

ELECTRÓNICA
ANALÓGICA
RESUMEN DE MATERIA

CONCEPTOS BASICOS

Voltaje: La tensión eléctrica o diferencia de potencial (también denominada voltaje) es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas

Corriente: La corriente o intensidad eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de los electrones en el interior del material.

Conductores: Son materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja. Los mejores conductores eléctricos son metales como el cobre, el hierro y el aluminio, aunque existen otros materiales no metálicos que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como el grafito o las disoluciones y soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) o cualquier material en estado de plasma.

Para el transporte de energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, los mejores conductores son el oro y la plata, pero debido a su elevado precio no son muy utilizados.

Tienen de 1 a 3 electrones en su última órbita.

Semiconductores :Es un elemento que se comporta como un conductor o como aislante dependiendo de diversos factores, como por ejemplo el campo eléctrico o magnético, la presión, la radiación que le incide, o la temperatura del ambiente en el que se encuentre.

En los semiconductores se producen corrientes producidas por el movimiento de electrones como de las cargas positivas (huecos). Los semiconductores son aquellos elementos perteneciente al grupo IV de la Tabla Periódica (Silicio, Germanio, etc.

Generalmente a estos se le introducen átomos de otros elementos, denominados impurezas, de forma que la corriente se deba primordialmente a los electrones o a los huecos, dependiendo de la impureza introducida. Otra característica que los diferencia se refiere a su resistividad, estando ésta comprendida entre la de los metales y la de los aislantes.

Tienen 4 electrones en su última orbita.

Aislantes: Hace referencia a cualquier material que impide la transmisión de la energía en cualquiera de sus formas, un material que resiste el paso de la corriente.

MATERIALES TIPO N Y TIPO P

MATERIAL TIPO P

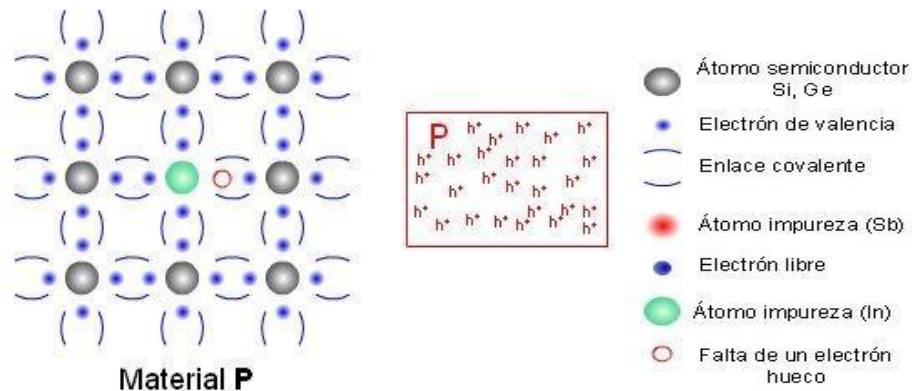


Figura 1. Materia tipo P

MATERIAL TIPO N

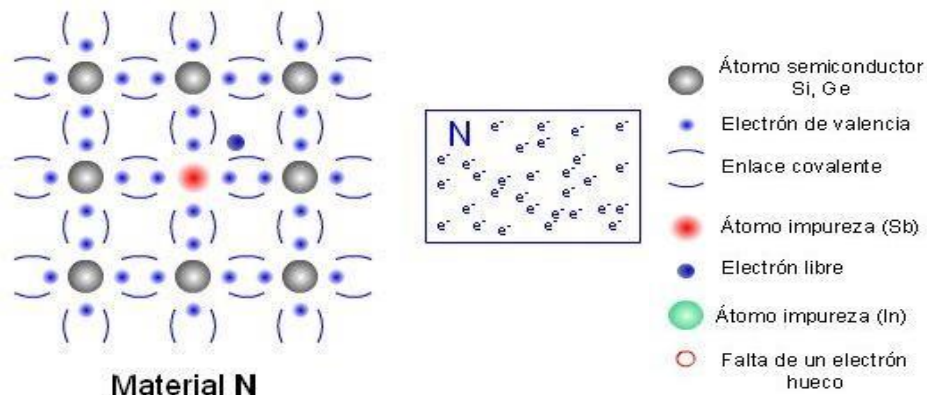


Figura 2. Material Tipo N

Enlace covalente: es la unión de un material tipo p con un material tipo n, el mismo que al ser polarizado directamente permite el paso de corriente si es inversamente o no.

ELEMENTOS

Diodo: Cuando unimos estos dos materiales (P-N) se produce una recombinación de electrones (e^-) y huecos (h^+) en la zona de unión apareciendo una zona desierta sin portadores de carga libres

