



# ELECTRÓNICA ANALÓGICA

## PRUEBA DE DIODOS

UACH

PRÁCTICA No 1

OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE UN DIODO CON UN MULTIMETRO DIGITAL.

### MATERIAL :

1 MULTIMETRO

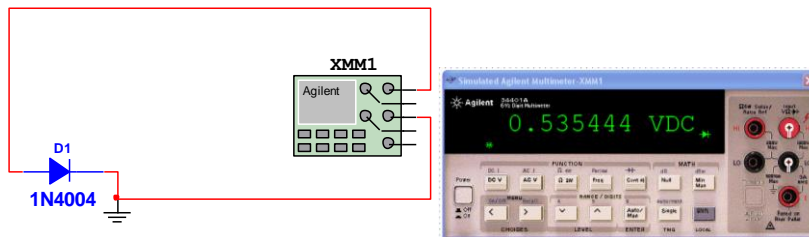
1 DIODOS (1N4001, 1N4004, 1N4730A. etc.)

### PROCEDIMIENTO

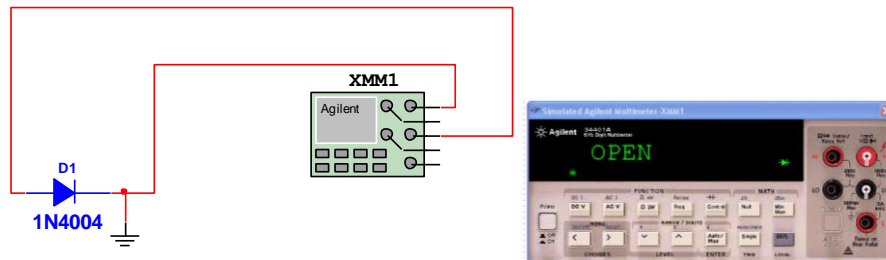
1.- EL MULTIMETRO DIGITAL CUENTA CON UNA FUNCIÓN DE PRUEBA DE DIODOS LA CUAL COMPROBAREMOS ; AL COLOCAR LA PERILLA SELECTORA EN EL SÍMBOLO DE DIODOS , Y LAS PUNTAS DE PRUEBA POSITIVA EN EL ÁNODO DEL DIODO Y LA PUNTA NEGATIVA EN EL CÁTODO ( POLARIZACIÓN DIRECTA ) , SE TENDRÁ UNA LECTURA DE  $\sim V$  QUE INDICARÁ EL POTENCIAL DE BARRERA DEL DIODO. SI LAS PUNTAS DE PRUEBA SE CONECTAN INVERSAMENTE ( POLARIZACIÓN INVERSA) LA LECTURA SERÁ OL , ESTO ES , CIRCUITO ABIERTO; SI SE PRESENTAN ESTOS DOS CASOS EN LA MEDICIÓN EL DIODO , ELLO INDICARÁ QUE ESTA EN BUEN ESTADO , EN CASO QUE NO SE CUMPLA CUALQUIERA DE LAS DOS MEDICIONES ESTARÁ DAÑADO:

POLARIZACION DIRECTA:

EJEMPLO:



POLARIZACION INVERZA:



2.- LOS PROCESOS DESCRITOS EN LA SECCION 1, IMPLEMENTARLOS EN SIMULACION Y EXPERIMENTACION Y TOMAR LAS NOTAS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES Y SIMULADOS.

SIMULADO CON DIODO 1N4004 COMO EL EJEMPLO MOSTRADO

DIODO	POLARIZACION DIRECTA	POLARIZACION INVERSA	ESTADO

EXPERIMENTALES

DIODO	POLARIZACION DIRECTA	POLARIZACION INVERSA	ESTADO	TIPO DE DIODO	VALORES (hoja de Datos)

3.- QUE PUEDE CONCLUIR AL FINALIZAR ESTA PRÁCTICA.



OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL ANÁLISIS EN POLARIZACIÓN DIRECTA E INVERSA DE UN CIRCUITO SERIE DE UN DIODO Y UNA RESISTENCIA CON UNA FUENTE DE CD.

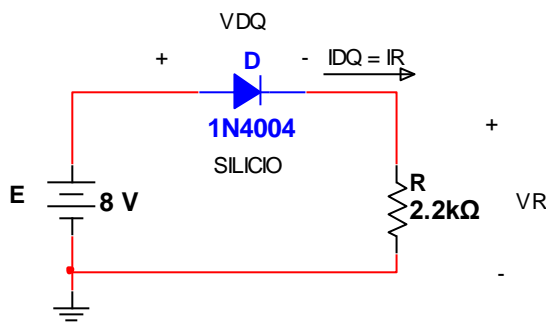
**MATERIAL :**

- 1 MULTIMETRO
- 1 DIODO
- 1 RESISTENCIA 2.2 kΩ
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE

$$E = V_D + I_D \cdot R$$
$$I_D = \frac{E}{R} \text{ CON } V_D = 0V \text{ (REGION DE SATURACION)}$$
$$V_D = E \text{ CON } I_D = 0A \text{ (REGION DE CORTE)}$$

**PROCEDIMIENTO**

1.- DEL CIRCUITO MOSTRADO EN LA FIGURA, REALICE LOS CALCULOS TEORICOS POR RECTA DE CARGA PARA LLENAR LA TABLA SIGUIENTE:



TEORICOS						
E	V <sub>DQ</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	I <sub>D</sub>	V <sub>D</sub>

2.- REALICE LAS SIMULACIONES DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

SIMULADOS						
E	V <sub>DQ</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	I <sub>D</sub>	V <sub>D</sub>

3.- REALICE LA IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

EXPERIMENTALES						
E	V <sub>DQ</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	I <sub>D</sub>	V <sub>D</sub>

4.- CON EL DIODO INVERTIDO REALICE LOS PASOS 1, 2 Y 3 PARA LLENAR LAS TABLAS SIGUIENTES:

TEORICOS						
E	V <sub>DQ</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	I <sub>D</sub>	V <sub>D</sub>

SIMULADOS						
E	V <sub>DQ</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	I <sub>D</sub>	V <sub>D</sub>

EXPERIMENTALES						
E	V <sub>DQ</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub>	I <sub>D</sub>	V <sub>D</sub>

5.- CONCLUSIONES.



OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL ANALISIS DE CIRCUITOS SERIE PARALELO CON DIODOS.

**MATERIAL :**

1 MULTIMETRO  
3 DIODO  
RESISTENCIAS SEGÚN DISEÑO  
2 FUENTES +/- V VARIABLES  
C/ 2PAR DE PUNTAS

CONSIDERAR QUE EL VOLTAGE DE POLARIZACION DEL DIODO DE SILICIO ES DE 0.7V PARA CUESTIONES PRACTICAS DE ANALISIS DEL CIRCUITO.

CONSIDERAR LAS TECNICAS DE ANALISIS DE CIRCUITOS VISTAS EN LA MATERIA DE SISTEMAS Y CIRCUITOS.

**PROCEDIMIENTO**

1.- DISEÑE UN CIRCUITO SERIE PARALELO CON AL MENOS TRES DIODOS Y UN MINIMO DE 3 MALLAS, LAS RESISTENCIAS A CONSIDERACION CON AL MENOS DOS FUENTES( TENER EN CUENTA LAS POTENCIAS DISIPADAS POR LAS RESISTENCIAS):

CIRCUITO DISEÑADO  
CALCULE VOLTAJES Y CORRIENTES

- 2.- TEORICAS.
- 3.- SIMULADAS.
- 4.- EXPERIMENTALES

DE SU CIRCUITO

- 5.- CONCLUSIONES.



OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL ANALISIS DEL RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA CON DIODO

**MATERIAL:**

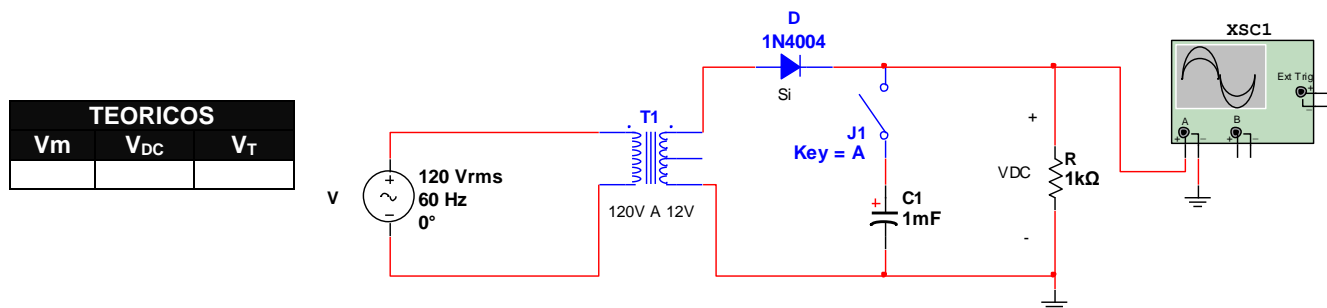
- 1 CAPACITOR DE 1000  $\mu$ f 50 v
- 1 DIODOS RECTIFICADOR
- 1 MULTIMETRO
- 1 TRANSFORMADOR 120VAC - 12VAC
- 1 OSCILOSCOPIO
- 1 RESISTENCIA 1K $\Omega$
- 1 INTERRUPTOR SPST (1 Polo 1 Tiro)

CONSIDERANDO EL DIODO IDEAL EL VOLTAJE DE POLARIZACIÓN ES DE  $V_T = 0V$ , ENTONCES:  
 $V_{DC} = 0.318V_m$

CONSIDERANDO EL DIODO DE SILICIO (Si) EL VOLTAJE DE POLARIZACIÓN ES DE  $V_T = 0.7V$ , ENTONCES:  
 $V_{DC} = 0.318 (V_m - V_T)$

**PROCEDIMIENTO**

1.- DEL CIRCUITO MOSTRADO EN LA FIGURA, REALICE LOS CALCULOS TEORICOS PARA LLENAR LA TABLA SIGUIENTE (CONSIDERAR EL JI ABIERTO EN LOS PASOS 1, 2, 3, 4):



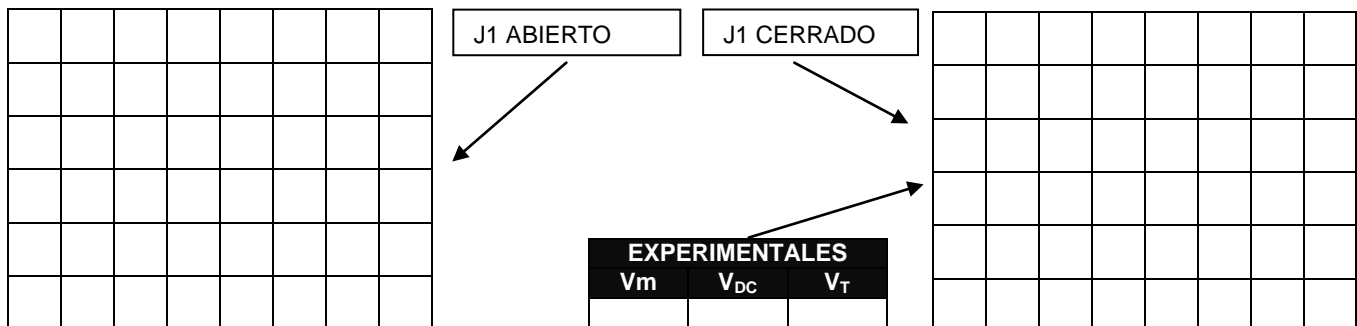
2.- REALICE LAS SIMULACIONES DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

SIMULADOS		
$V_m$	$V_{DC}$	$V_T$

3.- REALICE LA IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

EXPERIMENTALES		
$V_m$	$V_{DC}$	$V_T$

4.- CON EL INTERRUPTOR ABIERTO, TOME LAS MEDICIONES EN R CON EL OSCILOSCOPIO Y DIBUJE LA FORMA DE ONDA.



5.- PRESIONE EL INTERRUPTOR Y CON EL OSCILOSCOPIO MIDA LA FORMA DE ONDA DE VOLTAJE EN R.

6.- CONCLUSIONES.



OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL ANALISIS DEL RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

**MATERIAL :**

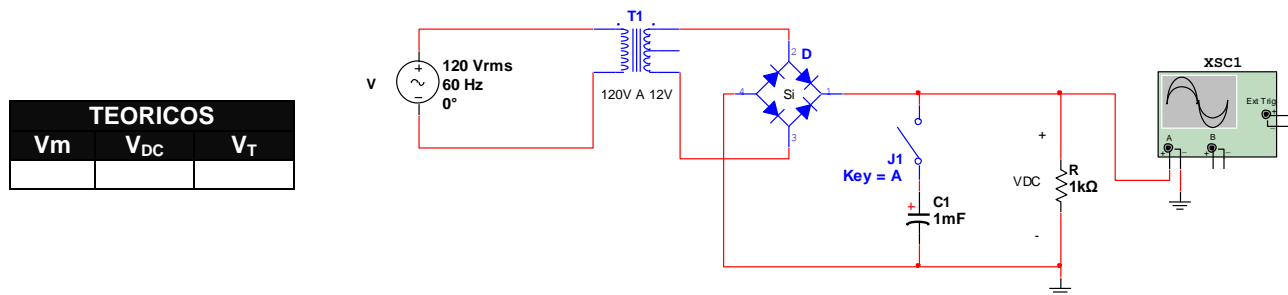
1 CAPACITOR DE 1000  $\mu$ f 50 v  
4 DIODOS RECTIFICADOR  
1 MULTIMETRO  
1 TRANSFORMADOR 120VAC - 12VAC  
1 OSCILOSCOPIO  
1 RESISTENCIA 1K  
1 INTERRUPTOR SPST (1 polo 1 tiro)

CONSIDERANDO EL DIODO IDEAL EL VOLTAJE DE POLARIZACIÓN ES DE  $V_T = 0V$ , ENTONCES:  
 $V_{DC} = 0.636V_m$

CONSIDERANDO EL DIODO DE SILICIO (Si) EL VOLTAJE DE POLARIZACIÓN ES DE  $V_T = 0.7V$ , ENTONCES:  
 $V_{DC} = 0.636 (V_m - 2V_T)$

**PROCEDIMIENTO**

1.- DEL CIRCUITO MOSTRADO EN LA FIGURA, REALICE LOS CALCULOS TEORICOS PARA LLENAR LA TABLA SIGUIENTE (CONSIDERAR EL JI ABIERTO EN LOS PASOS 1, 2, 3, 4):



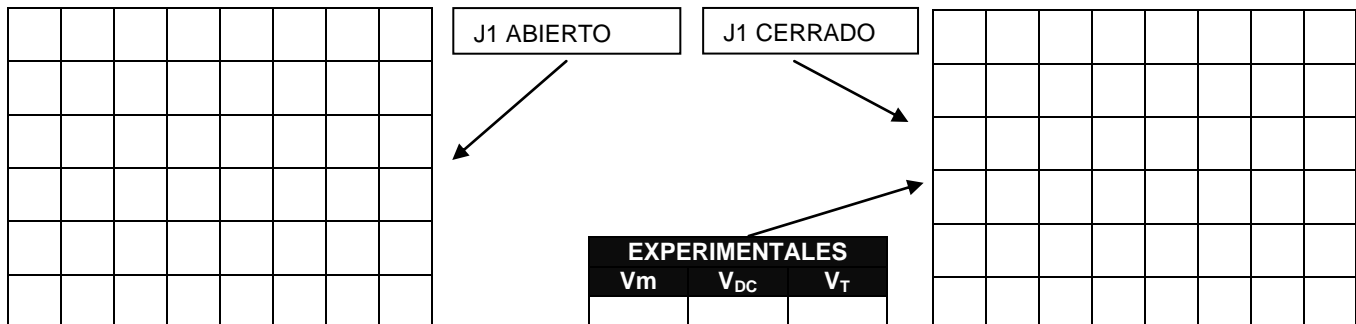
2.- REALICE LAS SIMULACIONES DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

SIMULADOS		
$V_m$	$V_{DC}$	$V_T$

3.- REALICE LA IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

EXPERIMENTALES		
$V_m$	$V_{DC}$	$V_T$

4.- CON EL INTERRUPTOR ABIERTO, TOME LAS MEDICIONES EN R CON EL OSCILOSCOPIO Y DIBUJE LA FORMA DE ONDA.



5.- PRESIONE EL INTERRUPTOR Y CON EL OSCILOSCOPIO MIDA LA FORMA DE ONDA DE VOLTAJE EN R.

6.- CONCLUSIONES.



OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, COMO FUNCIONA UN MULTIPLICADOR DOBLADOR DE VOLTAJE.

**MATERIAL :**

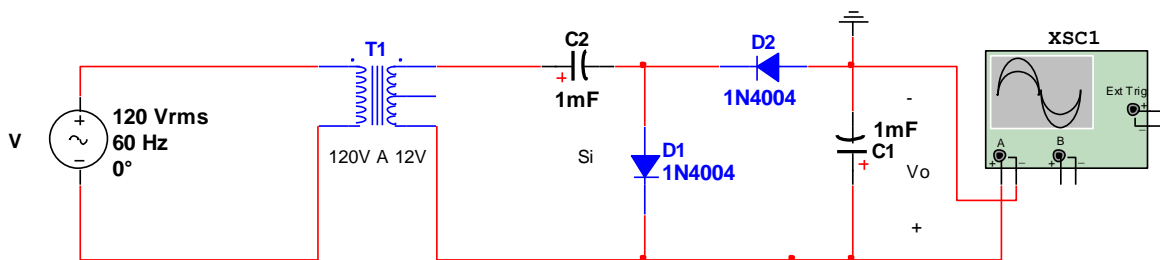
- 2 DIODOS
- 1 MULTIMETRO
- 1 TRANSFORMADOR 120VAC - 12VAC
- 1 OSCILOSCOPIO
- 2 CAPACITORES 1000  $\mu$ f

CONSIDERANDO LOS DIODOS IDEALES EL VOLTAJE A SALIDA ES:

$$V_o = 2V_m$$

**PROCEDIMIENTO**

1.- DEL CIRCUITO MOSTRADO EN LA FIGURA, REALICE LOS CALCULOS TEORICOS PARA LLENAR LA TABLA SIGUIENTE:



TEORICOS		
$V_m$	$V_o$	$V_T$

2.- REALICE LAS SIMULACIONES DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

SIMULADOS		
$V_m$	$V_o$	$V_T$

3.- REALICE LA IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

EXPERIMENTALES		
$V_m$	$V_o$	$V_T$

6.- CONCLUSIONES.



OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, COMO FUNCIONA UN DIODO ZENER COMO REGULADOR DE VOLTAJE Y RECORTADOR DE VOLTAJE.

**MATERIAL :**

- 1 DIODO ZENER 10 VOLTS
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE
- 1 MULTIMETRO
- 1 TRANSFORMADOR 120VAC - 12VAC
- 1 OSCILOSCOPIO
- 1 RESISTENCIA 1 K
- 1 RESISTENCIA 1.2 K
- 1 RESISTENCIA 3 K

CUANDO  $V_L$  ES IGUAL O MAYOR QUE  $V_Z$  ESTABLECIDA POR FABRICANTE ENTONCES:

$$V_L = V_Z = (R_L * V_i) / (R + R_L)$$

$$I_Z = I_R - I_L$$

$$P_Z = V_Z * I_Z \text{ (DEBE SER MENOR QUE LA DE POR FABRICANTE)}$$

DE LO CONTRARIO NO SE POLARIZA EL ZENER:

$$V_L = (R_L * V_i) / (R + R_L)$$

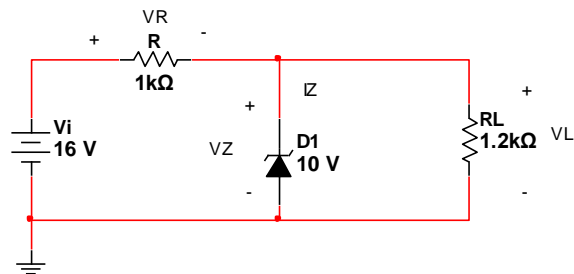
$$I_Z = 0A$$

$$P_Z = 0W$$

**PROCEDIMIENTO**

1.- DEL CIRCUITO MOSTRADO EN LA FIGURA, REALICE LOS CALCULOS TEORICOS PARA LLENAR LA TABLA SIGUIENTE (CON  $R_L = 1.2K$ ):

TEORICOS			
$V_L$	$V_R$	$I_Z$	$P_Z$



2.- REALICE LAS SIMULACIONES DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA (CON  $R_L = 1.2K$ ):

SIMULADOS			
$V_L$	$V_R$	$I_Z$	$P_Z$

3.- REALICE LA IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA:

EXPERIMENTALES			
$V_L$	$V_R$	$I_Z$	$P_Z$

4.- REPITA LOS PASOS 1, 2 Y 3 CON  $R_L = 3K$ , Y LLENE LAS SIGUIENTES TABLAS:

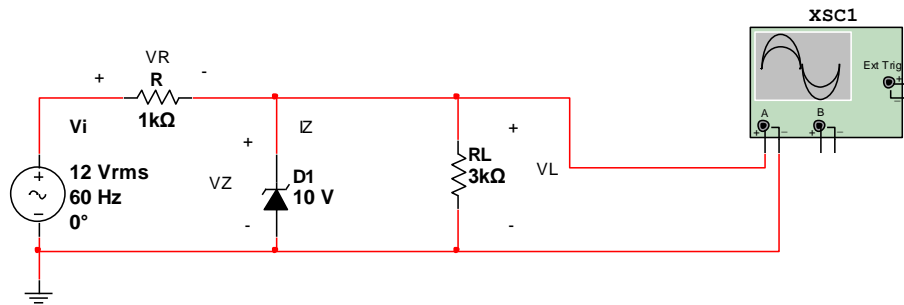
TEORICOS			
$V_L$	$V_R$	$I_Z$	$P_Z$

SIMULADOS			
$V_L$	$V_R$	$I_Z$	$P_Z$

EXPERIMENTALES			
$V_L$	$V_R$	$I_Z$	$P_Z$



5.- AHORA EN EL CIRCUITO DE SIMULACION Y DE EXPERIMENTACION CAMBIE LA FUENTE DE CORRIENTE DIRECTA POR UNA DE CORRIENTE ALTERNA COMO LO MUESTRA EL SIGUIENTE CIRCUITO:



6.- DIBUJE EL VOLTAJE  $V_L$  DE ACUERDO A LO VISTO EN EL CIRCUITO EXPERIMENTAL Y DE SIMULACION, Y EXPLIQUE POR SE SUCEDÉ LO QUE VE.

SIMULACION


EXPERIMENTACION


7.- CONCLUSIONES.





OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, COMO FUNCIONA UN DIODO LED COMO DETECTOR DE POLARIDAD.

**MATERIAL :**

- 2 DIODOS LED (ROJO Y VERDE)
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE
- 1 MULTIMETRO
- 1 RESISTENCIA VARIABLE DE 10KΩ(POTENCIOMETRO)
- 1 GENERADOR DE FUNCIONES

CONSIDERAR QUE EL VOLTAJE DE POLARIZACION DE LOS DIODOS DE SILICIO ES DE  $V_T = 0.7V$ .

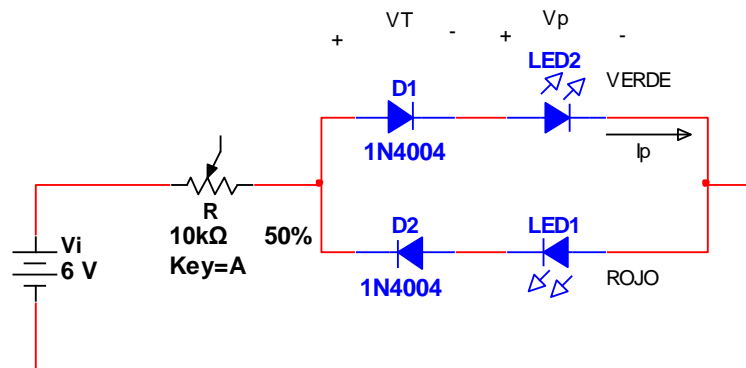
SE DEBE INVESTIGAR SOBRE EL VOLTAJE DE POLARIZACION ( $V_p$ ) DEL DIODO Y LA CORRIENTE DE POLARIZACION ( $I_p$ ) DEL MISMO, DEBIDO A QUE:

$$R = \{V_i - (V_T + V_p)\} / I_p$$

PARA LA RAMA DEL LED ROJO O VERDE

**PROCEDIMIENTO**

1.- DEL CIRCUITO MOSTRADO EN LA FIGURA, REALICE LOS CALCULOS TEORICOS PARA ENCONTRAR EL VALOR A QUE DEBEMOS AJUSTAR AL POTENCIOMETRO R, CONSIDERANDO  $V_i = 6V$ , CON LA FINALIDAD DE QUE SE ENCIENDA EL LED CORRESPONDIENTE A NIVEL OPTIMOS DE LUMINOSIDAD:



2.- INVIERTA LAS POLARIDADES DE  $V_i$  Y VEA QUE SUCEDE.

3.- REMPLAZE LA FUENTE DE CORRIENTE DIRECTA POR UN PULSO CUADRADO CON UN PERIODO DE 0.5 SEGUNDOS Y UN VOLTAJE DE 6  $V_{pp}$  (PICO A PICO) Y VEA QUE SUCEDE, Y EXPLIQUE LO QUE VE (HACER ESTE PASO CON EL GENERADOR DE FUNCIONES).

4.- CONCLUSIONES.

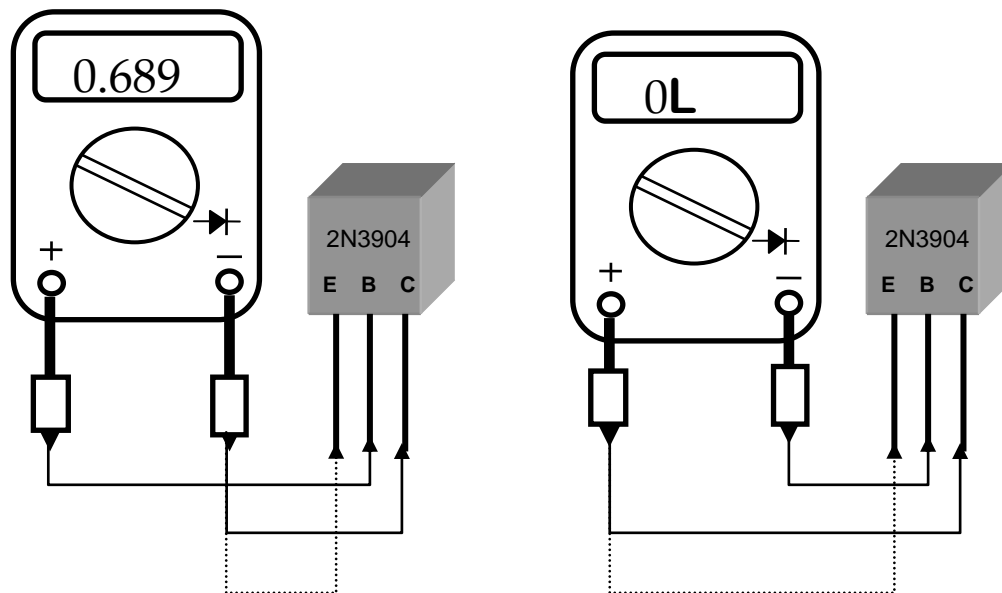
OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSISTOR CON UN MULTIMETRO DIGITAL.

