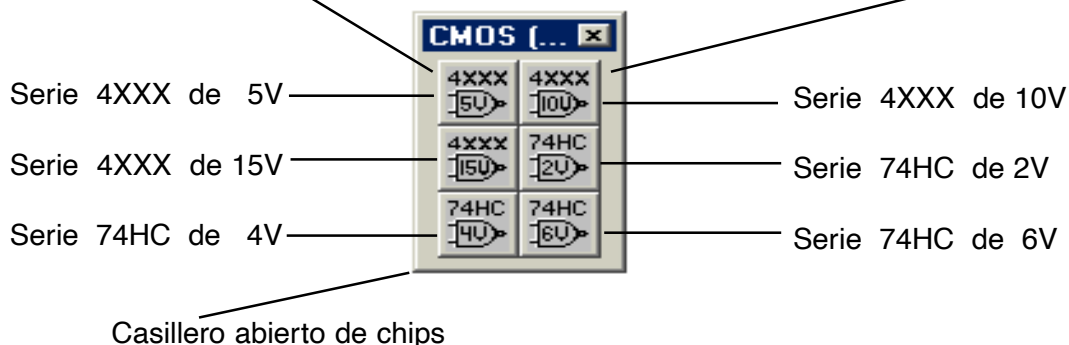
NO es necesario conectar la tierra digital con la tierra analógica porque internamente se encuentran unidos.

## Circuitos Digitales CMOS

Este tipo de chip, puede ser alimentado con voltajes que varían entre 2V y 15V. Sin embargo, para facilitar la labor del usuario, el Multisim ha formado grupos de chips con voltajes de alimentación de: 2V, 4V, 5V, 6V, 10V, 15V.

El chip 4000 BD de este grupo, internamente está alimentado con 5V.

El mismo chip 4000 BD, pero de este grupo, internamente está alimentado con 10V.



Lo anterior, le permite al usuario seleccionar el chip adecuado para que la simulación se realice con precisión.

## Enseñando con el Multisim

La tarea de enseñar el análisis y diseño de circuitos se vuelve un tanto complicada; cuando el docente, luego de explicar el análisis teórico tiene que movilizar materiales y equipos de laboratorio; muy costoso en la mayoría de casos, con la consiguiente pérdida de tiempo si el alumnado es numeroso porque tienen que acudir, en grupos, hacia el instrumental para leer y contrastar con lo dicho por el docente.

Con el Laboratorio Virtual, Usted puede realizar el análisis experimental y proyectarlo sobre un écran o pantalla gigante para que los alumnos puedan observar cómodamente sentados.

En otras palabras, los alumnos verán todo el proceso de la experimentación con lo que surgirán múltiples preguntas y la clase se enriquecerá.

Para complementar el tema, sugerimos agregar los tres pasos siguientes:

- a. Usted puede simular averías en los componentes del circuito y plantearlos al grupo de alumnos para que deduzcan el origen del problema, debidamente fundamentado, contribuyendo de esta manera al desarrollo de la capacidad de análisis por parte de los estudiantes.
- b. Seguidamente les entrega, a los alumnos, un conjunto de circuitos para que los analicen (y/o) diseñen teóricamente y luego verifiquen sus cálculos con el Multisim.
- c. Finalmente seleccione los circuitos que Usted crea conveniente, del conjunto de circuitos verificados con el Multisim, para que los alumnos procedan a ensamblarlos con componentes físicamente reales y los verifiquen con el instrumental de laboratorio, también real.

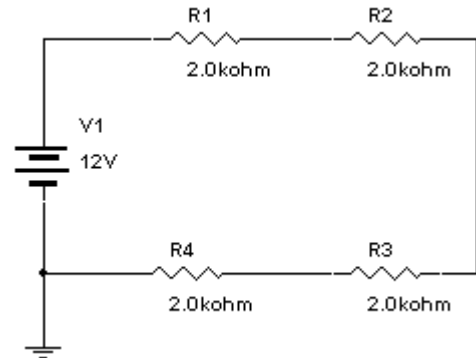
En las páginas siguientes, les presentamos ejemplos sencillos con simulación de averías.

## Ejemplo 1: Resistencias en serie

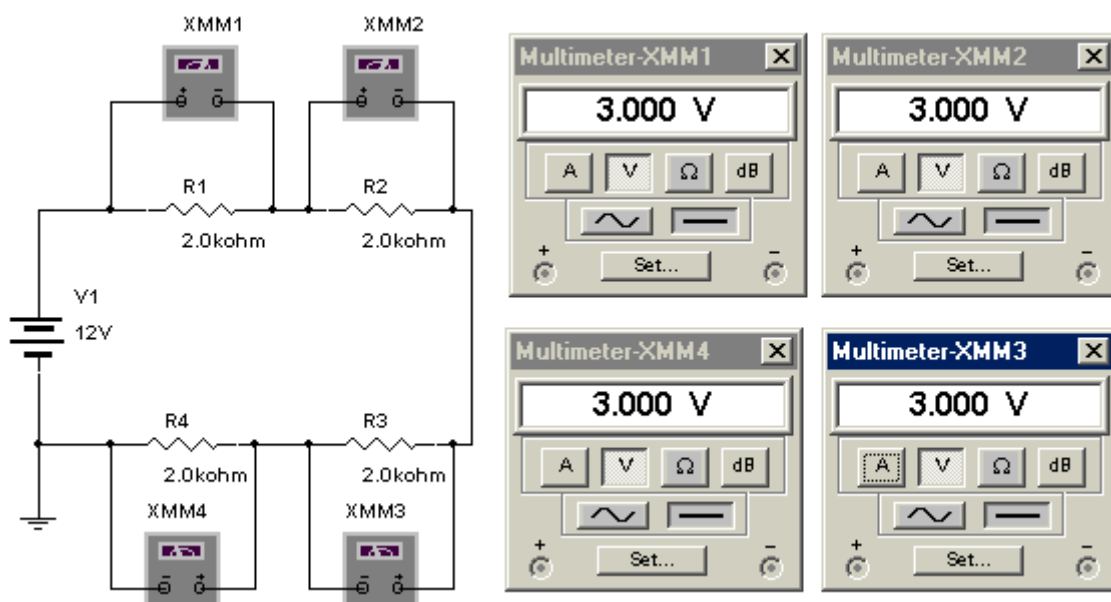
### 1. Análisis teórico

Puesto que todas las resistencias son del mismo valor y de acuerdo a las características del circuito serie, tenemos:

- El voltaje total es igual a la suma de los voltajes parciales; luego, en cada resistencia habrá un voltaje parcial igual a: 3 V.
- La intensidad de la corriente es la misma en cualquier parte del circuito.
- Si por lo menos una de las resistencias se abre, dejará de circular la intensidad de la corriente.