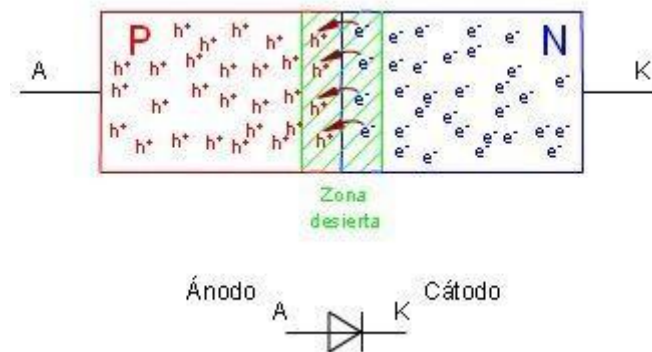


Figura 3. Funcionamiento Diodo

● Polarización inversa

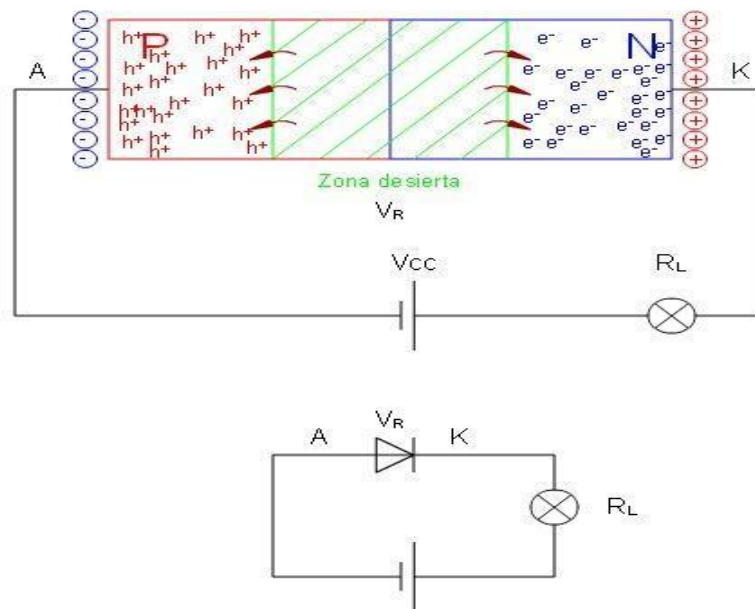


Figura 4. Polarización inversa Diodo

- Polarización directa

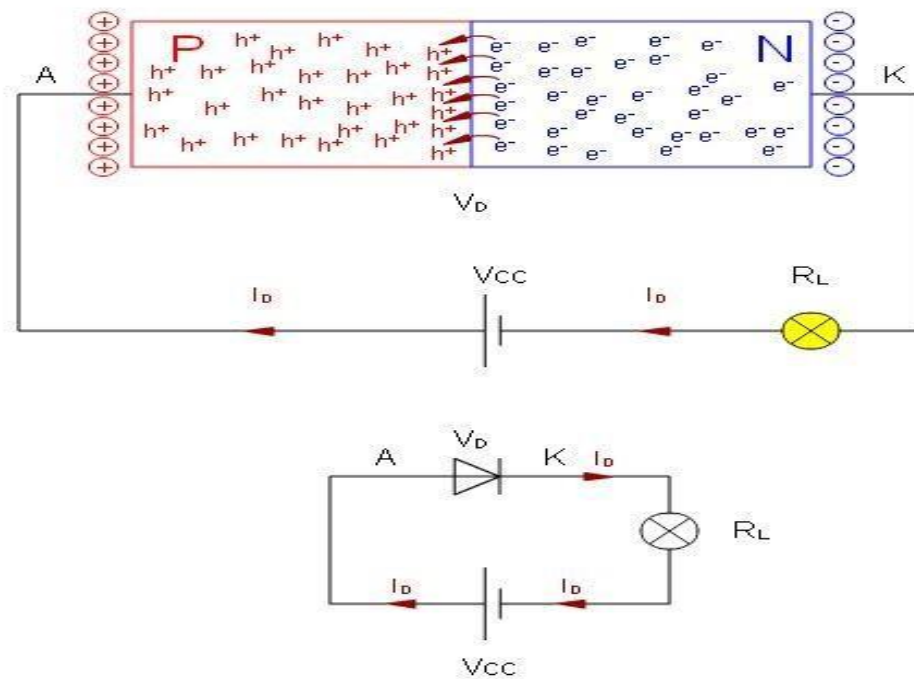


Figura 5. Polarización directa Diodo

- Graficas de cambio de temperatura del diodo

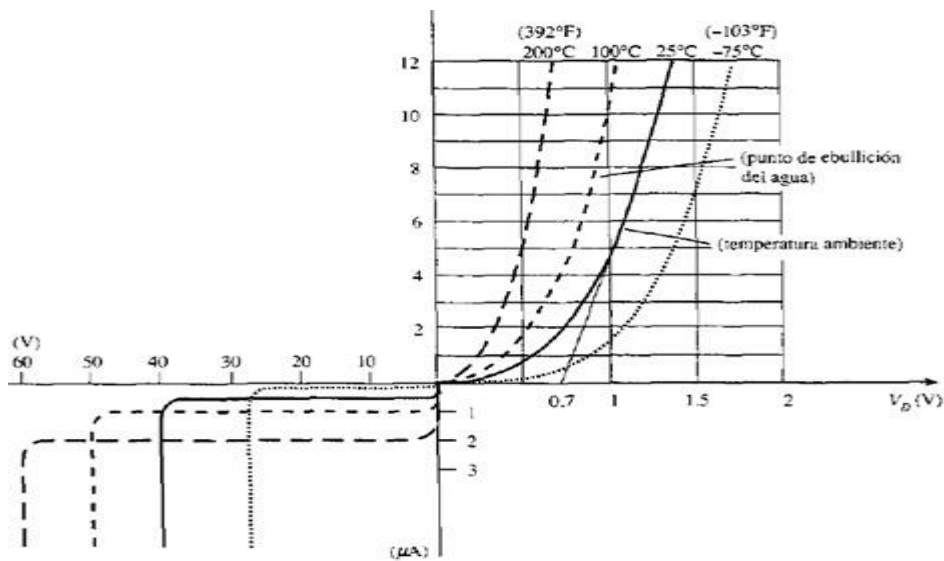


Figura 5. Grafica de temperatura del diodo

Capacitor Los condensadores están formados por dos armaduras conductoras, separadas por un material dieléctrico que da nombre al tipo de condensador.

Su función principal es el almacenamiento de voltaje y debe estar conectado a una resistencia, además en voltaje continuo función como circuito abierto ya que se carga una sola vez y en voltaje se carga y descarga en 5 veces ζ (tao) donde tao es el tiempo de carga del capacitor.

$$\zeta = RC.$$

Los hay de diversos tipos, cerámicos, de poliéster, electrolíticos, de papel, de mica, de tántalo, variables y ajustables.

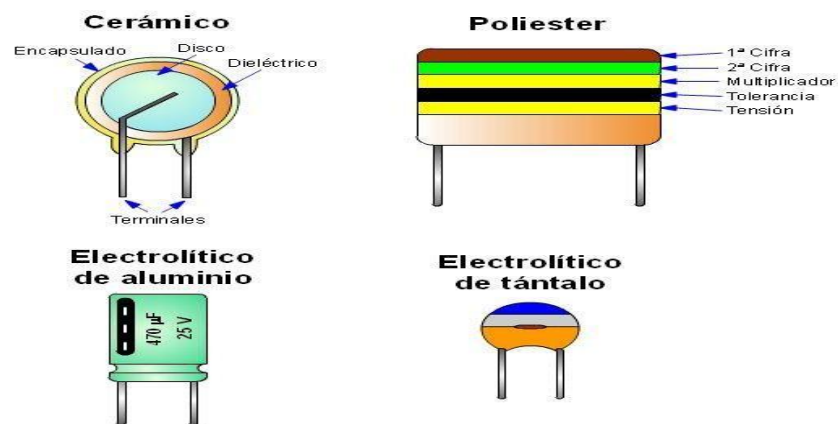


Figura 7. Tipo de Capacitores

Los electrolíticos tienen polaridad y se debe respetar, en caso contrario el condensador puede explotar.

Por lo general se indica el valor de los mismos en la carcasa, si no se hace de forma directa se utiliza el código de colores empezando de arriba a bajo su lectura. Cada condensador dispone de una lectura distinta, se incluye como dato importante la tensión máxima de trabajo del mismo.

- **Tiempo de carga del capacitor**

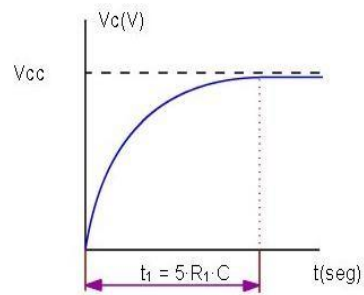


Figura 8. Tiempo de carga del Capacitor

- **Tiempo de descarga**

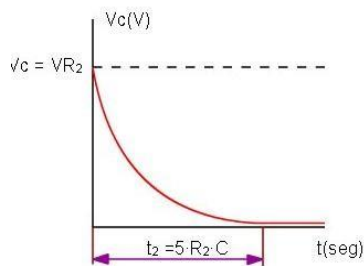


Figura 9. Tiempo de descarga el Capacitor

Bobina: Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

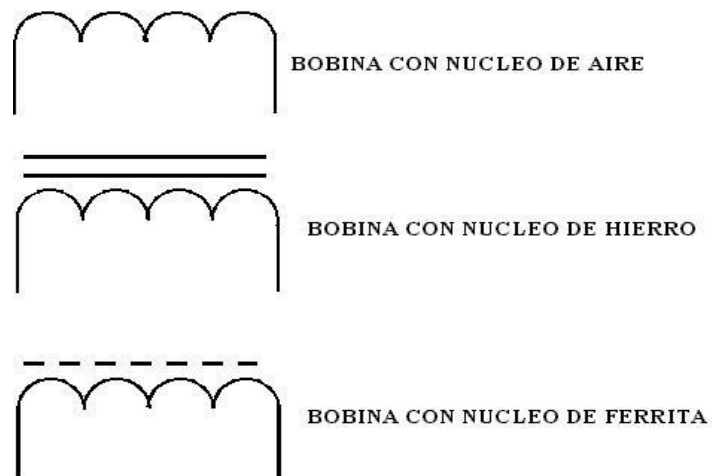


Figura 10. Tipos de bobinas

Resistencia: Con el objeto de producir caídas de tensión en puntos determinados y limitar la corriente que pasa por diversos puntos se fabrican elementos resistivos de los que se conoce su valor Óhmico.