**MATERIAL :**

1 MULTIMETRO  
1 TRANSISTOR 2N3904  
1 TRANSISTOR 2N3906

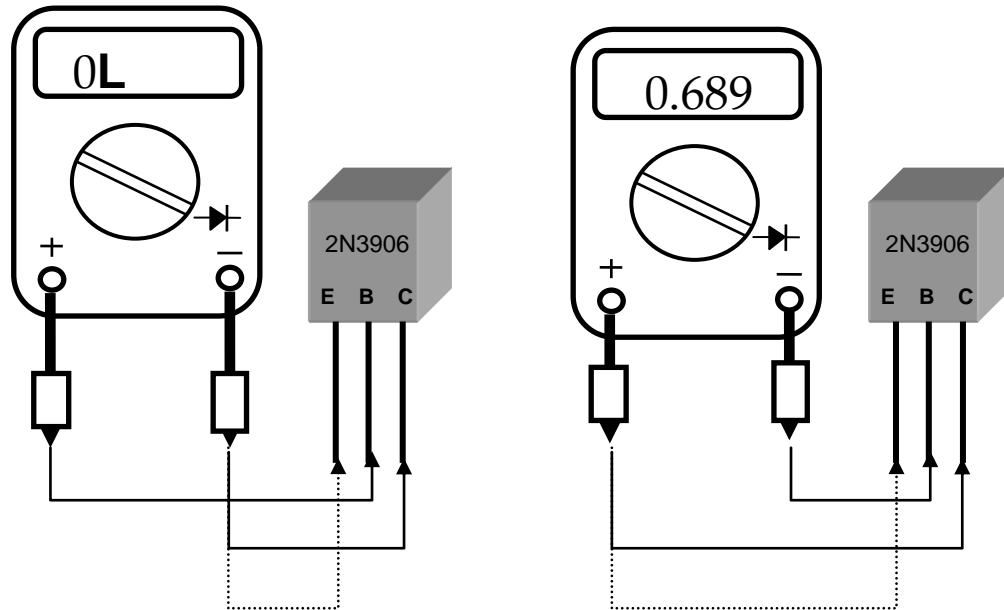
**PROCEDIMIENTO**

1.- EL MULTIMETRO DIGITAL CUENTA CON UNA FUNCIÓN DE PRUEBA DE DIODOS LA CUAL UTILIZAREMOS PARA PROBAR AL TRANSISTOR, EXISTEN DOS TIPOS PRINCIPALES DE TRANSISTORES LOS NPN Y PNP ESTOS NOMBRES PROVIENEN DEL MATERIAL CON QUE ESTÁN CONSTITUIDOS. PARA PROBARLOS ES NECESARIO IDENTIFICA SI ES DE TIPO NPN O PNP, UNA VEZ IDENTIFICADO SE COLOCARA LA PERILLA SELECTORA EN EL SÍMBOLO DE DIODOS, Y SE PROCEDE COMO SIGUE:

**PRUEBA SI EL TRANSISTOR ES NPN 2N3904**

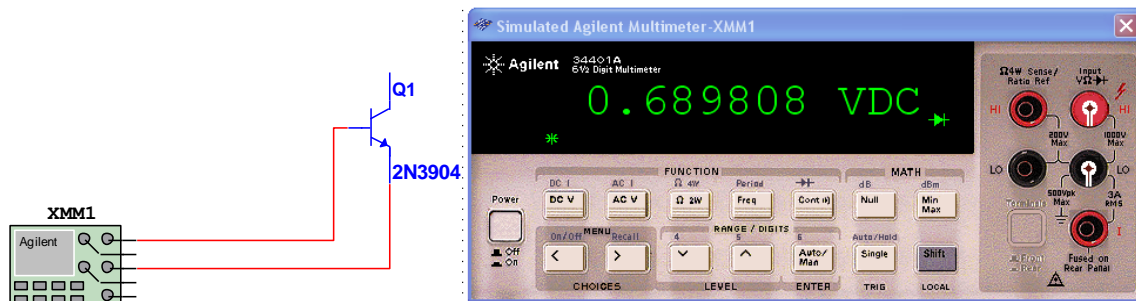
La punta de prueba positiva se coloca en la base y la punta negativa en el colector y después en el emisor, ambas lecturas tendrán un valor aprox. de 0.59 (un poco más en el emisor que en el colector) que indicará el potencial de barrera del diodo. Si las puntas de prueba se conectan inversamente (polarización inversa) la lectura será OL, esto es, circuito abierto; si todas estas mediciones se cumplen el transistor, **ESTA EN BUEN ESTADO**, en caso que no se cumpla cualquiera de estas mediciones el transistor NPN estará **DAÑADO**.

PRUEBA SI EL TRANSISTOR ES PNP 2N3906



La punta de prueba negativa se coloca en la base y la punta positiva en el colector y después en el emisor, ambas lecturas tendrán un valor aprox. de 0.59 (un poco más en el emisor que en el colector) que indicara el potencial de barrera del diodo. Si las puntas de prueba se conectan inversamente (polarización inversa) la lectura será OL, esto es, circuito abierto; si todas estas mediciones se cumplen el transistor, ESTA EN BUEN ESTADO, en caso que no se cumpla cualquiera de estas mediciones el transistor PNP estará DAÑADO.

2.- EL SIGUIENTE CIRCUITO DE SIMULACION REPRESENTA EL EQUIVALENTE AL CIRCUITO DE LA PRIMER FIGURA.



3.- REALIZAR LAS SIMULACIONES FALTANTES DE LAS PRUEBAS DESCRITAS EN EL PASO 1.

4.- CONCLUSIONES.







**OBJETIVO.-** EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSISTOR EN POLARIZACION POR DIVISOR DE VOLTAJE.

**MATERIAL :**

1 MULTIMETRO DE BANCO  
 1 TRANSISTOR 2N3904  
 1 FUENTE +/- V VARIABLE  
 1 RESISTENCIA 39KΩ  
 1 RESISTENCIA 10KΩ  
 1 RESISTENCIA 1.6KΩ  
 1 RESISTENCIA 3.9KΩ

$$I_B = (V_{TH} - V_{BE}) / ((R_{TH} + (\beta + 1) R_E)) \quad I_C = \beta * I_B \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C * (R_C + R_E)$$

$$R_{TH} = R_1 // R_2 \quad V_{TH} = V_{R2} = (R_2 * V_{CC}) / (R_1 + R_2) \quad I_C = I_E = V_E / R_E$$

$$V_C = V_{CC} - I_C * R_C \quad V_C = V_{CE} + V_E \quad V_{BE} = V_B - V_E$$

$$V_B = V_{TH} \quad V_E = V_B - V_{BE} \quad \beta = I_C / I_B \quad V_{BE} = 0.7V$$

$$V_{CE\_corte} = V_{CC}, \text{ SI } I_C = 0mA \quad I_{CSat} = V_{CC} / (R_C + R_E), \text{ SI } V_{CE} = 0V$$

**PROCEDIMIENTO**

1.- EL CIRCUITO DE LA FIGURA DE ABAJO REPRESENTA EL TRANSISTOR NPN EN POLARIZACION POR DIVISOR DE VOLTAJE, IMPLEMENTE EL CIRCUITO ANTES DE SIMULARLO, DE CALCULAR, Y TOMA LAS MEDICIONES CORRESPONDIENTES PARA LLENAR LA TABLA.

EXPERIMENTALES									
$I_{BQ}$	$V_B$	$V_{BC}$	$V_C$	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$	$V_E$	$\beta$	$I_{EQ}$	$V_{CC}$

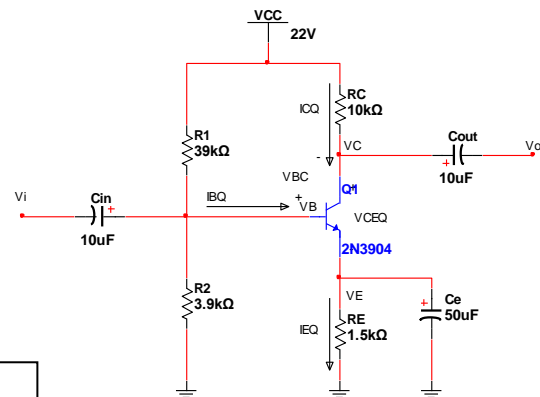
INVESTIGAR LOS PARÁMETROS ESPECIFICADOS POR FABRICANTE Y DETERMINAR SI LOS OBTENIDOS POR EXPERIMENTACIÓN NO SOBREPASAN LOS DE FABRICANTE.

$V_{CEQ}$  (CORTE),  $\beta$  (hFE),  $V_{CE}$  (SATURACIÓN),  $V_{BE}$  (SATURACIÓN),  $I_C$ ,  
 $P_D$  ( $P_D = I_C * V_{CE}$ , POTENCIA DISIPADA)  
 $I_{CBO}$  (CORTE).

RECUERDE QUE PARA NO QUEMAR EL BJT:

$I_{CBO} \leq I_{CQ} \leq I_C$   
 $V_{CE} \text{ (SATURACIÓN)} \leq V_{CEQ} \leq V_{CEQ}$   
 $V_{CEQ} * I_{CQ} \leq P_D$

$$\beta * R_E \geq 10R_2$$



2.- REALICE EL CIRCUITO DE SIMULACION CON LA BETA ( $\beta$ ) OBTENIDA EN LA EXPERIMENTACION Y LLENE LA TABLA CORRESPONDIENTE.

SIMULACION									
$I_{BQ}$	$V_B$	$V_{BC}$	$V_C$	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$	$V_E$	$\beta$	$I_{EQ}$	$V_{CC}$

3.- DESARROLLE LOS CALCULOS TEORICOS CON LA BETA ( $\beta$ ) OBTENIDA EN LA EXPERIMENTACION PARA LLENAR LA SIGUIENTE TABLA

TEORICOS									
$I_{BQ}$	$V_B$	$V_{BC}$	$V_C$	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$	$V_E$	$\beta$	$I_{EQ}$	$V_{CC}$

4.- EN QUE REGION DE OPERACIÓN SE ENCUENTRA EL TRANSISTOR.

5.- QUE SE PUEDE HACER PARA LLEVARLO A LA REGION DE SATURACION, LINEAL Y LA DE CORTE.

6.- DIBUJE LA RECTA DE CARGA.

7.- CONCLUSIONES.



# UACH

## ELECTRÓNICA ANALÓGICA

### EL TRANSISTOR BJT COMO INTERRUPTOR DE POTENCIA

PRÁCTICA No 13

OBJETIVO.- EL ALUMNO DEMOSTRARÁ EL FUNCIONAMIENTO DE UNA TRANSISTOR DE POTENCIA DARLINGTON (TIP100) COMO INTERRUPTOR.

#### MATERIAL :

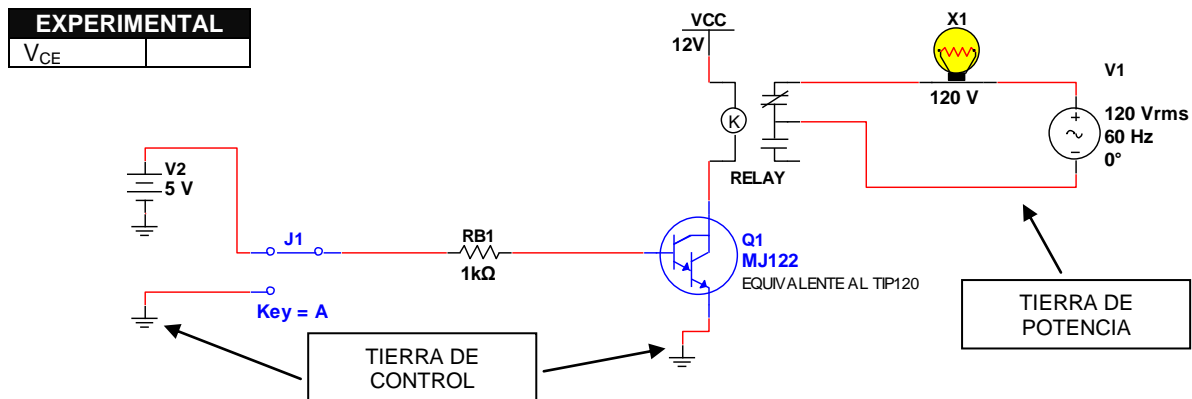
- 1 TRANSISTOR TIP120 DARLINGTON
- 1 TRANSISTOR TIP41C
- 1 TRANSISTOR 2N3904
- 1 MULTÍMETRO
- 1 RESISTENCIA CALCULADA
- 1 INTERRUPTOR 1 POLO 2 TIROS
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE.
- 1 RELEVADOR CON BOBINA DE 12 V<sub>DC</sub>
- 1 MOTOR O UN FOCO DE CORRIENTE ALTERNA

PRECAUCIÓN: ANTES DE EFECTUAR LOS PUNTOS SIGUIENTES, LÉALOS CUIDADOSAMENTE Y CONSULTE LA CONFIGURACIÓN DE LOS TRANSISTORES EN SU HOJA DE DATOS

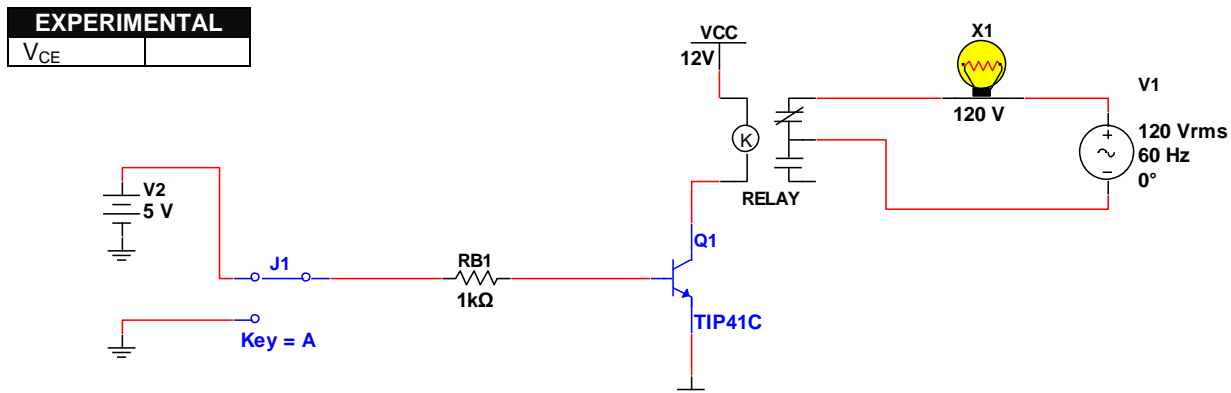
LA CARGA PUEDE SER CUALQUIERA LO IMPORTANTE ES QUE LA TIERRA (POTENCIA) DE LA MISMA, NO TIENE CONEXIÓN CON LA TIERRA DE CONTROL.