### 2. Medición de voltajes



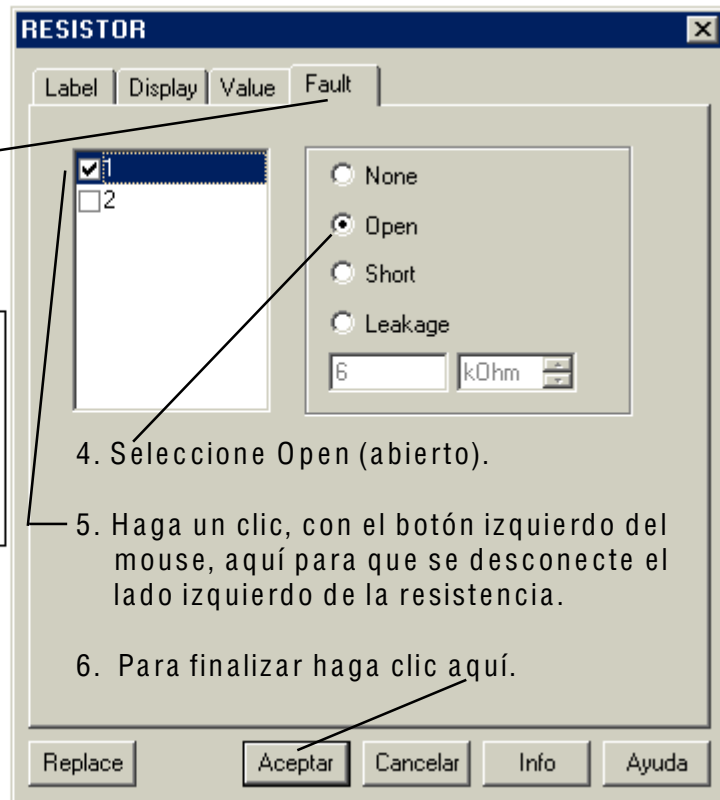
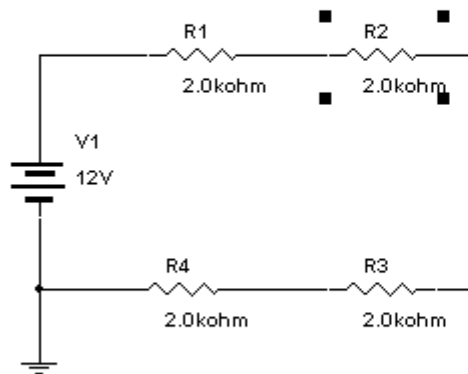
### 3. Simulación de averías

Simularemos que la resistencia R2 se ha abierto, para ello debemos de hacer lo siguiente:

- Ubique la flecha del mouse sobre el símbolo de la resistencia R2 y haga doble clic con el botón izquierdo.

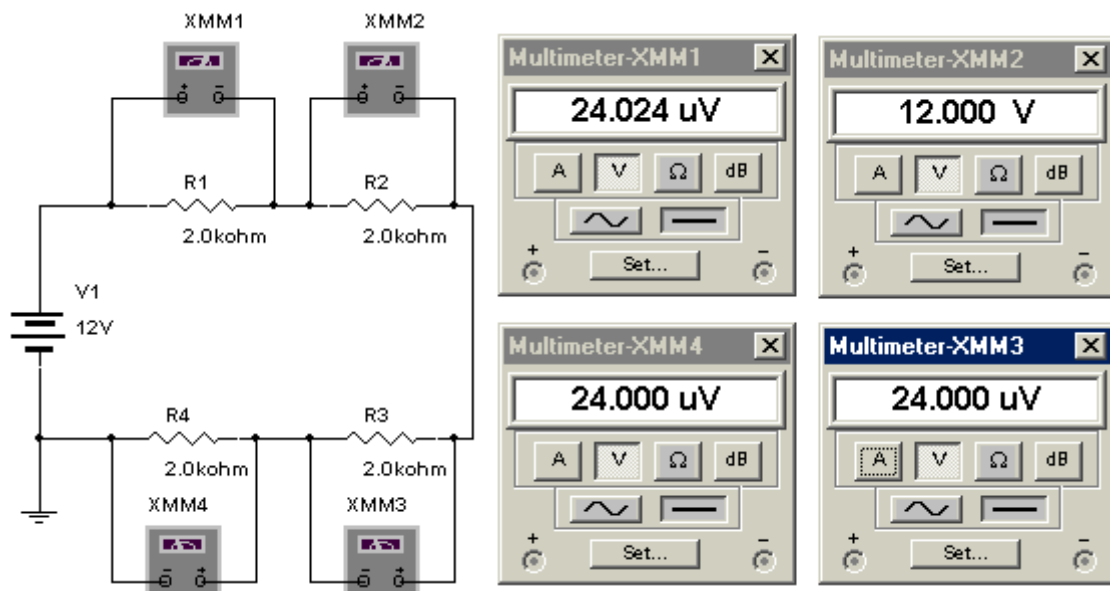
2. Aparece esta ventana.

3. Con un clic del botón izquierdo del mouse seleccione Fault.



#### 4. Análisis de averías

El circuito vuelve a aparecer como si nada hubiera sido modificado. Con estas nuevas condiciones, volvemos a medir los voltajes.



A los alumnos se les plantea, entre otras, las preguntas siguientes:

- ¿Qué cambios notan?
- ¿Quién o qué puede ser el causante de estas variaciones. Por qué? Fundamente su respuesta.



## Ejemplo 2: BJT con polarización tipo H

### 1. Análisis teórico

$$R_b = \frac{(R_1)(R_2)}{R_1 + R_2} = \frac{(22K)(5.6K)}{22K + 5.6K} = 4.46K$$

$$V_{BB} = \frac{(R_1)(V_{CC})}{R_1 + R_2} = \frac{(5.6K)(9V)}{22K + 5.6K} = 1.82V$$

$$I_C = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_b}{h_{fe}}} = \frac{1.82V - 0.6V}{1K + \frac{4.46K}{100}} = 1.16 \text{ mA}$$

$$V_E = (I_C)(R_E) = (1.16\text{mA})(1K) = 1.16V$$

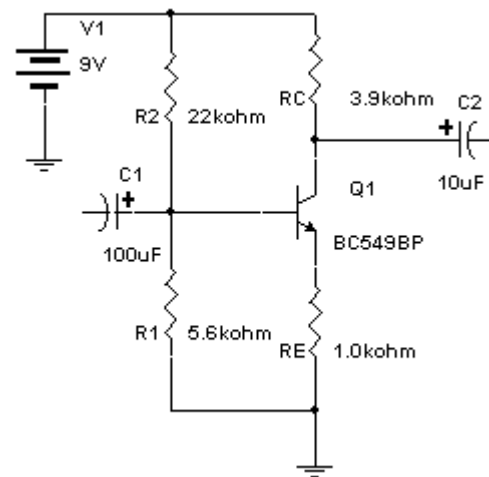
$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.6V + 1.16V = 1.76V$$