Estos elementos se conocen como resistencias.

Se caracterizan por su:

- Valor nominal: es el valor marcado sobre el cuerpo del resistor.-
- Tensión límite nominal: es la máxima tensión que puede soportar, en extremos, el resistor.

Existen dos tipos de resistencias, fijas, variables.

Resistencias fijas, se caracterizan por mantener un valor óhmico fijo, para potencias inferiores a 2 W suelen ser de carbón o de película metálica. Mientras que para potencias mayores se utilizan las bobinadas.

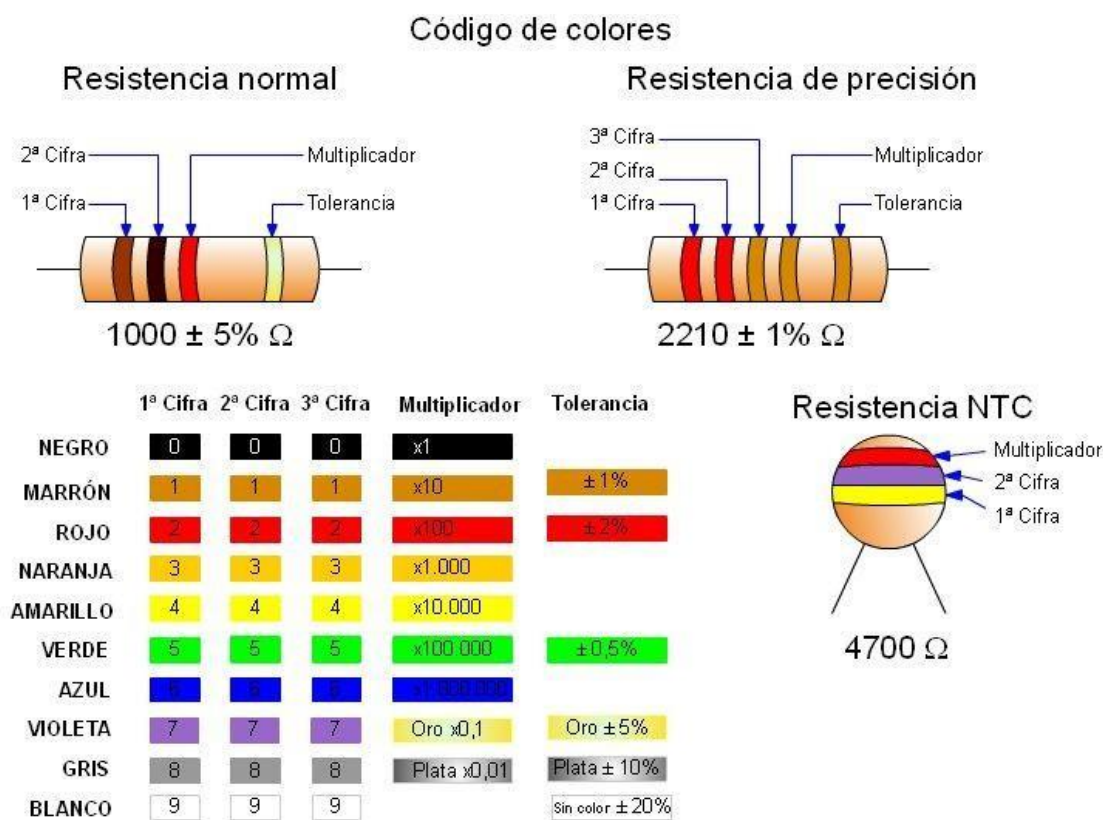


Figura 11. Código de colores de resistencias

DIODOS:

IDEAL:

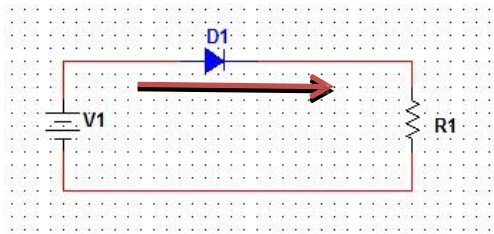


Figura 12. Diodo ideal

Formula:

$$E = I_D \cdot R$$

SILICIO:

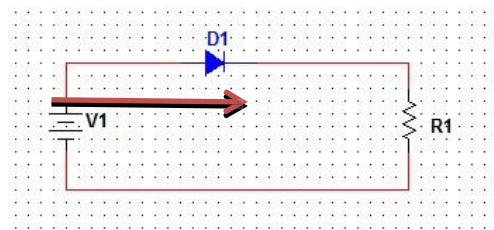


Figura 13. Diodo de Silicio

Formula:

$$E = 0.7v + I_D \cdot R$$

GERMANIO:

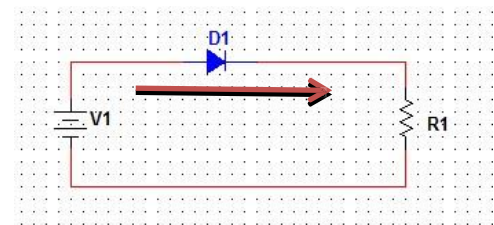


Figura 14. Diodo de Germanio

Formula

$$E = 0.3v + I_D \cdot R$$

EJERCICIOS

1. Calcular la corriente del diodo

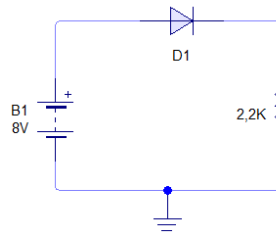


Figura 15. Circuito con diodo de Silicio

$$I_D = \frac{E - 0.7}{2.2K}$$

$$I_D = \frac{8 - 0.7}{2.2K}$$

$$I_D = \frac{7.3}{2.2K}$$

$$\underline{I_D = 3.3mA}$$

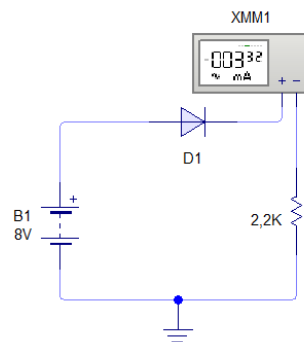


Figura 16. Simulación con diodo de Silicio

2. Calcular la corriente del diodo

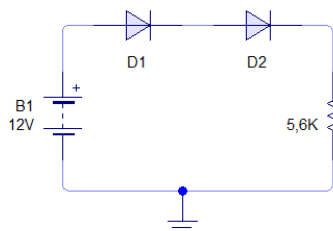


Figura 17. Cicuitos con diodos de Silicio y Germanio

D1=Silicio
D2=Germanio

$$ID = \frac{E - (0,7 + 0,3)}{5,6K}$$

$$ID = \frac{12 - 1}{5,6K}$$

$$\underline{ID = 1,96mA}$$

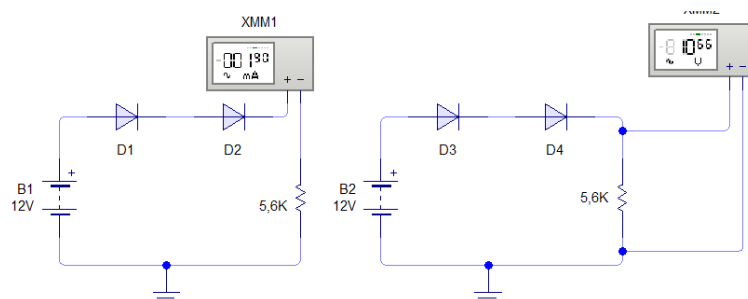


Figura 18. Simulación con diodos de Silicio y Germanio

3. Calcular ID y Vo

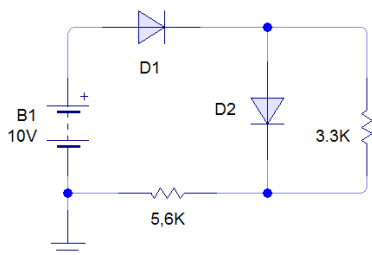


Figura 19. Cicuito con diodos de Silicio

$$I1 = \frac{0,7V}{3,3K}$$

$$I1 = 0,21mA$$

$$I2 = \frac{10 - 1,4V}{5,6K}$$

$$I2 = 1,53mA$$

$$ID = I1 + I2$$

$$ID = 0,21mA + 1,53mA$$

$$ID = 1,74mA$$

$$Vo = 1,53(5,6)$$

$$Vo = 8,56$$

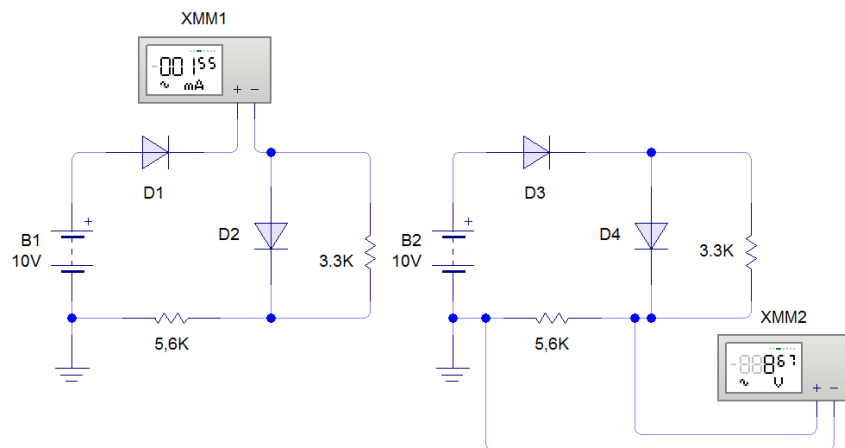


Figura 20. Simulación con diodos de Silicio

TRANSFORMADORES

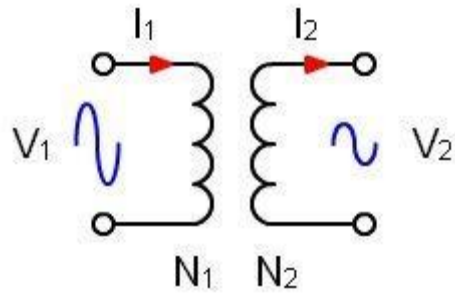


Figura 21. Transformador

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$$

$$V_1/V_2 = I_2/I_1 = N_1/N_2 = n$$

$$V_1/V_2 = I_2/I_1 \longrightarrow \text{REGLA DE TRANSFORMACION}$$

$$V_1 \gg V_2 \longrightarrow \text{TRANSFORMADOR REDUCTOR}$$

$$V_1 \ll V_2 \longrightarrow \text{TRANSFORMADOR ELEVADOR}$$

VRMS : Voltaje promedio y se mide en escala de voltios en alterna

$$V_{RMS} = \frac{V_1}{\sqrt{2}} \text{ cuando la frecuencia de el voltaje es 60Hz}$$

EJERCICIOS

1. CALCULAR:

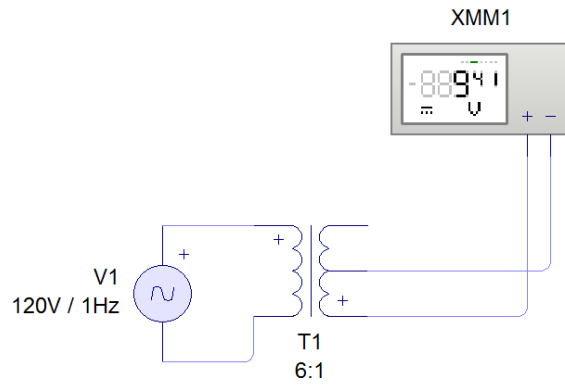


Figura 22. Transformador

- $V_{rms} = \frac{V_1}{N_p} = \frac{120}{6} = 20V_{rms}$
- $V_{pp} = 120\sqrt{2} = 169,70$
- $V_{ps} = 20\sqrt{2} = 28,28$
- $V_{dcp} = \frac{169,70}{\pi} = 54,017$
- $V_{dcs} = \frac{28,28}{\pi} = 9,0002$

RECTIFICADORES

Los rectificadores es una aplicación de diodos donde nos ayudan a eliminar el señal negativa de nuestro voltaje alterno.

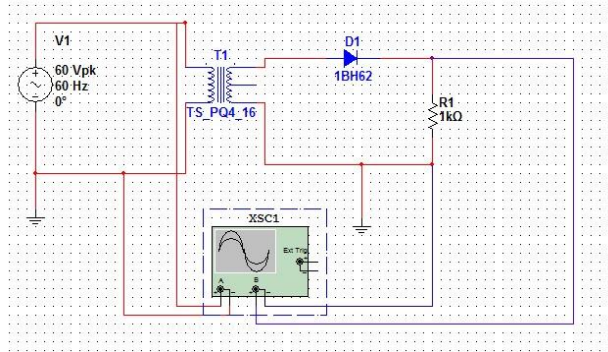


Figura 23. Simulacion Rectificador

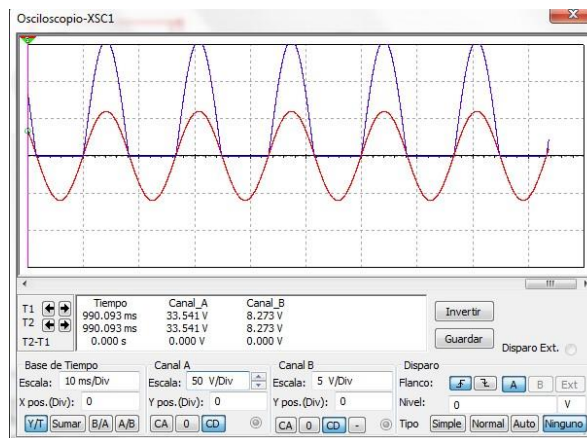


Figura 24. Señal de Entrada vs Señal de Salida

Formula adicional:

$$VCD = 0.318 \cdot V_p$$

RECTIFICADORA DE DOBLE ONDA TIPO FUENTE

El rectificador tipo puente es una configuración de diodos para cambiar la polarización de la parte negativa de la señal alterna a positiva.