#### PROCEDIMIENTO

- 1.- CONSULTE LOS PARÁMETROS Y CONFIGURACIÓN DEL TRANSISTOR EN LA HOJA DEL FABRICANTE.
- 2.- CALCULE LA RESISTENCIA R<sub>B</sub>.
- 3.- ALAMBRAR EL CIRCUITO DE ACUERDO CON EL DIAGRAMA MOSTRADO SIN EL MOTOR AC.
- 4.- CHECAR CONEXIONES ANTES DE ENERGIZAR EL CIRCUITO. PEDIR AL INSTRUCTOR VISTO BUENO.
- 5.- APLICAR EL VOLTAJE DE ENTRADA COMO SE MUESTRA EN EL CIRCUITO Y COTEJAR QUE SE ACCIONE EL RELEVADOR, POSTERIORMENTE COLOCAR EL MOTOR AC AL RELEVADOR, LLENAR LA TABLA DE ESTE PASO.

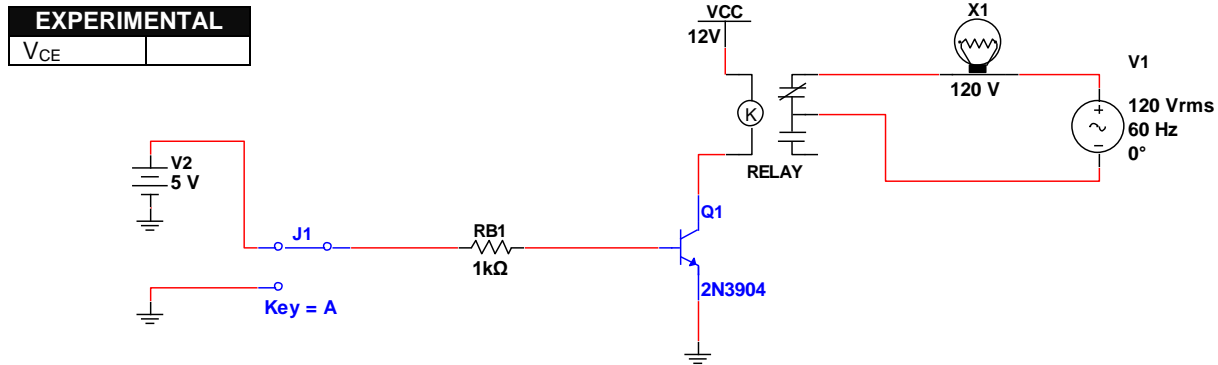


- 6.- REMOVER EL MOTOR DE AC, AHORA REMPLAZA EL TIP120 POR UN TIP41C, RECALCULE RB HASTA QUE SE ENCIENDA EL RELEVADOR, LUEGO DE QUE EL RELEVADOR ENCIENDA PONER EL MOTOR DE AC DE ACUERDO AL DIAGRAMA MOSTRADO, LLENAR LA TABLA DE ESTE PASO.





7.- REMOVER EL MOTOR DE AC, AHORA REMPLAZE EL TIP120 POR UN 2N3904, RECALCULE RB HASTA QUE SE ENCIENDA EL RELEVADOR, LUEGO DE QUE EL RELEVADOR ENCIENDA PONER EL MOTOR DE AC DE ACUERDO AL DIAGRAMA MOSTRADO, LLENAR LA TABLA DE ESTE PASO.



6.- REALIZAR LAS SIMULACIONES DE LOS TRES CIRCUITOS ANTERIORES, Y LLENAR LA TABLA SIGUIENTE.

SIMULADOS		
V <sub>CE</sub> CON EL TIP120 O EQUI.	V <sub>CE</sub> CON EL TIP41C	V <sub>CE</sub> CON EL 2N3904

7.-CONTESTAR LO SIGUIENTE:

¿PARA QUÉ TE PUEDE SERVIR ESTE CIRCUITO? Y ¿EN DÓNDE LO PUEDES APLICAR?

¿QUE PARÁMETRO SE DEBE ASEGURAR EN EL BJT PARA QUE ESTE EN LA REGIÓN DE SATURACIÓN Y PUEDA ENCENDER EL RELEVADOR Y COMO LO ELIJO?

8.-CONCLUSIONES





**OBJETIVO.-** EL ALUMNO DEMOSTRARÁ EL FUNCIONAMIENTO DE PUENTE H EN BASE A TRANSISTORES DE POTENCIA DARLINGTON EN (TIP120 NPN Y TIP 126 PNP).

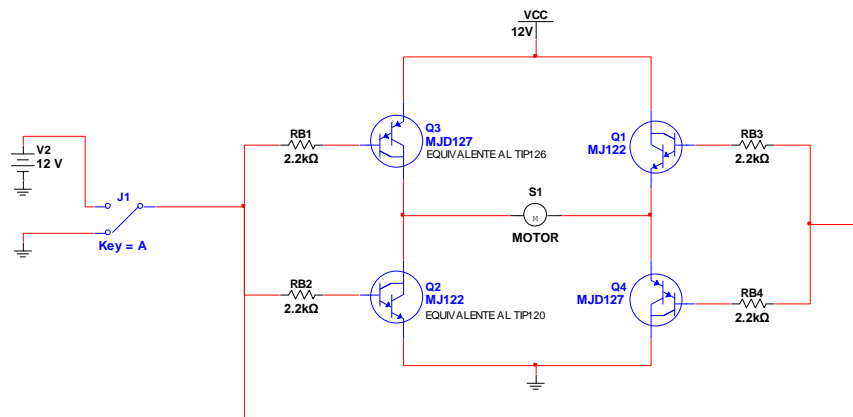
**MATERIAL :**

2 TRANSISTOR TIP 120 DARLINGTON NPN  
2 TRANSISTOR TIP 126 DARLINGTON PNP  
4 RESISTENCIAS DE 2.2 KOHM  
1 MOTOR DE 12 V<sub>DC</sub> (GRABADORA)  
1 MULTIMETRO  
1 INTERRUPTOR 1 POLO 2 TIROS  
1 FUENTE +/- V VARIABLE.

**PRECAUCIÓN:** ANTES DE EFECTUAR LOS PUNTOS SIGUIENTES, LÉALOS CUIDADOSAMENTE Y CONSULTE LA HOJA DEL FABRICANTE LA CONEXIÓN DE LOS TRANSISTORES

**PROCEDIMIENTO**

- 1.- CONSULTE LOS PARÁMETROS Y PIN OUT DEL TRANSISTOR EN SU HOJA DEL FABRICANTE
- 2.- ALAMBRAR EL CIRCUITO DE ACUERDO CON EL DIAGRAMA MOSTRADO.



- 3.- CHECAR CONEXIONES ANTES DE ENERGIZAR EL CIRCUITO. PEDIR AL INSTRUCTOR VISTO BUENO.
- 4.- APLICAR EL VOLTAJE DE ENTRADA EN EL INTERRUPTOR S1 A +12 VDC COTEJAR EL FUNCIONAMIENTO,
- 5.- ANOTE QUE PASA CON EL MOTOR:

**VOLTAJE DEL MOTOR =** \_\_\_\_\_

- 6.- APLICAR EL VOLTAJE DE ENTRADA EN EL INTERRUPTOR S1 A GND COTEJAR EL FUNCIONAMIENTO,
- 7.- ANOTE QUE PASA CON EL MOTOR:

**VOLTAJE DEL MOTOR =** \_\_\_\_\_

- 8.- EXPLICAR PASO A PASO EL FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO EN FUNCIONAMIENTO IZQUIERDA Y DERECHA

- 9.- REPORTAR EL CIRCUITO EN SIMULACION EN LOS DOS MODOS DE OPERACIÓN SEGÚN EL PASO 4 Y 6.

**VOLTAJE DEL MOTOR =** \_\_\_\_\_ CON EL INTERRUPTOR A +12V

**VOLTAJE DEL MOTOR =** \_\_\_\_\_ CON EL INTERRUPTOR A GND

- 10.-CONCLUSIONES



**OBJETIVO.-** EL ALUMNO COMPROBARA COMO LOS CIRCUITOS TRANSISTORES BJT, DAN PASO A LA ELECTRONICA DE CIRCUITOS LOGICOS, EVALUARA EL FUNCIONAMIENTO DE LAS DOS PRINCIPALES COMPUERTAS

**MATERIAL:**

- 1 FUENTE +/- V VARIABLE.
- 2 RESISTENCIAS DE 1K OHM
- 3 RESISTENCIAS DE 4.7K OHM
- 3 TRANSISTORES NPN (2N2222 o EQUIVALENTES)

**COMPUERTA AND**

Esta operación se representa con un punto (•) o bien omitiendo el operador por ejemplo:

$$X \cdot Y = Z$$

$$XY = Z$$

Estas operaciones se leen como "x AND y es igual a z"

La operación lógica AND significa que  $z = 1$ , solo si  $x = 1$  e  $y = 1$ , en cualquier otro caso  $z = 0$

**COMPUERTA OR**

Esta operación se representa con un signo más (+) por ejemplo:

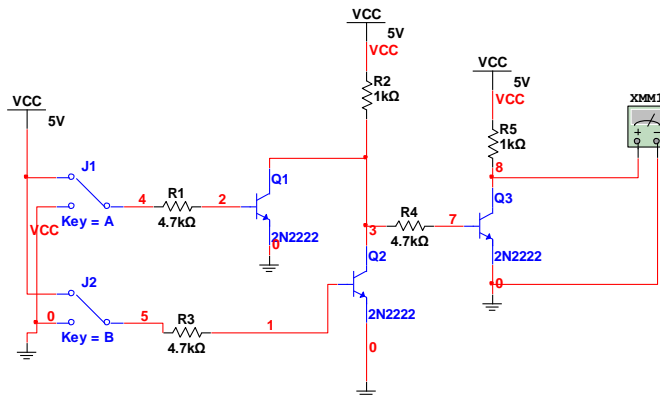
$$X + Y = Z$$

Esta operación se lee como "x OR y es igual a z"

En este caso la operación que realiza se puede describir como:  $z = 0$  si  $x = 0$  y  $y = 0$ , en cualquier otro caso  $z = 1$

**PROCEDIMIENTO**

1. IMPLEMENTAR CADA UNO DE LOS CIRCUITOS Y LLENAR SU TABLA CORRESPONDIENTE ANOTANDO QUE TIPO DE COMPUERTA ES LA IMPLEMENTADA.



TIPO DE COMPUERTA \_\_\_\_\_

In A	In B	Vsal
0 V	0V	
0V	5V	
5V	0V	
5V	5V	

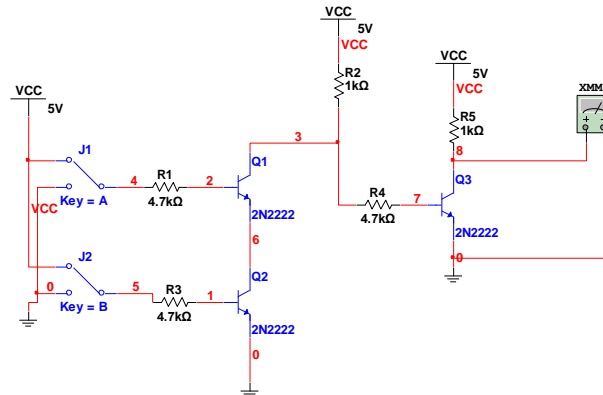


# UACH

## ELECTRÓNICA ANALÓGICA

### TRANSISTORES COMPUERTAS Y CIRCUITOS LÓGICOS

PRÁCTICA No 15



TIPO DE COMPUERTA \_\_\_\_\_

In A	In B	Vsal
0 V	0V	
0V	5V	
5V	0V	
5V	5V	

2. EXPLIQUE COMO ESTÁN FUNCIONANDO LOS TRANSISTORES EN CADA CASO, EN AMBAS COMPUERTAS

3. CONCLUSIONES:



## ELECTRÓNICA ANALÓGICA FOTORRESISTENCIA

UACH

PRÁCTICA No 16

OBJETIVO: EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL FUNCIONAMIENTO DE UNA FOTORRESISTENCIA EN UN TRANSISTOR NPN - PNP, EN APLICACIÓN COMO INTERRUPTOR.