$$V_C = V_{CC} - (I_C)(R_C) = 9V - (1.16\text{mA})(3.9K) = 4.47V$$

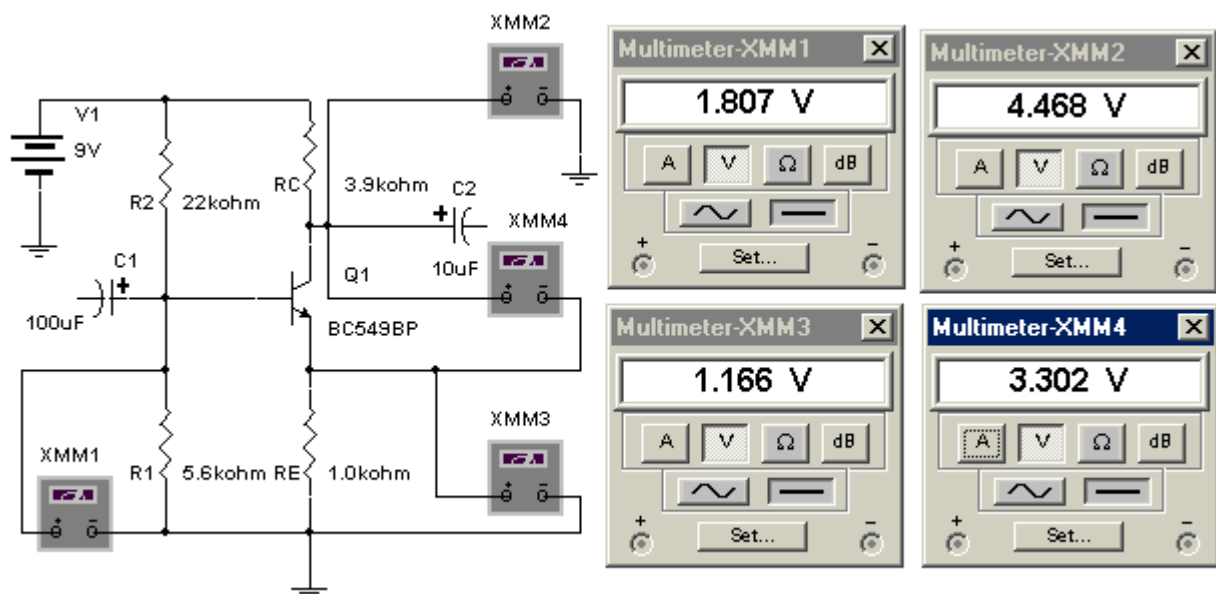
$$V_{CE} = V_C - V_E = 4.47V - 1.16V = 3.31V$$

$$A_v = -\frac{R_C}{R_E} = -\frac{3.9K}{1K} = -3.9$$

Ganancia de voltaje



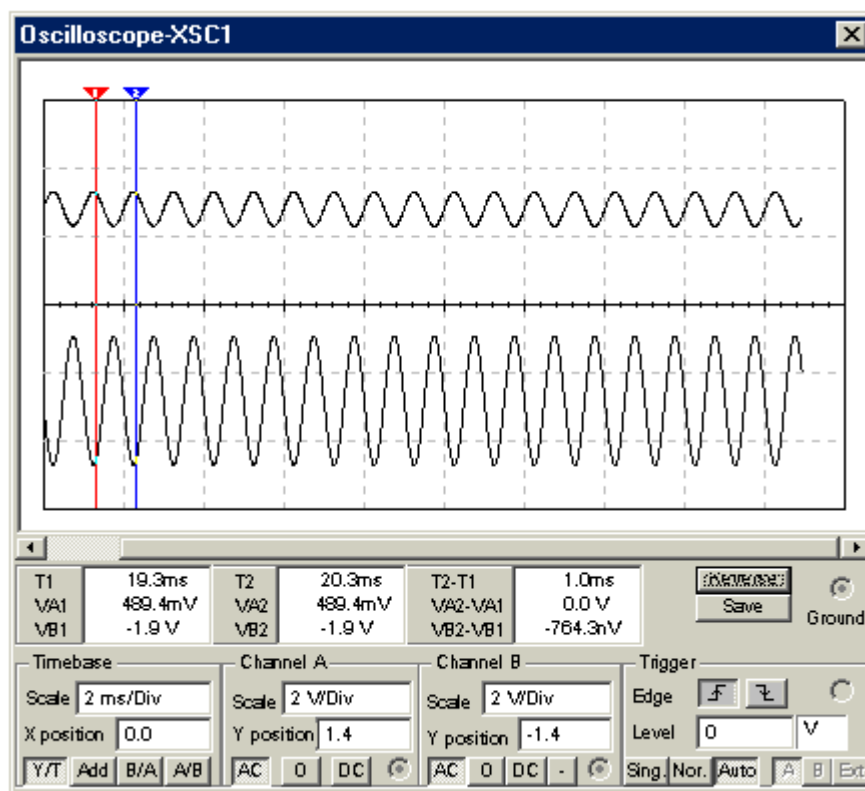
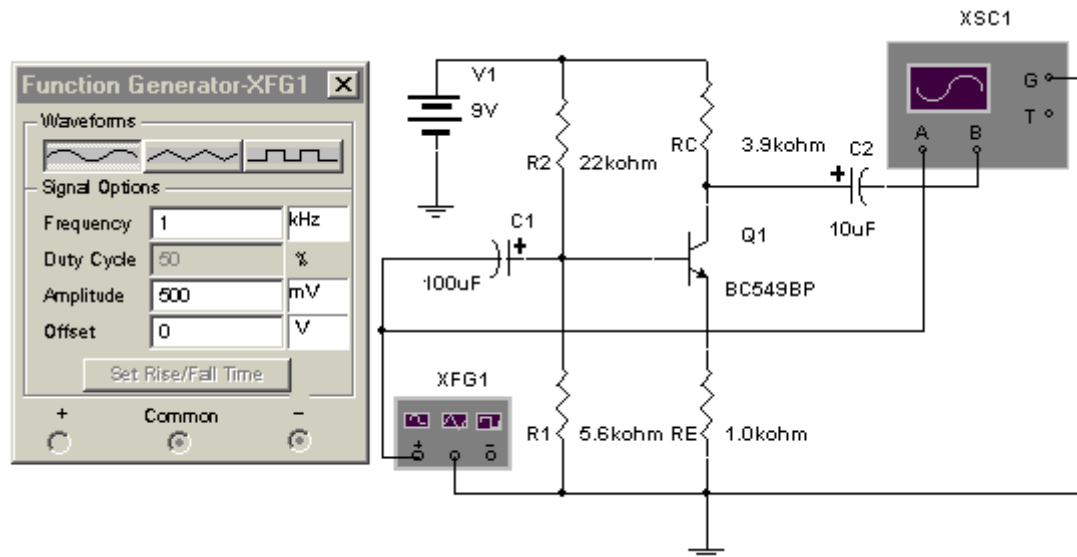
### 2. Medición de voltajes