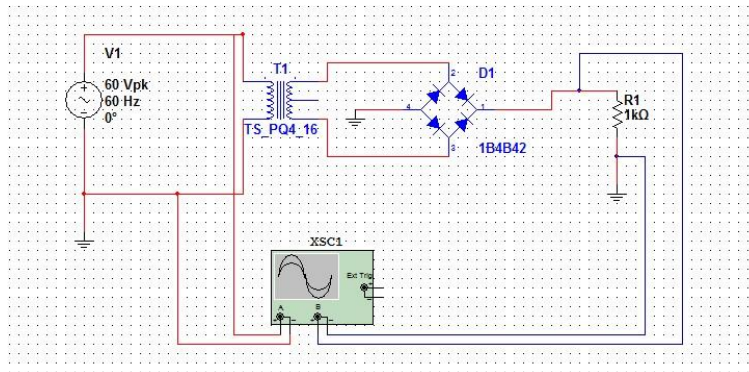


Figura 25. Simulación de Rectificador de doble onda tipo puente

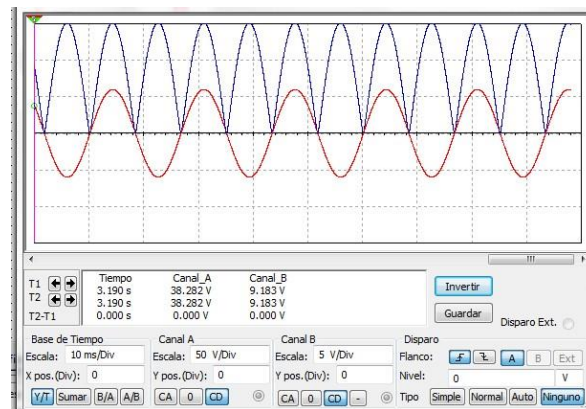


Figura 26. Figura 24. Señal de Entrada vs Señal de Salida

Formula adicional:

$$VCD = 0.636 \cdot V_p$$

PIV(Voltaje de polarización inversa)= Es el valor nominal que no deberá excederse en la región de polarización inversa, para que pueda funcionar correctamente el diodo.

EJERCICIOS

1.

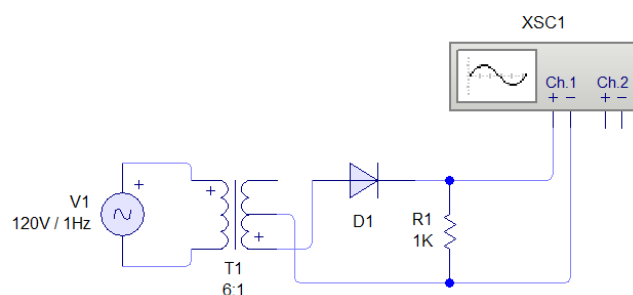


Figura 27. Simulación de Rectificador de media onda

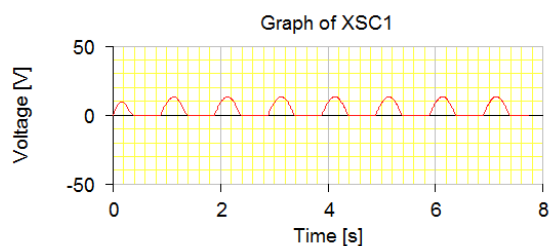


Figura 28 Señal de Salida

2.

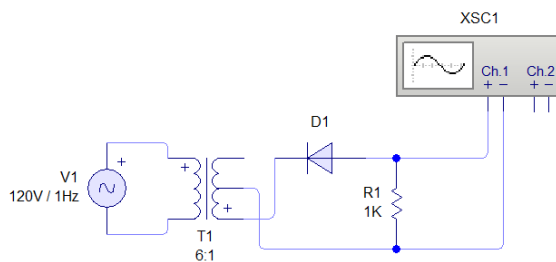


Figura 29. Simulación de Rectificador de media onda

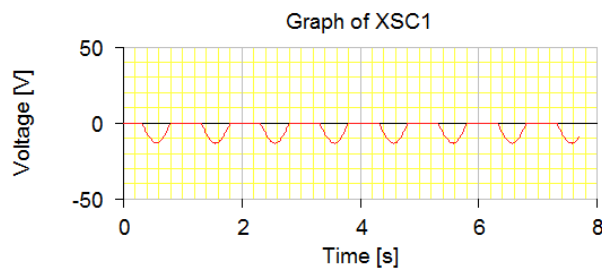


Figura 30 Señal de Salida

3.

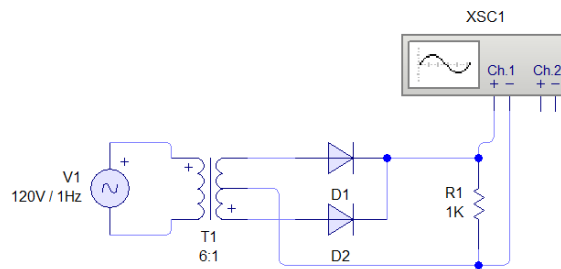


Figura 31. Simulación de Rectificador de onda completa

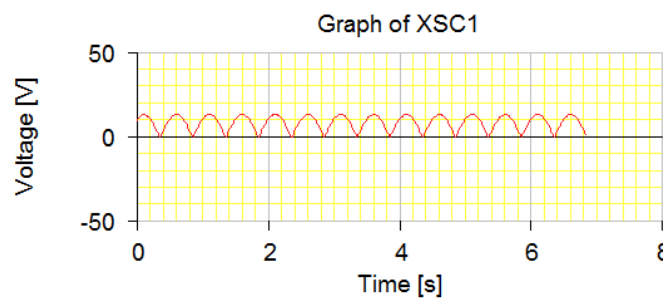


Figura 32. Señal de Salida

RECORTADOR

Es una configuración entre fuentes DC y diodos para eliminar ciertos valores de nuestra señal alterna.

La fuente DC hace una diferencia de voltaje entre ella la fuente en AC eliminando ciertos valores y junto al diodo puede eliminar algún semi ciclo de las señal en AC.