### MATERIAL :

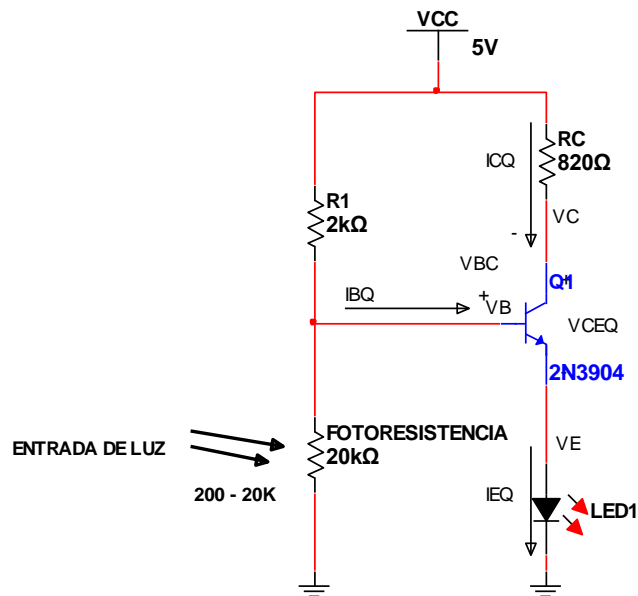
- 1 TRANSISTOR 2N3904 (o NPN)
- 1 FOTORESISTENCIA
- 1 RESISTENCIA 820 OHM
- 1 RESISTENCIA 2 K OHM
- 1 LED
- 1 MULTÍMETRO
- 1 PROTO BOARD
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE.
- 1 POTENCIÓMETRO DE 10K o 100K OHM

EL VOLTAJE EN LA BASE CONTROLA AL DEL TRANSISTOR NPN. SI  $V_B$  SE HACE +POSITIVO EL NPN CONDUCE MÁS CORRIENTE ENTRE EMISOR Y COLECTOR. SI  $V_B$  SE HACE - NEGATIVO EL NPN CONDUCE MENOS CORRIENTE ENTRE EMISOR Y COLECTOR.

EL TRANSISTOR PNP ES TODO LO CONTRARIO SI  $V_B$  SE HACE +POSITIVO EL PNP CONDUCE MENOS CORRIENTE ENTRE EMISOR Y COLECTOR. SI  $V_B$  SE HACE - NEGATIVO EL PNP CONDUCE MÁS CORRIENTE ENTRE EMISOR Y COLECTOR.

### PROCEDIMIENTO:

- 1.- ARME EL SIG. CIRCUITO



- 2.- COLOQUE EL MULTIMETRO PARA MEDIR EL VOLTAJE EN LA BASE .ANOTE  $V_B$

$V_B =$  \_\_\_\_\_

- 3.- COMO SE COMPORTA EL CIRCUITO MOSTRADO

- 4.- EL LED DEBE DE APAGARSE Y/O PRENDERSE AL TAPAR Y/O DESCUBRIR LA FOTORESISTENCIA, SI NO ES ASÍ, COLOQUE EL POT, CALCULE EL VALOR NECESARIO REPLAZANDO  $R_1$  PARA UN BUEN FUNCIONAMIENTO CALCULE EL VALOR DEL POT, MATEMATICAMENTE Y EXPERIMENTALMENTE

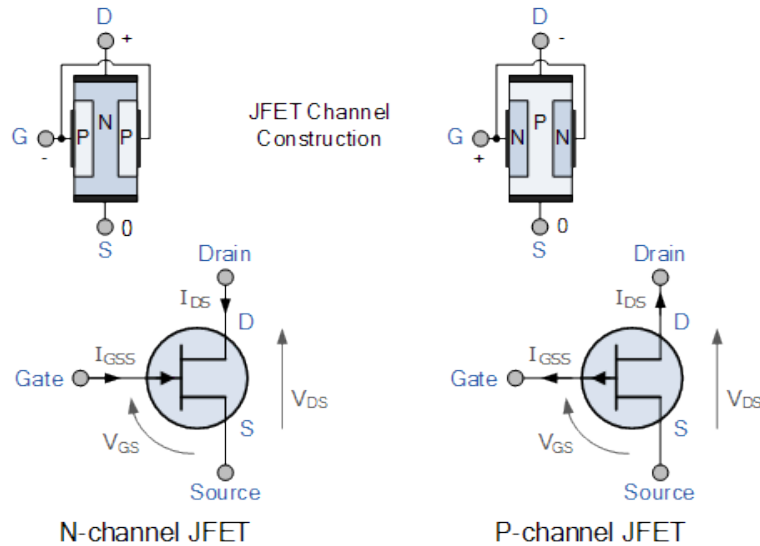
- 5.- CAMBIE DE POSICION DE LA FOTORESISTENCIA CON EL POTENCIOMETRO, EXPLIQUE QUE PASO.

- 6.- CONCLUSIONES

OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA Y DISEÑARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL FUNCIONAMIENTO DE UN JFET EN LA POLARIZACION QUE ELIJAN.

**MATERIAL :**

- 1 MULTIMETRO
- 1 JFET
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE.
- 1 RESISTENCIA SEGÚN DISEÑO



**PROCEDIMIENTO**

- 1.- DISEÑE EN BASE A LA POLARIZACION ELEGIDA MIDIENDO TODOS LOS VALORES PERTINENTES Y COMPROBANDO TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE LO VISTO EN CLASE.

**SIMULACION**

- 2.- DESARROLLE LOS CALCULOS TEORICOS.

**TEORICOS**

- 2.- REALICE EL CIRCUITO DE IMPLEMENTACION.

**EXPERIMENTALES**

- 4.- EN QUE REGION DE OPERACIÓN SE ENCUENTRA EL JFET.

- 5.- QUE INFORMACION FUE EXCENCIAL AL DISEÑAR LA PRACTICA

- 6.- CONCLUSIONES.





# ELECTRÓNICA ANALÓGICA

## POLARIZACIÓN POR RETROALIMENTACIÓN DEL MOSFET

UACH

PRÁCTICA No 19

OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL FUNCIONAMIENTO DE UN MOSFET CANAL N INCREMENTAL EN POLARIZACION POR RETROALIMENTACION.

### MATERIAL :

- 1 MULTIMETRO
- 1 MOSFET IRF740
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE
- 1 RESISTENCIA 10MΩ
- 1 RESISTENCIA 2KΩ

$$V_D = V_G \quad V_{DS} = V_{GS} \quad V_{GS} = V_{DD} - I_D \cdot R_D$$

$$V_{GS} = V_{DD}, \text{ SI } I_D = 0\text{mA}, \text{ REGIÓN DE CORTE.}$$

$$I_D = V_{DD} / R_D, \text{ SI } V_{GS} = 0\text{V}, \text{ REGIÓN DE SATURACIÓN.}$$

$$I_D = K (V_{GS} - V_{GS(th)})^2, \text{ RECUERDE QUE } I_G = 0\text{mA.}$$

$$K = I_{D(ENCENDIDO)} / (V_{GS(ENCENDIDO)} - V_{GS(th)})^2$$

### PROCEDIMIENTO

1.- EL CIRCUITO DE LA FIGURA DE ABAJO REPRESENTA EL MOSFET CANAL N INCREMENTAL EN POLARIZACION POR RETROALIMENTACION, IMPLEMENTE EL CIRCUITO EN SIMULACION Y LLENE LA TABLA CORRESPONDIENTE.

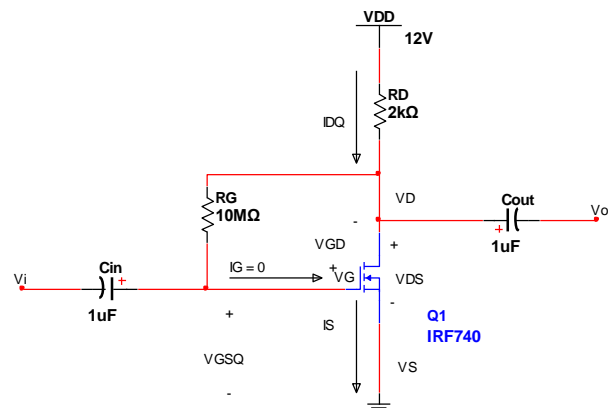
SIMULACION									
VDD	V <sub>D</sub>	V <sub>G</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>GSQ</sub>	V <sub>DSQ</sub>	I <sub>G</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>S</sub>	V <sub>GD</sub>

INVESTIGAR LOS PARÁMETROS ESPECIFICADOS POR FABRICANTE Y DETERMINAR SI LOS OBTENIDOS POR EXPERIMENTACIÓN NO SOBREPASAN LOS DE FABRICANTE.

$I_D$ ; ES  $I_{D(ENCENDIDO)}$   
 $V_{G(th)}$ ; ES  $V_{GS(th)}$   
 $V_{GS(ENCENDIDO)}$  SE OBTIENE DE LA GRAFICA DONDE SE ESPECIFICA  $I_D$  EN FUNCIÓN DE  $V_{GS}$  Y  $V_{DS}$ ; SE TOMA EN CUENTA EL VALOR DE  $I_D$  PARA OBTENER  $V_{GS(ENCENDIDO)}$

RECUERDE QUE PARA NO QUEMAR EL MOSFET:

$$I_{DSS} \leq I_{DQ} \leq I_D$$
$$V_{GS(min)} \leq V_{GSQ} \leq V_{GS(max)}$$
$$V_{DS} \cdot I_D \leq P_D$$



2.- DESARROLLE LOS CALCULOS TEORICOS (UTILIZE MATHCAD, MATLAB O PLATAFORMA SIMILAR PARA DEMOSTRAR LOS CALCULOS TEORICOS) MEDIANTE LA RECTA DE CARGA PARA LLENAR LA SIGUIENTE TABLA.

TEORICOS									
VDD	V <sub>D</sub>	V <sub>G</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>GSQ</sub>	V <sub>DSQ</sub>	I <sub>G</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>S</sub>	V <sub>GD</sub>

2.- REALICE EL CIRCUITO DE IMPLEMENTACION Y LLENE LA TABLA CORRESPONDIENTE.

EXPERIMENTALES									
VDD	V <sub>D</sub>	V <sub>G</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>GSQ</sub>	V <sub>DSQ</sub>	I <sub>G</sub>	I <sub>DQ</sub>	I <sub>S</sub>	V <sub>GD</sub>

4.- EN QUE REGION DE OPERACIÓN SE ENCUENTRA EL MOSFET.

5.- QUE SE PUEDE HACER PARA LLEVARLO A LA REGION DE SATURACION, LINEAL Y LA DE CORTE.

6.- CONCLUSIONES.



# ELECTRÓNICA ANALÓGICA

## EL MOSFET COMO INTERRUPTOR DE POTENCIA

UACH

PRÁCTICA No 20

OBJETIVO.- EL ALUMNO DEMOSTRARÁ EL FUNCIONAMIENTO DEL MOSFET COMO INTERRUPTOR.

### MATERIAL :

- 1 MOSFET IRF740
- 1 MULTIMETRO
- 1 INTERRUPTOR 1 POLO 2 TIROS
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE.
- 1 RELEVADOR CON BOBINA DE 12 VDC
- 1 MOTOR O UN FOCO DE CORRIENTE ALTERNA

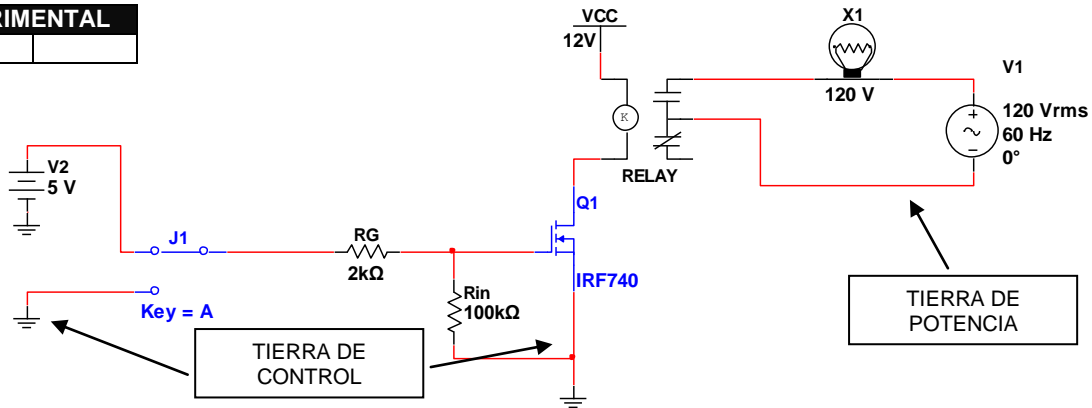
PRECAUCIÓN: ANTES DE EFECTUAR LOS PUNTOS SIGUIENTES, LÉALOS CUIDADOSAMENTE Y CONSULTE EN LA HOJA DE DATOS DEL MOSFET SUS PINES.

LA CARGA PUEDE SER CUALQUIERA LO IMPORTANTE ES QUE LA TIERRA (POTENCIA) DE LA MISMA, NO TIENE CONEXIÓN CON LA TIERRA DE CONTROL.

### PROCEDIMIENTO

- 1.- CONSULTE LOS PARÁMETROS Y PINES DEL TRANSISTOR EN LA HOJA DE DATOS.
- 2.- ALAMBRAR EL CIRCUITO DE ACUERDO CON EL DIAGRAMA MOSTRADO SIN EL MOTOR AC.
- 3.- CHECAR CONEXIONES ANTES DE ENERGIZAR EL CIRCUITO. PEDIR AL INSTRUCTOR VISTO BUENO.
- 4.- APLICAR EL VOLTAJE DE ENTRADA COMO SE MUESTRA EN EL CIRCUITO Y COTEJAR QUE SE ACCIONE EL RELEVADOR, POSTERIORMENTE COLOCAR EL MOTOR AC AL RELEVADOR, LLENAR LA TABLA DE ESTE PASO.

EXPERIMENTAL	
VGS	



5.- REALIZAR LA SIMULACION Y LLENAR LA TABLA SIGUIENTE.

SIMULADOS	
VGS	

6.-CONTESTAR LO SIGUIENTE:

¿PARA QUÉ PUEDE SERVIR ESTE CIRCUITO? Y ¿EN DÓNDE SE PUEDE APLICAR?  
¿QUE PARAMETRO SE DEBE ASEGURAR EN EL MOSFET PARA QUE ESTE EN LA REGION DE SATURACIÓN Y PUEDA ENCENDER EL RELEVADOR Y COMO LO ELIJO?

7.-CONCLUSIONES



OBJETIVO.- COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE UN COMPARADOR DE VOLTAJE CON EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM324.