### 3. Medición de la ganancia de voltaje ( $A_v$ )

Para este tipo de medición debemos de aplicarle al circuito ondas senoidales de 1000 Hz ó 1KHz y 500mV de amplitud, con el generador de funciones.

Dividiendo el voltaje de salida entre el voltaje de entrada, medidos previamente con el osciloscopio, hallamos la ganancia de voltaje del circuito.



Comparando los valores teóricos con los valores medidos; de los voltajes y la ganancia de voltaje, observaremos que la diferencia es mínima.

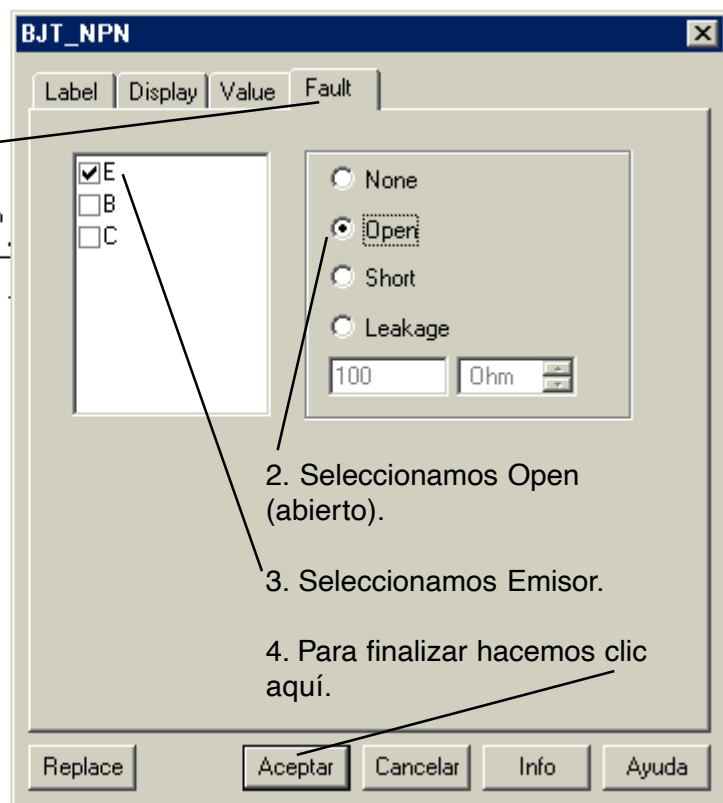
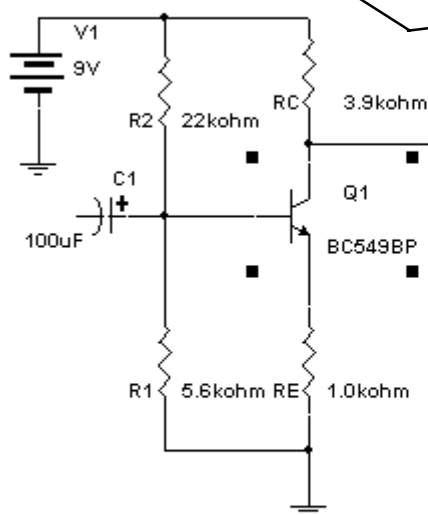
#### 4. Simulación de averías

En el circuito podemos provocar una serie de averías tales como:

- Resistencia abierta (R1, R2, RC o RE).
- Resistencia alterada o con fuga (R1, R2, RC o RE).
- Contacto de Base, Colector o Emisor abierto.
- Cortocircuito entre dos contactos del transistor.
- Transistor alterado o con fugas.

En esta oportunidad, simularemos que el contacto de Emisor del transistor está abierto.