- Recortador en serie

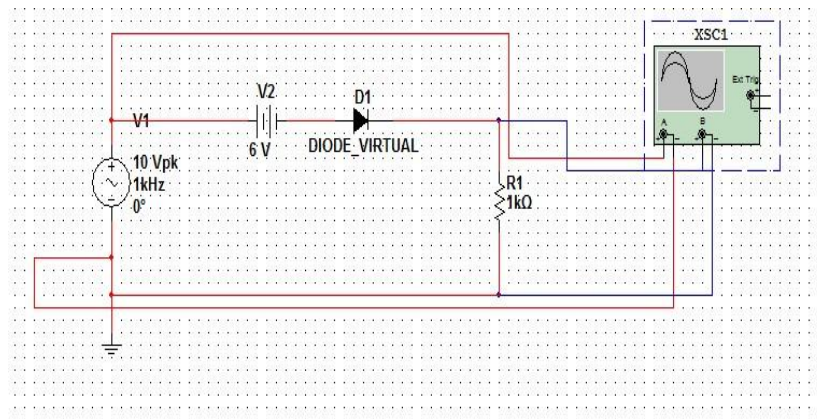


Figura 33. Simulation Recortador

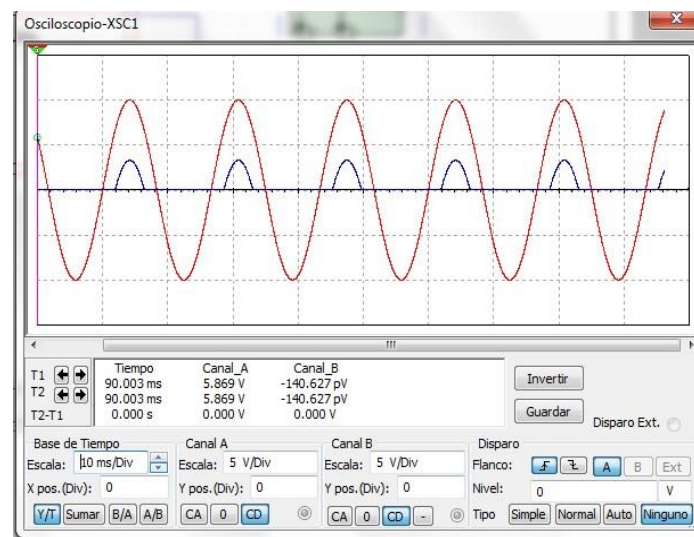


Figura 34. Señal de Entrada vs Señal de Salida

- Recortador en paralelo

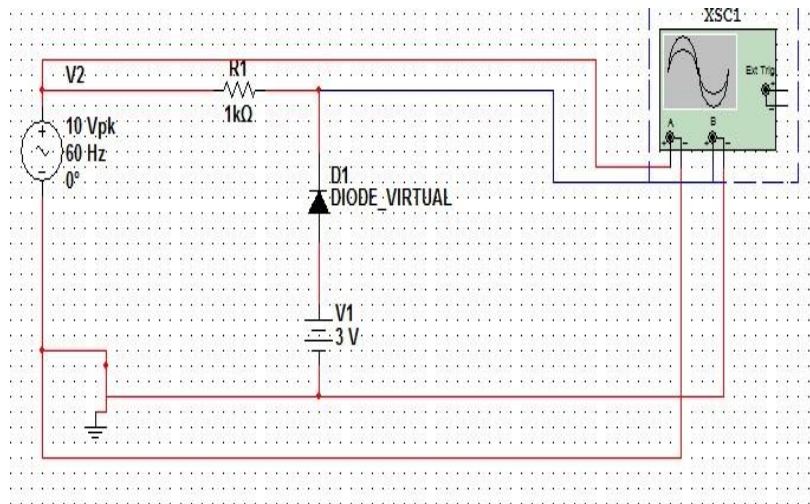


Figura 35. Simulación Recortador

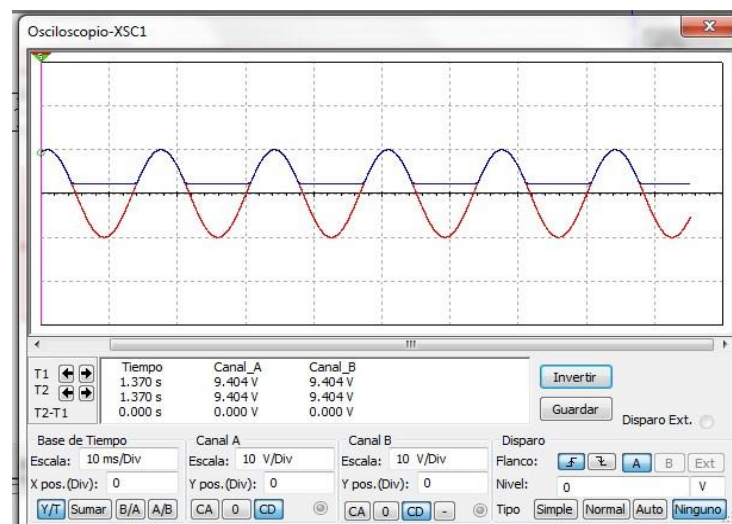


Figura 36. Señal de Entrada vs Señal de Salida

EJERCICIOS DE COMBINACION

1. Encontrar el voltaje de salida

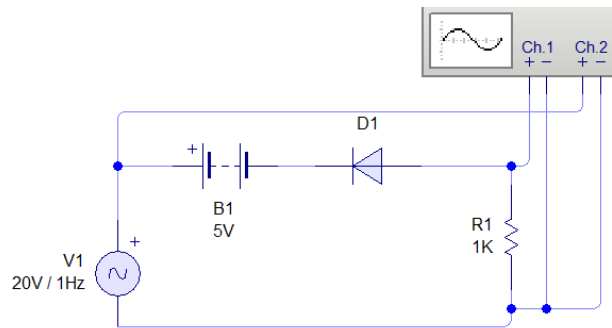


Figura 37. Simulación Recortador

+		-	
Vin	Vout	Vin	Vout
1	-4	-1	-6
2	-3	-2	-7
3	-2	-3	-8
4	-1	-4	-9
5	0	-6	-11
6	0	-10	-15
7	0	-15	-20
10	0	-20	-25
15	0		
20	0		

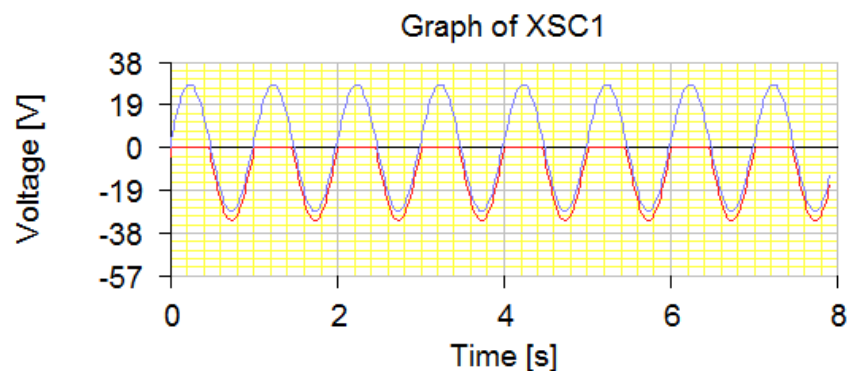


Figura 38. Señal de Entrada vs Señal de Salida

2. Encontrar el voltaje de salida

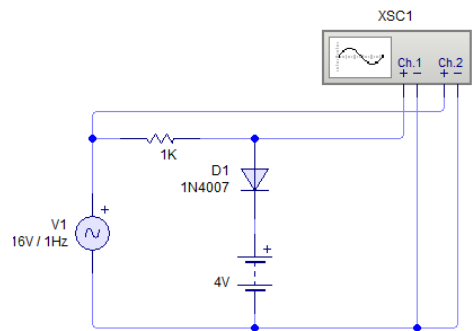


Figura 39. Simulación Recortador

+		-	
Vin	Vout	Vin	Vout
1	1	-1	-1
2	2	-2	-2
3	3	-3	-3
5	4,7	-5	-5
10	4,7	-10	-10
15	4,7	-15	-15
10	4,7	-10	-10
5	4,7	-5	-5
3	3	-3	-3
2	2	-2	-2
1	1	-1	-1