### MATERIAL :

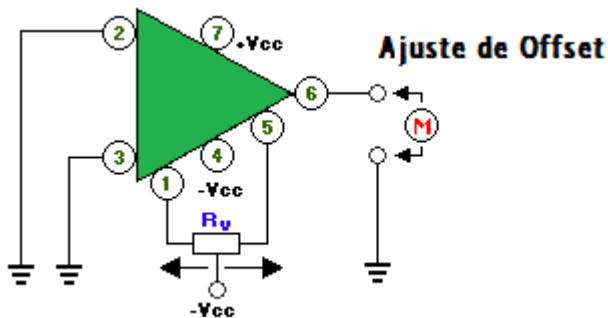
- 1 741.
- 1 POTENCIÓMETRO 10 K $\Omega$
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE.
- 1 MULTÍMETRO

EL 741 ES UN AMPLIFICADOR CONSTA DE DOS ENTRADAS, INVERSORA Y NO INVERSORA Y UNA SALIDA DE VOLTAJE. EN CONFIGURACIÓN COMPARADOR DE VOLTAJE EL 741 CUANDO EL VOLTAJE ES MAYOR EN LA NO INVERSORA QUE EN LA INVERSORA LA SALIDA TIENDE AL VALORE DE VCC. SI EL VOLTAJE ES MAYOR EN LA INVERSORA QUE EN LA NO INVERSORA, LA SALIDA SE TIENDE AL VALOR DE -VCC.

$$V_o = E_d \times \Delta OL \quad E_d = V(+)-V(-) \quad AOL = \text{GANANCIA LAZO ABIERTO}$$

### PROCEDIMIENTO

- 1) CON EL SIGUIENTE CIRCUITO AJUSTAR EL OFFSET DEL AMPLIFICADOR 741



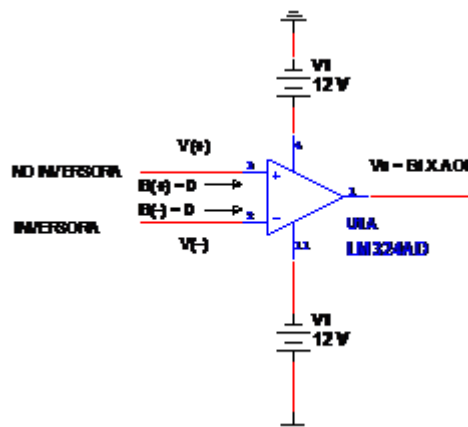
EL PARAMETRO AOL SE OBTIENE DEL LA HOJA DE FABRICANTE DEL DISPOSITIVO

- 1) DEL SIGUIENTE CIRCUITO, HAGA USO DEL CONCEPTO DE GANANCIA DE LAZO ABIERTO PARA LLENAR LAS SIGUIENTE TABLA. V(+) Voltaje No Inversor, V(-) Voltaje Inversor.

TEORICOS				
V(+)	V(-)	V <sub>o</sub>	E <sub>d</sub>	$\Delta OL$
2.1	2.0			
2.0	2.1			

PRACTICOS		
V(+)	V(-)	V <sub>o</sub>
2.1	2.0	
2.0	2.1	

SIMULACION		
V(+)	V(-)	V <sub>o</sub>
2.1	2.0	
2.0	2.1	





# ELECTRÓNICA ANALÓGICA

## COMPARADOR DE VOLTAJE

UACH

PRÁCTICA No 21

2.- CAMBIE ( $-V_{CC}$ ) Y POLARICE A TIERRA VUELVA A LLENAR LAS TABLAS CON LOS VALORES. HUBO ALGUN CAMBIO?

TEORICOS				
V(+)	V(-)	$V_o$	$E_d$	$\Delta OL$
2.1	2.0			
2.0	2.1			

PRACTICOS		
V(+)	V(-)	$V_o$
2.1	2.0	
2.0	2.1	

SIMULACION		
V(+)	V(-)	$V_o$
2.1	2.0	
2.0	2.1	

5.- CONCLUSIONES



# ELECTRÓNICA ANALÓGICA

## COMPARADOR DE VENTANA CON EL LM324

UACH

PRÁCTICA No 22

OBJETIVO.- EL ALUMNO DEMOSTRará EL FUNCIONAMIENTO DE UNA COMPARADOR CON VOLTAJES DE REFERENCIA.

### MATERIAL :

- 1 IC LM324 o TL082
- 1 TIP 32 PNP DARLINGTON
- 2 DIODO
- 1 LM35 SENSOR TEMPERATURA
- 1 LED 'S
- 2 POTENCIÓMETRO DE 10 K $\Omega$
- 4 RESISTENCIAS 10 K $\Omega$
- 1 RESISTENCIA 1 K $\Omega$
- 1 RESISTENCIA 2 K $\Omega$
- 1 RESISTENCIA DE 4.7 K $\Omega$
- 1 FUENTE +/- V VARIABLE.

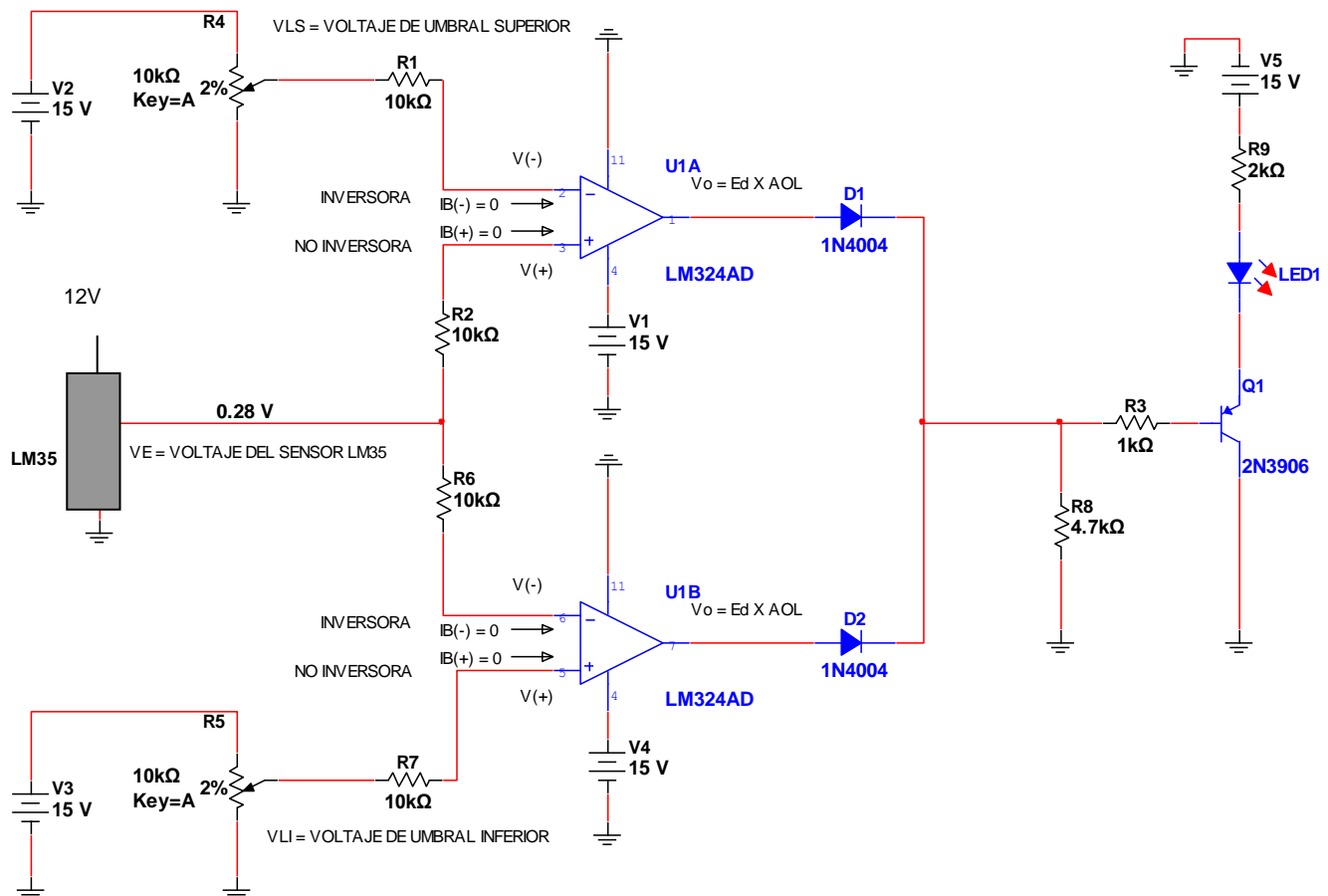
EL COMPARADOR DE VENTANA ES CAPAS DE COMPARAR UN VOLTAJE DE ENTRADA VE , CONTRA DOS VOLTAJE DE REFERENCIA , UN SERA EL VLS (VOLTAJE LIMITE SUPERIOR ) Y EL OTRO SERA EL VLI (VOLTAJE LIMITE INFERIOR). SE LE LLAMA COMPARADOR DE VENTANA PORQUE MANEJA DOS LIMITES QUE SON VLS Y VLS. SU FUNCIONAMIENTO ES SIMPLE REALIZA COMPARACIONES EN LOS DOS AMP. OP. Y SE SATURA A +/- 12VDC, DEPENDIENDO DE CUAL VOLTAJE FUE MAYOR, INVERSORA O NO INVERSORA. LOS DIODOS NO PERMITEN EL PASO DE VOLTAJES NEGATIVOS, SOLO PASARAN VOLTAJES POSITIVOS QUE ACTIVARAN O NO AL TRANSISTOR. EL LED ES UN INDICADOR, CUANDO ENCIENDE MUESTRA QUE EL VOLTAJE VE ESTA DENTRO DE LOS RANGOS, Y SI SE APAGA EL VOLTAJE VE ESTARA FUERA DE RANGOS DE CONTROL.

$$V_o = E_d \times AOL \quad E_d = V(+)-V(-) \quad AOL = \text{GANANCIA LAZO ABIERTO}$$

### PROCEDIMIENTO

1.- IMPLEMENTAR EL CIRCUITO DE ACUERDO CON EL DIAGRAMA MOSTRADO, CHECAR CONEXIONES ANTES DE ENERGIZAR EL CIRCUITO. PEDIR AL INSTRUCTOR VISTO BUENO.

2.- AJUSTE LOS VOLTAJES DE REFERENCIA  $V_{LS}$  Y  $V_{LI}$  POR MEDIO DE LOS POTENCIOMETROS R4 Y R5 LOS SIG. VALORES:  $V_{LS} = 300 \text{ mV}$ . Y  $V_{LI} = 270 \text{ mV}$ .





# ELECTRÓNICA ANALÓGICA

## COMPARADOR DE VENTANA CON EL LM324

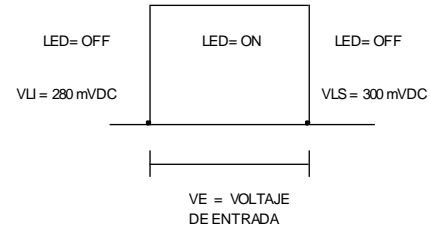
UACH

PRÁCTICA No 22

3.- VARIE LA TEMPERATURA EN EL LM35 DE ACUERDO A LA SIG. TABLA. ANOTE EL ESTADO DEL LED.

### EXPERIMENTALES

VE (VDC) mV	ESTADO DEL LED
260	
270	
290	
310	
330	

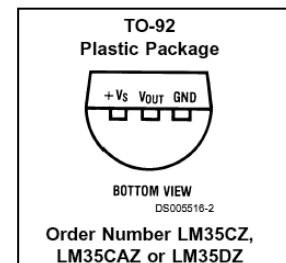


4.- REALIZAR EL CIRCUITO DE SIMULACION PARA LLENAR LA TABLA SIGUIENTE

### SIMULADOS

VE (VDC) mV	ESTADO DEL LED
260	
270	
290	
310	
330	

5.- CONCLUSIONES.



OBJETIVO.- EL ALUMNO ANALIZARÁ TEÓRICO Y PRÁCTICAMENTE EL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION.