1. Seleccionamos Fault.

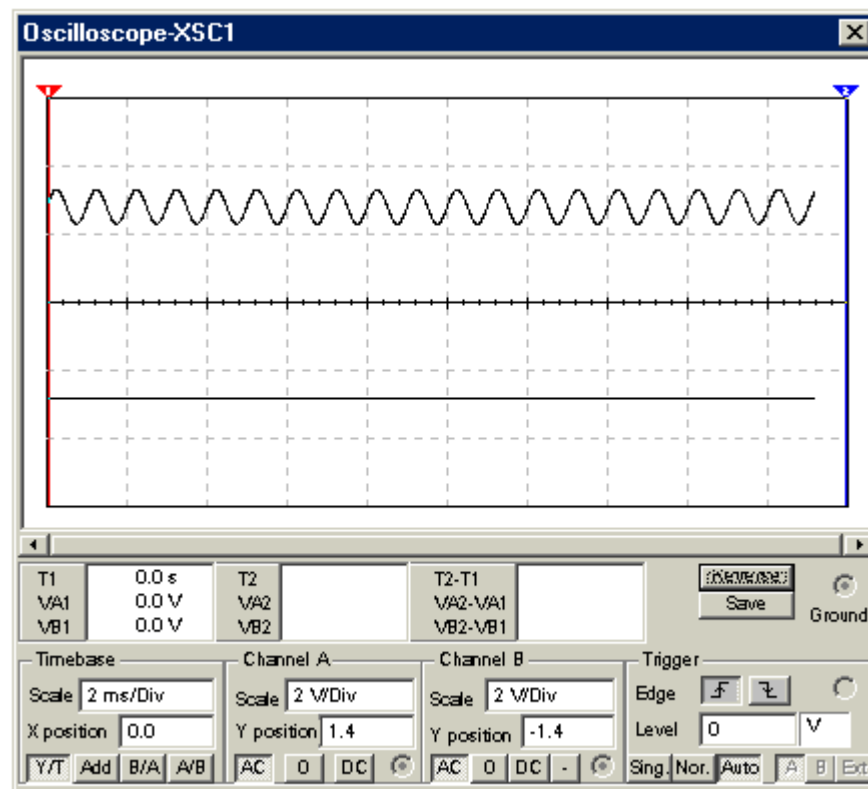
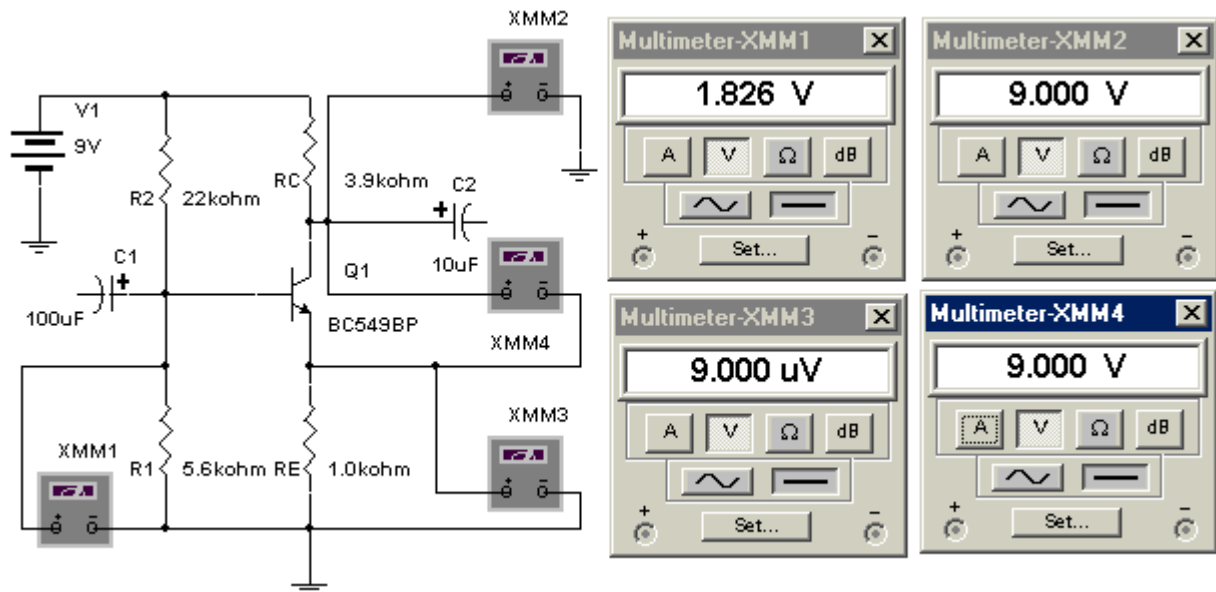


#### 5. Análisis de averías

Con la avería simulada, volvemos a medir los voltajes y la ganancia de voltaje del circuito empleando el voltímetro y el osciloscopio, respectivamente.

Para hallar la ganancia de voltaje, se ejecutan los mismos pasos que se llevaron a cabo cuando el circuito estaba en condiciones normales de funcionamiento.

En la página siguiente se muestran las lecturas de los voltímetros y de la pantalla del osciloscopio que nos permitirán analizar el circuito y descubrir la parte averiada .



### Preguntas:

- Haga un cuadro comparativo de los voltajes medidos en condiciones normales y los voltajes medidos con la avería simulada. ¿Qué cambios notan?
- ¿Quién o qué puede ser el causante de estas variaciones. Por qué? Fundamente su respuesta.

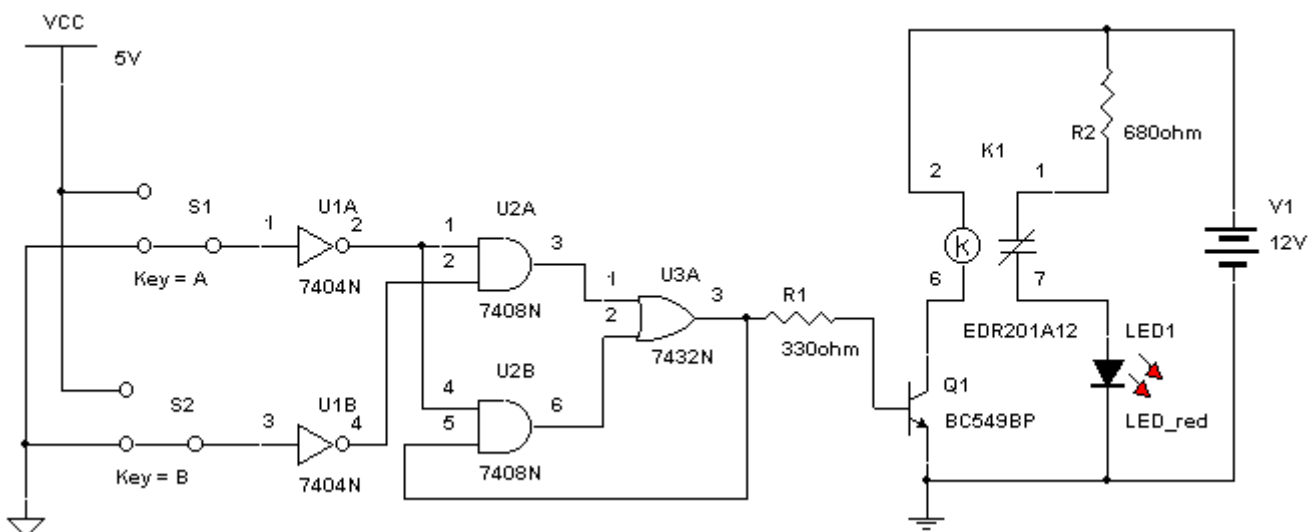
## Ejemplo 3: Compuertas Lógicas

El circuito mostrado, corresponde a un sistema que controla el llenado de agua para el tanque elevado de un edificio o casa.

La mayoría de edificios posee dos cisternas para agua: la primera se ubica en el sótano y la segunda sobre el techo del edificio; esta última es la que provee de agua a todos los habitantes del edificio y su control será materia de nuestro estudio.

La segunda cisterna o tanque elevado, posee dos interruptores que controlan los niveles mínimo y máximo de agua. La simulación será representada por los interruptores S1 (Key = A) y S2 (Key = B), en el circuito.

La salida de todo el sistema de control activa o desactiva (dependiendo de las condiciones del nivel de agua) un relay (K1) que controla el motor de la bomba; encargado de enviar el agua al tanque elevado, que a su vez está conectado a la línea de 220 VAC. Para efectos de estudio, el motor lo estamos remplazando por un Led (LED 1) y una fuente de 12 V DC (V1).



### 1. Análisis teórico

Consideremos las variables siguientes:

S1 = Nivel máximo de agua en el tanque, simulado por la tecla A.

S2 = Nivel mínimo de agua en el tanque, simulado por la tecla B.

0 = (lógico cero) No hay agua en el tanque.

1 = (lógico uno) Sí hay agua en el tanque.

ON = Encendido.

OFF = Apagado.


En base a estas consideraciones, procedemos a establecer la tabla de verdad.

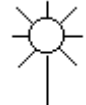
A	B	Motor	Comentario
0	0	ON	El tanque elevado está vacío, el motor de la bomba se activa.
0	1	ON	El nivel del agua llega a la posición B (nivel mínimo), el motor sigue activado y el nivel del agua continúa subiendo.
1	1	OFF	El nivel del agua llega a la posición A (nivel máximo), el motor se detiene.
0	1	OFF	El nivel del agua, por el consumo de los usuarios, empieza a bajar pero aún no alcanza la posición B (nivel mínimo), el motor permanece desactivado.
A continuación el ciclo se repite.			

Nota: La simulación del sistema se debe hacer siguiendo la secuencia de la tabla de verdad; es decir, de arriba hacia abajo y luego se reinicia.

## 2. Medición de los estados lógicos en el circuito

Cuando se trata de chips digitales; TTL o CMOS, se recomienda emplear foquitos indicadores de 5V que los encontramos en el casillero de indicadores (Indicators). Su valor debe de cambiarse a 5V porque inicialmente aparecen con 2.5V.

 Este símbolo corresponde a un foquito indicador apagado o estado lógico 0 (cero).

 Este símbolo corresponde a un foquito indicador encendido o estado lógico 1 (uno).

Los foquitos indicadores se conectan en las entradas y en las salidas de los chips digitales (en este caso son compuertas lógicas TTL); en remplazo de los voltímetros, como se señala en el circuito de la página siguiente.

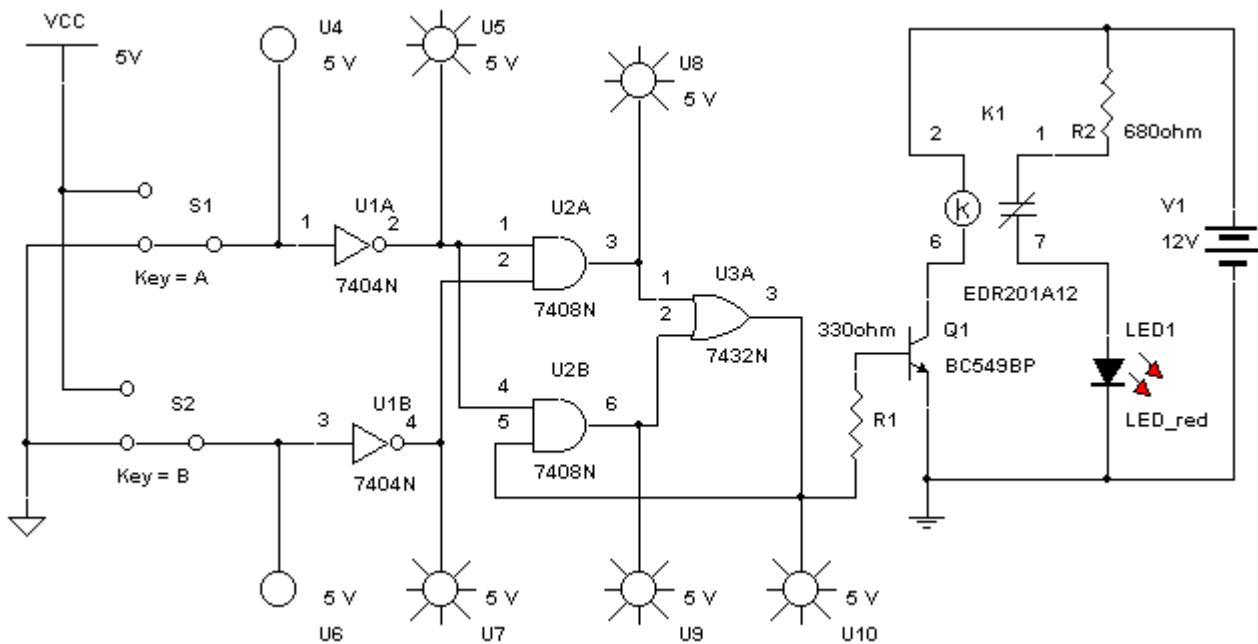
Moviendo los interruptores S1 y S2 (con las teclas A y B respectivamente), observe el encendido o apagado de los foquitos indicadores y anote estos estados lógicos en la tabla de medición siguiente:

Interruptor S1		Foquito U4		Compuerta U1A		Compuerta U2A	
Interruptor S2		Foquito U5		Foquito U8		Foquito U8	
A	B	U1A	U1B	U2A	U2B	U3A	
		U4	U5	U6	U7	U8	
0	0						
0	1						
1	1						
0	1						

Para el llenado de la tabla de medición, movemos los interruptores: S1 (Key = A) y S2 (Key = B) a VCC (estado lógico 1) y tierra o GND (estado lógico 0), de acuerdo a las posiciones lógicas indicadas en las dos primeras columnas de la tabla. Empezaremos llenando la primera fila.

### PRIMERA FILA: S1 = 0 y S2 = 0

Movemos los dos interruptores; S1 y S2, a la posición de tierra (estado lógico 0) y activamos el circuito.



En el circuito observamos lo siguiente:

El foquito U4 conectado en la patita 1 de la compuerta U1A se halla apagado y por tanto escribimos OFF en la tabla, en la primera fila y debajo de la posición U4.

A	B	U1A		U1B		U2A	U2B	U3A
		U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
0	0	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
0	1							
1	1							
0	1							

El foquito U5 conectado en la patita 2 de la compuerta U1A se halla encendido; luego, escribimos ON en la tabla, en la primera fila y debajo de la posición U5.

El foquito U6 conectado en la patita 3 de la compuerta U1B se halla apagado. Escribimos OFF en la tabla, en la primera fila y debajo de la posición U6.