**MATERIAL :**

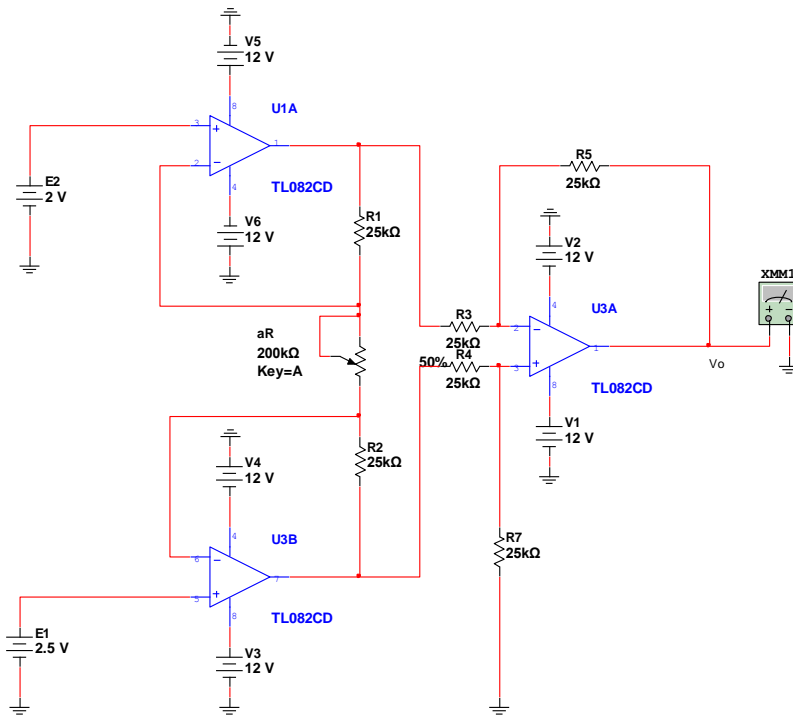
2 TL082CP  
2 FUENTES DE +/- V VARIABLE  
1 MULTIMETRO  
1 OSCILOSCOPIO C/ 2 PUNTAS  
7 RESISTENCIAS DE 25 K OHMS  
1 GENERADOR DE FUNCIONES  
1 POTENCIOMETRO DE 200K

EL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN ES DE LOS MÁS ÚTILES, PRECISOS Y VERSÁTILES EN LA ACTUALIDAD. ENCONTRARA AL MENOS UNO DE ELLOS EN CADA UNIDAD DE ADQUISICIÓN DE DATOS, COMO POR EJEMPLO ELECTROCARDIOGRAMAS. SOLO UNA RESISTENCIA "aR", SE USA PARA ESTABLECER LA GANANCIA DE ACUERDO CON LAS ECUACIONES MARCADAS A CONTINUACIÓN (R1 = R2 = R3 = R4 = R5 = R7 = R = 25kΩ):

$$aR / R = a \quad \Delta CL = 1 + 2/a \quad V_o = (E1 - E2) * \Delta CL$$

**PROCEDIMIENTO**

1.- DEL CIRCUITO MOSTRADO EN LA FIGURA (TODAS LAS RESISTENCIAS DEBERAN SER IGUALES EXCEPTO aR y RL), REALICE LOS CALCULOS TEORICOS PARA LLENAR LAS TABLAS SIGUIENTES:



E2	E1	Vo TEORICO CON aR = 60Ω
3.02	3.01	
2.01	2.02	
3.01	3.02	
E2	E1	Vo TEORICO CON aR = 100kΩ
3	4	
1	3	
4	3	

2.- REALICE LAS SIMULACIONES DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LAS SIGUIENTES TABLAS:

E2	E1	Vo SIMULACION CON aR = 100kΩ
3	4	
1	3	
4	3	

E2	E1	Vo SIMULACION CON aR = 60Ω
3.02	3.01	
2.01	2.02	
3.01	3.02	

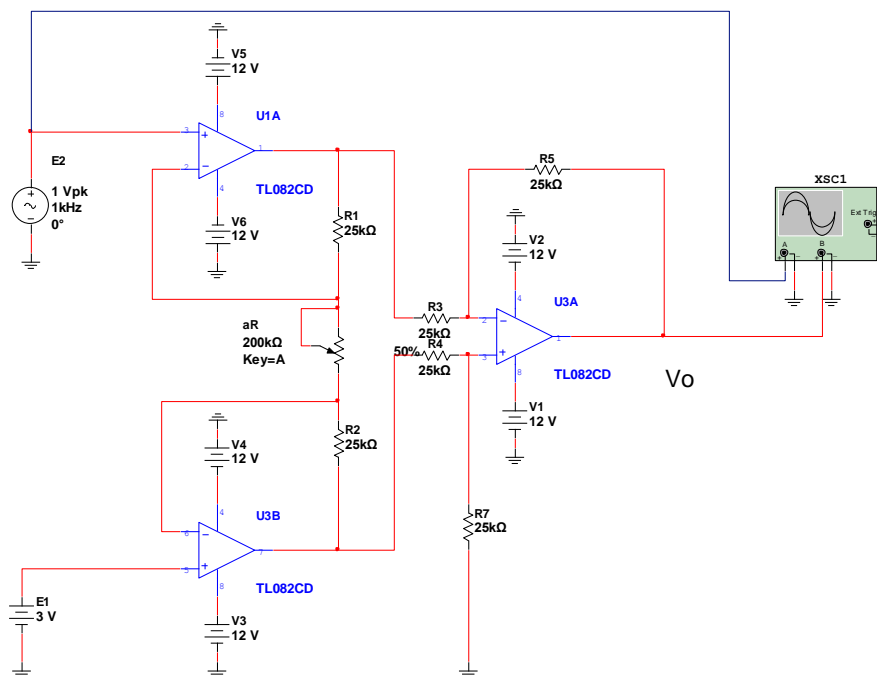


3.- REALICE LA IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO ANTERIOR, Y LLENE LA SIGUIENTES TABLAS:

E2	E1	Vo EXPERIMENTACION CON aR = 100kΩ
3	4	
1	3	
4	3	

E2	E1	Vo EXPERIMENTACION CON aR = 60Ω
3.02	3.01	
2.01	2.02	
3.01	3.02	

4.- EXPERIMENTALMENTE (CON aR = 100KΩ), SUSTITUYA LA FUENTE E2 DE CORRIENTE DIRECTA POR UNA ONDA SENOIDAL DE 1KHZ DE 1Vp, Y CONECTE EL OSCILOSCOPIO, TAL Y COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA (LA GANANCIA  $\Delta_{CL}$  CALCULADA EN DC SE MANTIENE IGUAL EN AC):



5.- GRAFIQUE LAS FORMAS DE ONDA DE LAS SEÑALES DEL PUNTO CANAL 1 (CH1) Y DEL CANAL 2 (CH2) EN LA MISMA GRAFICA.


V/DIV =

TIME / DIV =



6.- EXPERIMENTALMENTE, SUSTITUYA LAS DOS FUENTES E1 Y E2 DE CORRIENTE DIRECTA POR UNA ONDA DEL GENERADOR DE FUNCIONES, (ARB/STORE/CARDIAC) 10HZ DE 100mVpp, Y CONECTE EL OSCILOSCOPIO, TAL Y COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA (LA GANANCIA ACL CALCULADA EN DC SE MANTIENE IGUAL EN AC), Y DIBUJE LAS FORMAS DE ONDA  
b) CAMBIE EL ORDEN DE POSITIVO Y NEGATIVO EN LAS ENTRADAS DEL AMP DE INSTRUMENTACION, VUELVA A DIBUJAR LA FORMA DE ONDA


V/DIV =

TIME / DIV =


V/DIV =

TIME / DIV =

7.- SIMULAR EL CIRCUITO DE ACUERDO A LOS PASOS 4, 5 Y 6, Y REPORTAR LOS RESULTADOS SIMULADOS.

8.- QUE APLICACIONES LE ENCUENTRA A ESTE CIRCUITO

9.- ANOTE SUS CONCLUSIONES



OBJETIVO.- EL ALUMNO ANALIZARÁ TEÓRICO Y PRÁCTICAMENTE LOS FILTROS ACTIVOS.

**MATERIAL :**

1 TL082 o 741 (amp a su elección)  
1 FUENTES DE +/- V VARIABLE C/2 PUNTAS  
1 OSCILOSCOPIO C/ 2 PUNTAS  
7 RESISTENCIAS DE 1 K $\Omega$   
1 GENERADOR DE FUNCIONES  
3 CAPACITORES A SU ELECCIÓN  
(ELECTROLÍTICOS, 2 DEL MISMO VALOR  
PARA TENER UNA FRECUENCIA APROX 105-  
200 Hz)

**LOS FILTROS ACTIVOS**

UN FILTRO QUE PROPORCIONA UNA SALIDA CONSTANTE DESDE DC HASTA UNA FRECUENCIA DE CORTE  $f_{OH}$  Y QUE LUEGO NO CONDUCE NINGUNA SEÑAL POR ARRIBA DE ESTA FRECUENCIA SE DENOMINA COMO UN FILTRO PASA-BAJOS IDEAL.

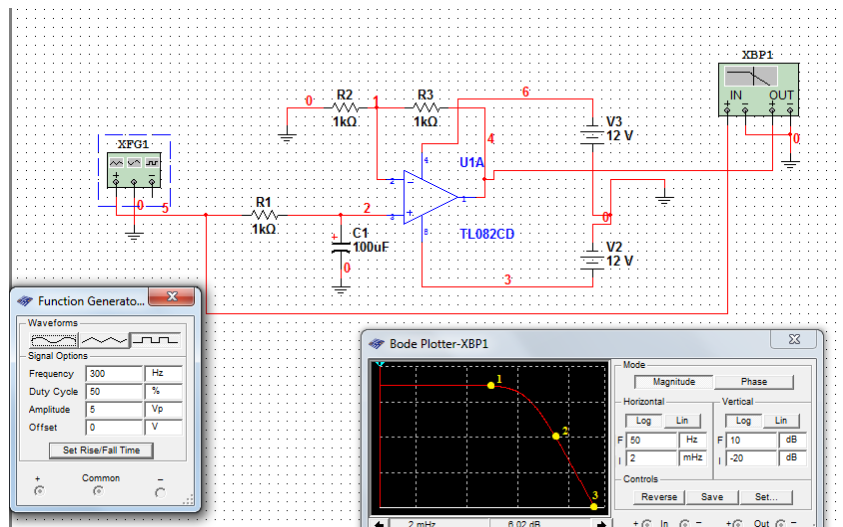
UN FILTRO PASA ALTOS, PERMITE EL PASO DE SEÑALES POR ARRIBA DE UNA FRECUENCIA DE CORTE  $f_{OL}$ .

$$\Delta_v = 1 + \frac{R_f}{R_g} \quad V_{OH,OL} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

**PROCEDIMIENTO**

**SIMULACIÓN**

1.- SIMULAR EL CIRCUITO PASA-BAJAS, DE PRIMER ORDEN, COLOCANDO EL CAPACITOR **DIFFERENTE** DE LOS 3 QUE SELECCIONO. LLENAR LA TABLA CON LOS VALORES QUE ELIGIÓ.



VALORES	
$f$ de corte	
$\Delta V$	
Capacitor	

2.- EN LA SIMULACIÓN, EN EL GENERADOR DE FUNCIONES USE UNA ONDA CUADRA CON LA  $f$  OBTENIDA CON AMPLITUD POSITIVA. EN EL PLOTTER( AJUSTE LOS VALORES DE  $f$  Y dB PARA OBTENER LA GRAFICA LO MAS CENTRADA POSIBLE), MUEVA EL EJE HORIZONTAL (REFERENCIA MEDICIÓN) OBSERVE LOS VALORES DE FRECUENCIA APROXIMADAMENTE EN LOS PUNTOS (1,2,3) Y LLENE LA TABLA CON LOS VALORES DE  $f$  Y DB ( (1) ANTES DE QUE EMPIECE A ATENUAR, (2) EN LA  $f$  de OPERACIÓN Y (3) CUANDO CORTA LA SEÑAL Y LLENE LA SIGUIENTE TABLA CON LOS VALORES ENCONTRADOS:

PASA BAJAS		
VALORES	FRECUENCIA	DB
$f_{(1)}$		
$f_{(2)}$		
$f_{(3)}$		



3.- HAGA CAMBIO PERTINENTES EN SIMULACIÓN PARA OBTENER LOS VALORES DE LAS TABLAS, PARA UN FILTRO PASA ALTAS DE 1er. y 2o. ORDEN CON LA FRECUENCIA DE CORTE DEL MISMO VALOR.

1er ORDEN	VALORES
$f_{\text{de corte}}$	
$\Delta V$	
Capacitor	

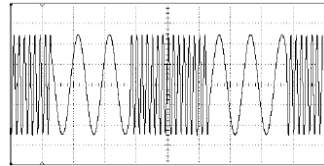
PASA ALTAS 1er. ORDEN		
VALORES	FRECUENCIA	DB
$f_{(1)}$		
$f_{(2)}$		
$f_{(3)}$		

PASA ALTAS 2o. ORDEN		
VALORES	FRECUENCIA	DB
$f_{(1)}$		
$f_{(2)}$		
$f_{(3)}$		

2o ORDEN	VALORES
$f_{\text{de corte}}$	
$\Delta V$	
Capacitor	

EXPERIMENTALMENTE

4.- IMPLEMENTE EL CIRCUITO PASA ALTAS DE 1er. ORDEN, CON UNA GANANCIA DE VOLTAJE DE  $\Delta V=2$  EN LA ENTRADA DEL GENERADOR DE FUNCIONES, UTILIZANDO LA OPCION SENOIDAL, ACTIVAMOS MOD, TIPO FSK SINCROIA INTERNA



PARA OBTENER UNA SEÑAL CON DOS FRECUENCIAS LA SEÑAL FSK LA ESTABLECEMOS MENOR A NUESTRA FRECUENCIA ELEGIDA Y LA FRECUENCIA HOP MAYOR  
EJEMPLO:  
 $f_{\text{CORTE}}= 106\text{Hz.}$   
 $f_{\text{FSK}} = 90\text{Hz.}$   
 $\text{HOP } f =10\text{kHz.}$

DIBUJE LA SEÑAL DE ENTRADA Y LA SEÑAL DE SALIDA DEL FILTRO PASA BAJAS 1er. ORDEN


V/DIV =

TIME / DIV =

¿CUAL SEÑAL FUE ATENUADA?

5.- IMPLEMENTE EL CIRCUITO PASA ALTAS CON LA MISMA FRECUENCIA DE CORTE Y CON LA MISMA SEÑAL DE ENTRADA, PRIMERAMENTE DE 1er ORDEN DIBUJE SU GRAFICA E IMPLEMENTE, COMPARE CON UN FILTRO DE 2o. ORDEN, OBTENGA LAS GRAFICAS AL IGUAL QUE EL PUNTO ANTERIOR.  
FILTRO PASA ALTAS 1er. ORDEN


V/DIV =

TIME / DIV =

¿CUAL SEÑAL FUE ATENUADA?

FILTRO PASA ALTAS 2o. ORDEN


V/DIV =

TIME / DIV =

¿CUAL SEÑAL FUE ATENUADA?

6.- DONDE APLICARIA ESTE CIRCUITO.

7.- CONCLUSIONES



OBJETIVO.- EL ALUMNO COMPROBARA TEÓRICA Y PRÁCTICAMENTE, EL FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSISTOR EN POLARIZACION FIJA EN PEQUEÑA SEÑAL, TANTO COMO LOS EFECTOS DE LA RESISTENCIA DE LA CARGA ( $R_L$ ) Y DE LA FUENTE ( $V_s$ ) EN LA ACCION DE AMPLIFICACION.