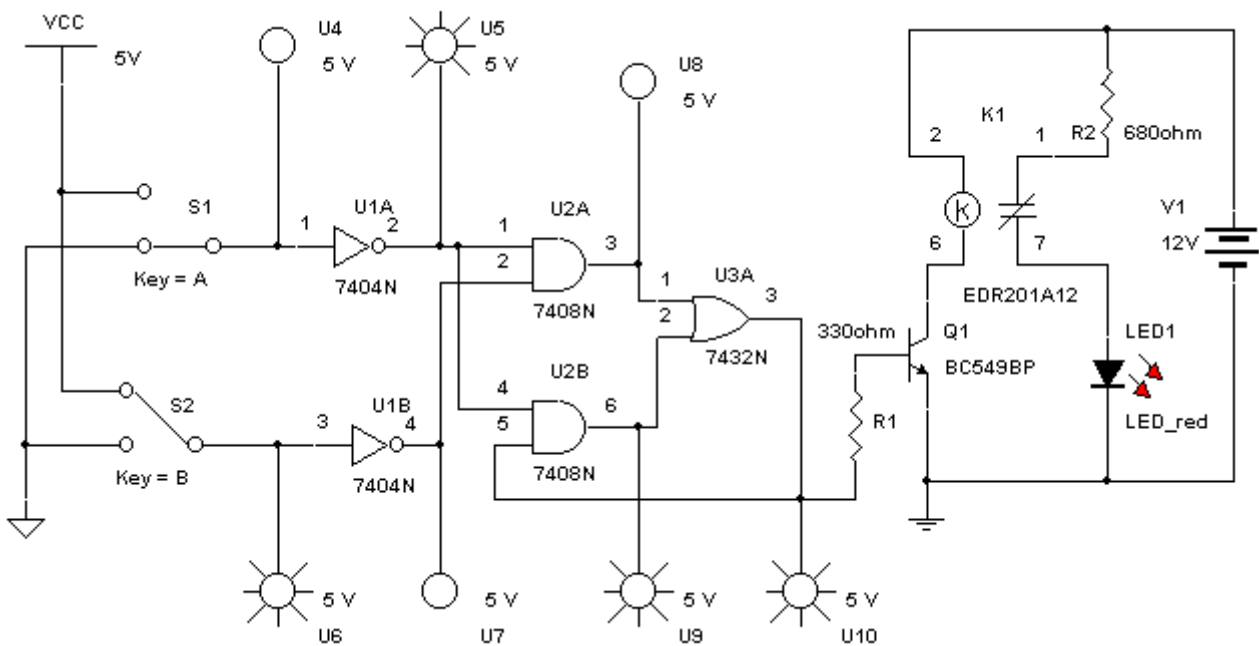
El foquito U7 conectado en la patita 4 de la compuerta U1B se muestra encendido. Escribimos ON en la tabla, en la primera fila y debajo de la posición U7.

Los foquitos U8, U9 y U10 conectados en las patitas 3, 6 y 3 de las compuertas U2A, U2B y U3A respectivamente, se encuentran encendidos. Escribimos ON en la tabla, en la primera fila y debajo de las posiciones U8, U9 y U10.

Nuestro siguiente paso es llenar la segunda fila.

## SEGUNDA FILA: S1 = 0 y S2 = 1

Dejamos el interruptor S1 en la posición de tierra (estado lógico 0) mientras que el interruptor S2 lo movemos a la posición VCC (estado lógico 1).



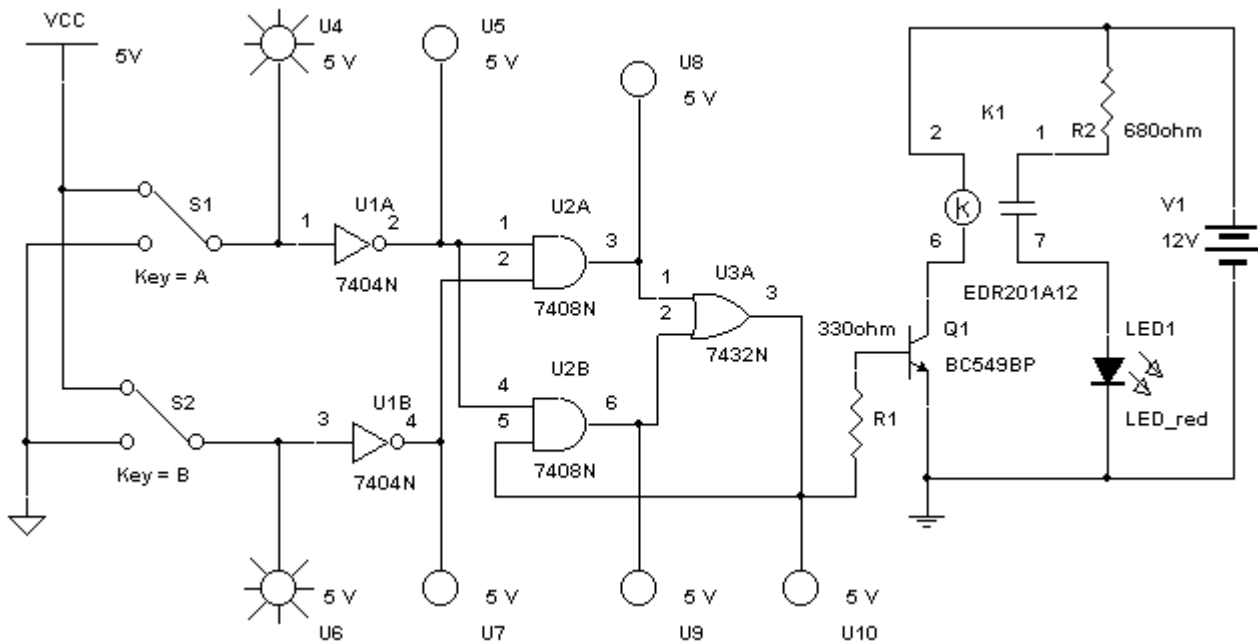
Observemos el encendido o apagado de los foquitos indicadores y de la misma manera en que llenamos la primera fila, procedamos a escribir la segunda fila.

A	B	U1A		U1B		U2A	U2B	U3A
		U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
0	0	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
0	1	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
1	1							
0	1							



### TERCERA FILA: S1 = 1 y S2 = 1

Movemos el interruptor S1 a la posición VCC (estado lógico 1) mientras que el interruptor S2 lo mantenemos en la posición VCC (estado lógico 1).