**MATERIAL :**

1 MULTIMETRO  
 1 TRANSISTOR 2N3904  
 1 FUENTE +/- V VARIABLE.  
 1 GENERADOR FUNCIONES  
 1 OSCILOSCOPIO c/2 PUNTAS  
 1 RESISTENCIA 470KΩ  
 1 RESISTENCIA 2.2KΩ  
 1 CAPACITORES 10μf  
 1 CAPACITORES 20μf

**PARAMETROS DE DC**

$$I_b = (V_{CC} - V_{BE}) / R_B \quad I_C = \beta \cdot I_b \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$V_{CE} = V_C - V_E \quad V_{CE} = V_C \quad V_{BE} = V_B - V_E$$

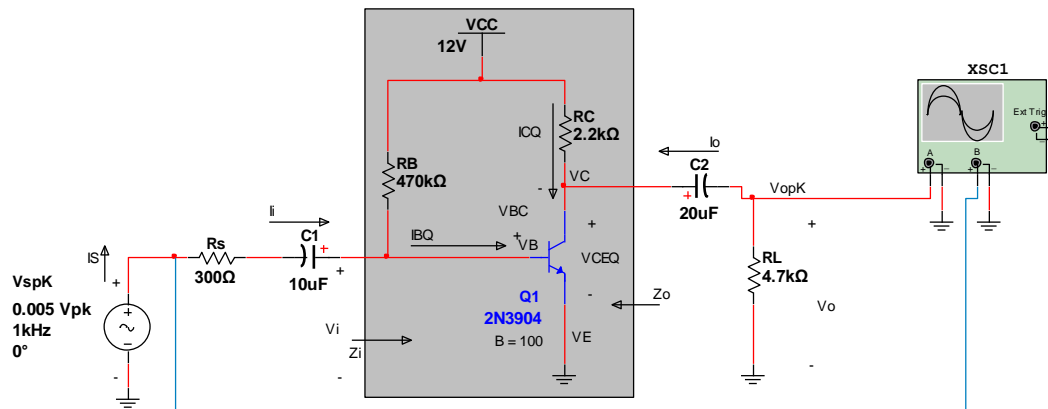
$$V_{BE} = V_B \quad V_E = 0V \quad \beta = I_C / I_B \quad V_{BE} = 0.7V$$

$$V_{CE\_corte} = V_{CC} \text{ CUANDO } I_C = 0mA \quad I_{C\_sat} = V_{CC} / R_C \text{ CUANDO } V_{CE} = 0V$$

**PROCEDIMIENTO**

1.- EL CIRCUITO DE LA FIGURA DE ABAJO REPRESENTA EL TRANSISTOR NPN EN POLARIZACION FIJA EN PEQUEÑA SEÑAL, CONSIDERANDO UNA  $\beta$  DE 100, REALICE LOS CALCULOS TEORICOS HACIENDO USO DE LA TECNICA DE SISTEMAS DE DOS PUERTOS CUANDO SE CONSIDERE  $R_s$  Y  $R_L$ , Y DE LA TECNICA DE ANÁLISIS DE PEQUEÑA SEÑAL CON EL MODELO "re". ADEMAS DEL ANALISIS DEL TRANSISTOR BJT EN CORRIENTE DIRECTA. ESTO PARA LLENAR LA TABLA SIGUIENTE.

TEORICOS								
$I_{BQ}$	$V_B$	$V_{BC}$	$V_C$	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$	$V_E$	$\beta$	VCC
$Z_i$	$Z_o$	$\Delta V_{NL}$	$\Delta i$ (NO $R_s, R_L$ )	$\Delta i$ (SI $R_L$ )	$\Delta i_s$ (SI $R_s, R_L$ )	$\Delta V_s$ (SI $R_s, R_L$ )	$\Delta V$ (SI $R_L$ )	
$V_{spK}$	$V_{opK}$	$V_s$	$R_s$	re	$R_L$	$\Delta V$ (NO $R_s, R_L$ )	$\Delta V_s$ (SI $R_s$ )	



INVESTIGAR LOS PARÁMETROS ESPECIFICADOS POR FABRICANTE Y DETERMINAR SI LOS OBTENIDOS POR EXPERIMENTACIÓN NO SOBREPASAN LOS DE FABRICANTE.

$V_{CEQ}$  (CORTE),  $\beta$  (hFE),  $V_{CE}$  (SATURACIÓN),  $V_{BE}$  (SATURACIÓN),  $I_C$ ,  $r_o$   
 $P_D$  ( $P_D = I_C \cdot V_{CE}$ , POTENCIA DISIPADA)  
 $I_{CBO}$  (CORTE).

RECUERDE QUE PARA NO QUEMAR EL BJT:

$$I_{CBO} \leq I_{CQ} \leq I_C$$

$$V_{CE} \text{ (SATURACIÓN)} \leq V_{CEQ} \leq V_{CEQ}$$

$$V_{CEQ} \cdot I_{CQ} \leq P_D$$

PARA OBTENER LOS PARÁMETROS EN DC, TANTO EN SIMULACIÓN, TEÓRICOS Y EXPERIMENTACIÓN NO SE CONSIDERA LA PRESENCIA DE C1 Y C2 POR LO TANTO NO INTERFIERE  $V_{spK}$  Y  $V_{opK}$



2.- REALICE EL CIRCUITO DE SIMULACION DEL LA FIGURA MOSTRADA EN EL PASO 1 Y LLENE LA TABLA CORRESPONDIENTE.

SIMULACION								
$I_{BQ}$	$V_B$	$V_{BC}$	$V_C$	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$	$V_E$	$\beta$	VCC
		$\Delta V_{NL}$	$\Delta i$ (NO $R_s, R_L$ )	$\Delta i$ (SI $R_L$ )	$\Delta i_s$ (SI $R_s, R_L$ )	$\Delta V_s$ (SI $R_s, R_L$ )		$\Delta V$ (SI $R_L$ )
$V_{spK}$	$V_{opK}$	$V_s$	$R_s$	$r_e$	$R_L$	$\Delta V$ (NO $R_s, R_L$ )		$\Delta V_s$ (SI $R_s$ )

**PARA LOS PASOS 2 Y 3:**

NOTA: CONSIDERAR QUE  $\Delta V_{NL}$  ES SIN  $R_s$  Y SIN  $R_L$  ( $R_s=0$  Y  $R_L = \text{INFINITO}$ ). Y QUE  $\Delta V_s$  ES CON  $R_s = 300\Omega$  Y  $R_L = 4.7K\Omega$ . QUE  $\Delta V$  ES SIN  $R_s$  (CERO  $\Omega$ ) Y SIN  $R_L = 4.7K\Omega$ .

NOTA: PARA LLENAR LOS PARAMETROS EN DC SE ELIMINAN LOS CAPACITORES C1 Y C2. PARA LLENAR LOS PARAMETROS DE PEQUELA SEÑAL SE COLOCAN DE NUEVO LOS CAPACITORES C1 Y C2 CON EL VALOR DE LA FUENTE DE ENTRADA CORRESPONDIENTE ( $V_{spK}$ ) SEGÚN EL CIRCUITO DE SIMULACIÓN MOSTRADO EN LA FIGURA.

3.- IMPLEMENTE EL CIRCUITO PARA LLENAR LA SIGUIENTE TABLA

EXPERIMENTALES								
$I_{BQ}$	$V_B$	$V_{BC}$	$V_C$	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$	$V_E$	$\beta$	VCC
					$\Delta i_s$ (SI $R_s, R_L$ )	$\Delta V_s$ (SI $R_s, R_L$ )		
$V_{spK}$	$V_{opK}$	$V_s$	$R_s$	$r_e$	$R_L$	$\Delta V$ (NO $R_s, R_L$ )		$\Delta V_s$ (SI $R_s$ )

4.- QUE EFECTO TIENE LA RESISTENCIA INTERNA DE  $V_{spK}$  Y LA RESISTENCIA DE LA CARGA  $R_L$  SOBRE LA GANANCIA DE CORRIENTE Y DE VOLTAJE EN PEQUEÑA SEÑAL.

5.- CONCLUSIONES.

NOTA: EL PARÁMETRO  $r_o$  y  $\beta$  SE PUEDE EXTRAER DE LA HOJA DEL FABRICANTE DEL TRANSISTOR CON QUE SE ESTA TRABAJANDO.

**PARÁMETROS DE AC CON EFECTO DE  $R_L$  Y  $R_s$**

$$\begin{aligned}
 r_e &= 26\text{mV} / I_E & Z_i &= R_B // \beta r_e (\Omega) & Z_i &\approx \beta * r_e, \text{ SI } R_B \geq 10 * \beta * r_e (\Omega) & Z_o &= R_C // r_o \\
 Z_o &= R_C, \text{ SI } r_o \geq 10 * R_C (\Omega) & \Delta V_{(NO R_s, R_L)} &= V_o / V_i = - (R_C // r_o) / r_e \\
 \Delta V_{(NO R_s, R_L)} &= -R_C / r_e, \text{ SI } r_o \geq 10 * R_C \\
 \Delta V_{(NO R_s, R_L)} &= \Delta V_{NL} \text{ (PARA EL MODELO DE DOS PUERTOS, SIN } R_s \text{ NI } R_L) \\
 \Delta i_{(NO R_s, R_L)} &= I_o / I_i = (\beta * R_B * r_o) / ((r_o + R_C) * (R_B + \beta * r_e)), \text{ SIN } R_s \text{ NI } R_L \\
 \Delta i_{(NO R_s, R_L)} &\approx \beta, \text{ SOLO SI } r_o \geq 10 * R_C \text{ Y } R_B \geq 10 * \beta * r_e & \Delta i &= -\Delta V_{(NO R_s, R_L)} * (Z_i / R_C) \\
 \Delta V_{S(SI R_s, R_L)} &= V_o / V_s = (R_i / (R_i + R_s)) * ((R_L / R_L + R_o) * \Delta V_{NL}), \text{ DONDE } R_i = Z_i \text{ Y } R_o = Z_o \\
 \Delta V_{(SI R_L)} &= V_o / V_i = (R_L * \Delta V_{NL}) / (R_L + R_o), \text{ NO SE CONSIDERA } R_s \\
 \Delta i_{(SI R_L)} &= -\Delta V_{(SI R_L)} * (R_i / R_L), \text{ NO SE CONSIDERA } R_s.
 \end{aligned}$$

**PARÁMETROS DE AC CON SOLO EL EFECTO DE RL**

$$\begin{aligned} r_e &= 26\text{mV} / I_E & Z_i &= R_B // \beta r_e (\Omega) & Z_i &\approx \beta^* r_e, \text{ SI } R_B \geq 10^* \beta^* r_e (\Omega) & Z_o &= R_C // r_o \\ Z_o &= R_C, \text{ SI } r_o \geq 10^* R_C (\Omega) \\ I_i &= V_i / Z_i = V_i / R_i & I_o &= -V_o / R_L & \Delta i (\text{SI } R_L) &= -\Delta V_{(\text{SI } R_L)} * (Z_i / R_L) \\ \Delta V_{(\text{SI } R_L)} &= V_o / V_i = (R_L / (R_L + R_o)) * \Delta V_{NL} \\ \Delta V_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= V_o / V_i = - (R_C // r_o) / r_e & \Delta V (\text{NO } R_s, R_L) &= -R_C / r_e, \text{ SI } r_o \geq 10^* R_C \\ \Delta V &= \Delta V_{NL} (\text{PARA EL MODELO DE DOS PUERTOS, SIN } R_s \text{ NI } R_L) \end{aligned}$$

**PARÁMETROS DE AC CON SOLO EL EFECTO DE RS**

$$\begin{aligned} r_e &= 26\text{mV} / I_E & Z_i &= R_B // \beta r_e (\Omega) & Z_i &\approx \beta^* r_e, \text{ SI } R_B \geq 10^* \beta^* r_e (\Omega) & Z_o &= R_C // r_o \\ Z_o &= R_C, \text{ SI } r_o \geq 10^* R_C (\Omega) \\ V_{i(\text{SI } R_s)} &= (R_i * V_s) / (R_i + R_s), \text{ DONDE } R_i = Z_i \\ \Delta V_{(\text{SI } R_s)} &= V_o / V_s = (R_i / (R_i + R_s)) * \Delta V_{NL} \\ \Delta V_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= V_o / V_i = - (R_C // r_o) / r_e & \Delta V_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= -R_C / r_e, \text{ SI } r_o \geq 10^* R_C \\ \Delta V_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= \Delta V_{NL} (\text{PARA EL MODELO DE DOS PUERTOS, SIN } R_s \text{ NI } R_L) \\ I_{s (\text{SI } R_s)} &= I_i = V_s / (R_s + R_i) \end{aligned}$$

**PARÁMETROS DE AC SIN EL EFECTO DE RS Y RL**

$$\begin{aligned} r_e &= 26\text{mV} / I_E & Z_i &= R_B // \beta r_e (\Omega) & Z_i &\approx \beta^* r_e, \text{ SI } R_B \geq 10^* \beta^* r_e (\Omega) & Z_o &= R_C // r_o \\ Z_o &= R_C, \text{ SI } r_o \geq 10^* R_C (\Omega) \\ \Delta V_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= V_o / V_i = - (R_C // r_o) / r_e & \Delta V_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= -R_C / r_e, \text{ SI } r_o \geq 10^* R_C \\ \Delta i_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= I_o / I_i = (\beta^* R_B^* r_o) / ((r_o + R_C) * (R_B + \beta^* r_e)), \text{ SIN } R_s \text{ NI } R_L \\ \Delta i_{(\text{NO } R_s, R_L)} &\approx \beta, \text{ SOLO SI } r_o \geq 10^* R_C \text{ Y } R_B \geq 10^* \beta^* r_e & \Delta i_{(\text{NO } R_s, R_L)} &= -\Delta V (Z_i / R_C) \end{aligned}$$

**OJO: NO PERDER EL ENFOQUE DE LA PRÁCTICA, ES DECIR  $V_{opK}$  DEBE SER MAYOR QUE  $V_{spK}$ , A UNA RAZÓN DE GANANCIA EN CORRIENTE ALTERNA  $\Delta V_s$  Y  $\Delta i_s$ .**