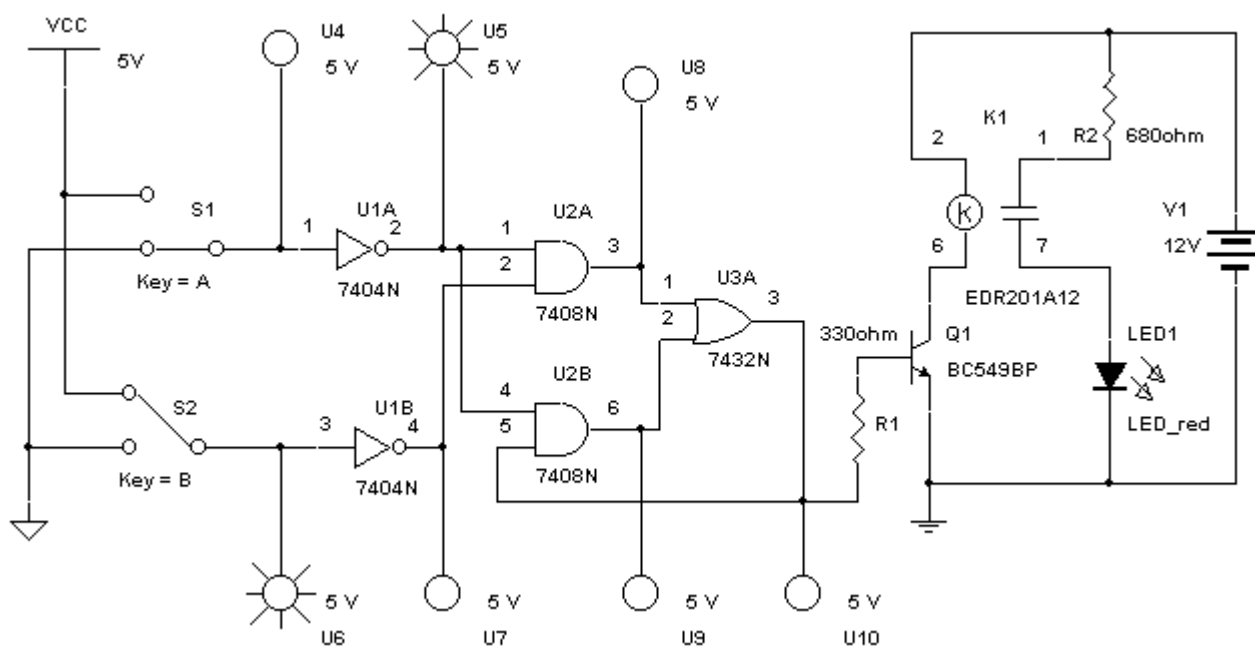


Con las nuevas condiciones de posición de los interruptores S1, S2 y observando el encendido o apagado de los foquitos indicadores, llenamos la fila 3 de nuestra tabla de mediciones.

A	B	U1A		U1B		U2A	U2B	U3A
		U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
0	0	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
0	1	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
1	1	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
0	1							

### CUARTA FILA: S1 = 0 y S2 = 1

Movemos el interruptor S1 a la posición de tierra (estado lógico 0), el interruptor S2 lo mantenemos en la posición de VCC (estado lógico 1).



Con esta nueva posibilidad, anotamos en la tabla de medición el encendido o apagado de los foquitos indicadores.

A	B	U1A		U1B		U2A	U2B	U3A
		U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
0	0	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
0	1	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
1	1	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
0	1	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF

De esta manera damos por concluído el llenado de la tabla de mediciones del circuito en condiciones óptimas de funcionamiento. El paso siguiente consiste en la simulación de averías.

### 3. Simulación de averías

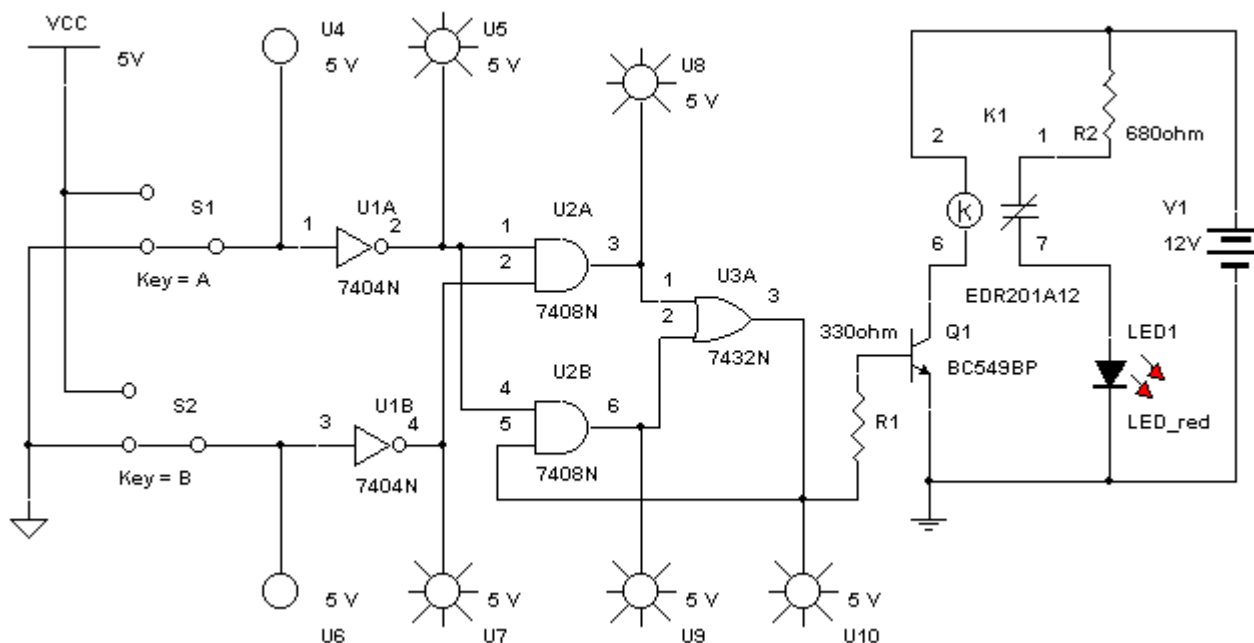
Podemos simular múltiples averías con cada una de las compuertas lógicas; sin embargo, consideraremos solamente una de ellas: cortocircuitamos la patita 1 (1A) con la patita 2 (2A) de la compuerta U1A.

Para simular la avería en U1A, haga lo siguiente:

1. Seleccionamos la compuerta U1A, haciendo doble clic en él, con el botón izquierdo del mouse.
2. Aparece esta ventana.
3. Seleccionamos Fault.
4. Seleccionamos cortocircuito.
5. Seleccionamos patitas 2A y 1A
6. Para finalizar hacemos clic aquí.

#### 4. Análisis de averías

Activamos el interruptor 0/1 del Multisim para observar el comportamiento del circuito.



Es necesario que Usted repita el proceso descrito en las páginas anteriores; pero ahora con las condiciones de avería impuestas al circuito. Observe el encendido o apagado de los foquitos indicadores para cada una de las condiciones lógicas de los interruptores S1 y S2; enseguida, anótelos en la tabla siguiente:

A	B	U1A		U1B		U2A	U2B	U3A
		U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
0	0							
0	1							
1	1							
0	1							

#### Preguntas:

- Comparando las tablas: en condiciones normales y con la avería simulada. ¿Qué cambios observa?
- ¿Quién o qué puede ser el causante de estas variaciones. Por qué?. Fundamente su respuesta.