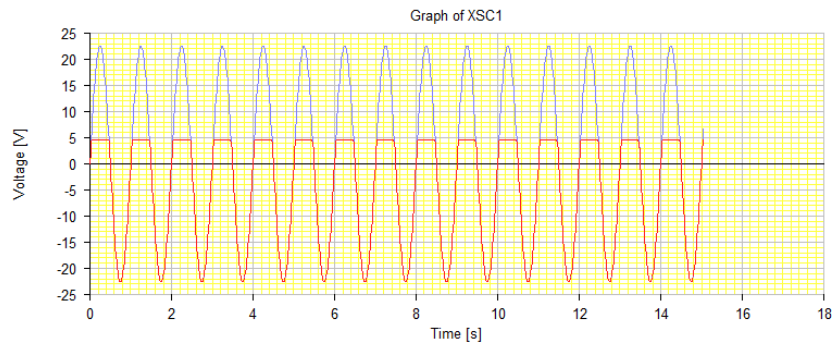


Figura 40. Señal de Entrada vs Señal de Salida

3. Encontrar el voltaje de salida

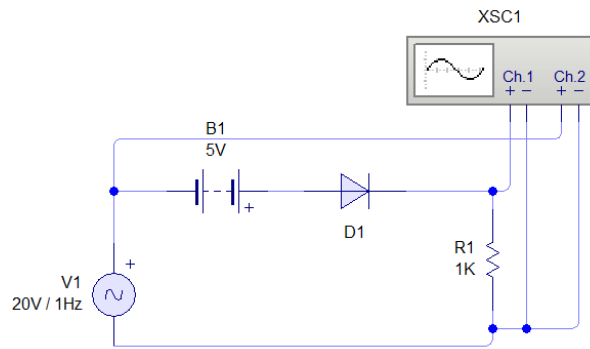


Figura 41. Simulación Recortador

+		-	
Vin	Vout	Vin	Vout
1	5.3	-1	3.3
2	6.3	-2	2.3
4	8.3	-4	1.3
5	12.3	-5	0.3
10	14.3	-10	0
15	19.3	-15	0
20	24.3	-20	0
		-5	0

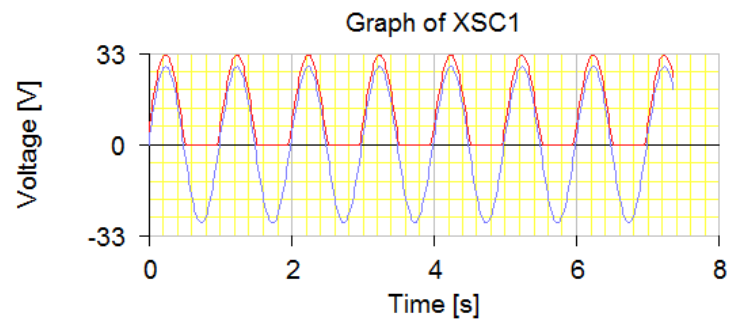


Figura 42. Señal de Entrada vs Señal de Salida

CAMBIADORES DE NIVEL

Los cambiadores de nivel es la configuración entre un diodo, capacitor y resistencia donde debemos tener en cuenta el tiempo de carga del capacitor y la polarización del diodo.

La señal de salida es un suma de voltajes en un semiciclo donde esto dependerá del sentido del diodo.

Para recordar:

$$\zeta = RC \text{ donde } 5\zeta \gg t/2$$

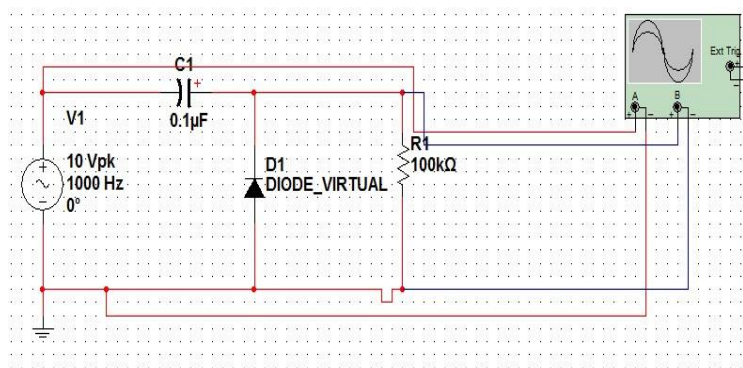


Figura 43. Simulacion Cambiador de Nivel

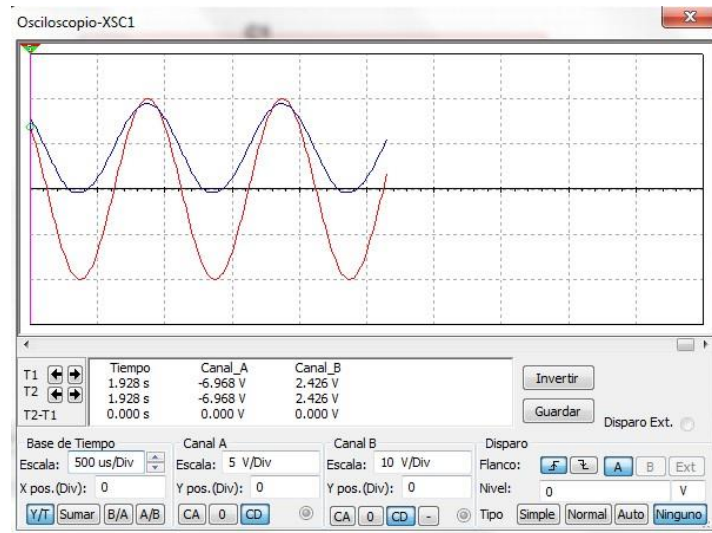


Figura 44. Señal de Entrada vs Señal de Salida

EJERCICIOS

- RESOLVER

1. Calcular Vout

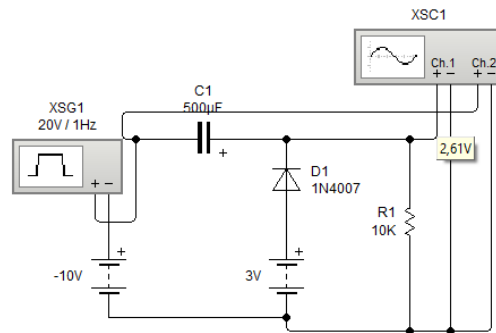


Figura 45. Simulación Cambiador de Nivel



$$VC1 = 3 - 0,7 + 10$$

$$VC1 = 12,3V$$



$$VC2 = 10V + 12.3$$

$$VC1 = 22.3V$$

$$V_{out} = 3 - 0,7$$

$$\underline{V_{out} = 2,3V}$$

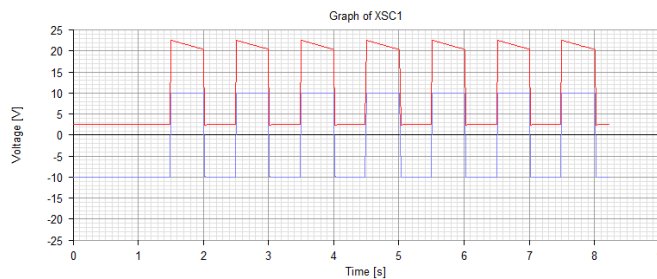


Figura 46. Señal de Entrada vs Señal de Salida

2. EJERCICIO DE DISEÑO

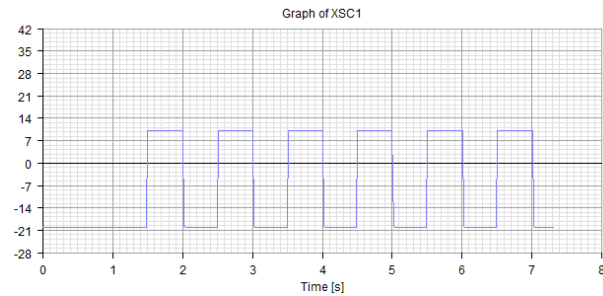


Figura 47. Señal de Entrada

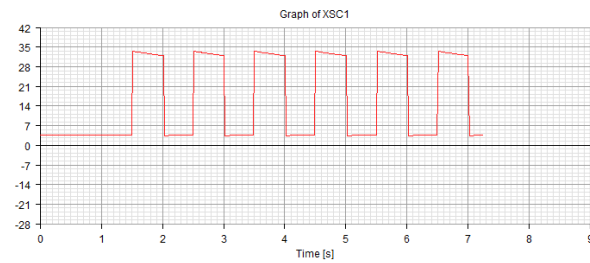


Figura 48. Señal de Salida

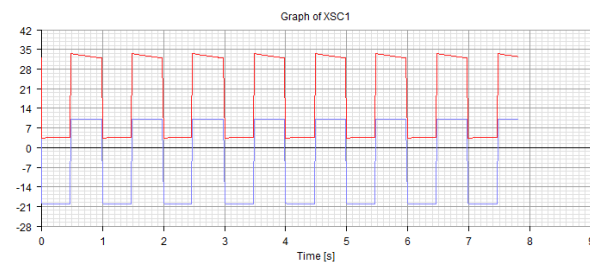


Figura 49. Señal de Entrada vs Señal de Salida

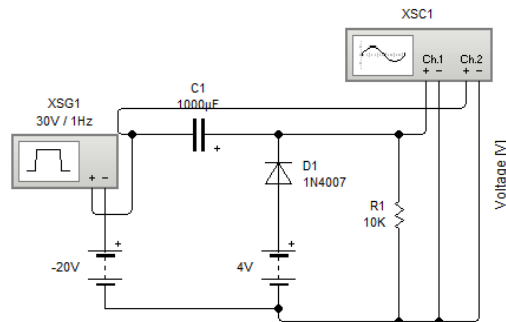


Figura 50. Simulación Cambiador de Nivel

DIODO ZENER

Se analiza el diodo Zener, no como un elemento ideal, si no como un elemento real y se debe tomar en cuenta que cuando éste se polariza en modo inverso si existe una corriente que circula en sentido contrario a la flecha del diodo, pero de muy poco valor.

Pero una vez que se llega a un determinado voltaje, llamada voltaje o tensión de Zener (V_z), el aumento del voltaje (siempre negativamente) es muy pequeño, pudiendo considerarse constante.

Para este voltaje, la corriente que atraviesa el diodo zener, puede variar en un gran rango de valores. A esta región se le llama la zona operativa.

Esta es la característica del diodo zener que se aprovecha para que funcione como regulador de voltaje, pues el voltaje se mantiene prácticamente constante para una gran variación de corriente. Ver el gráfico.

¿Qué hace un regulador con Zener?

Un regulador con diodo zener ideal mantiene un voltaje predeterminado fijo a su salida, sin importar las variaciones de voltaje en la fuente de alimentación y/o las variaciones de corriente en la carga.

Nota: En las fuentes de voltaje ideales (algunas utilizan, entre otros elementos el diodo zener), el voltaje de salida no varía conforme varía la carga.



Figura 51. Curva Característica Diodo Zener

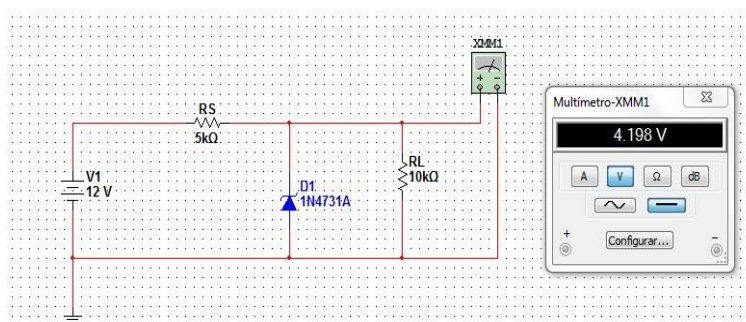


Figura 52. Simulación Diodo Zener

Formula:

$$V_{RL} = \frac{R_L}{R_L + R_S} * V$$

- EJERCICIOS

1. Determinar V_{RL} , V_{RS} , I_Z , P_Z

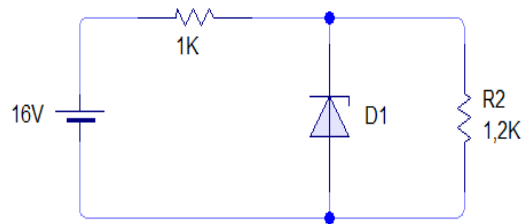


Figura 53. Simulación Diodo Zener

$$V_{RL} = \frac{16(1,2)}{2,2}$$

$$V_{RL} = \frac{19,20}{2,2}$$

$$\underline{V_{RL} = 8,72V}$$

$$V_{RS} = \frac{16(1)}{2,2}$$

$$V_{RS} = \frac{16}{2,2}$$

$$\underline{V_{RS} = 7,27V}$$

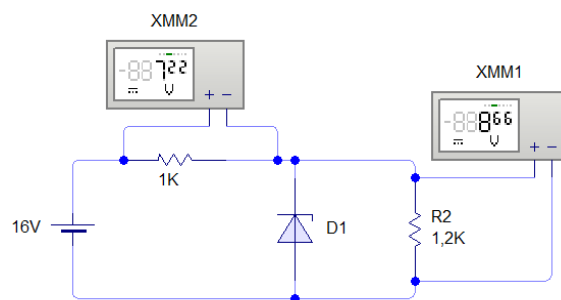


Figura 54. CACULO DE VOLTAJES

2. Determinar V_{RL} , V_{RS} , I_Z , P_Z

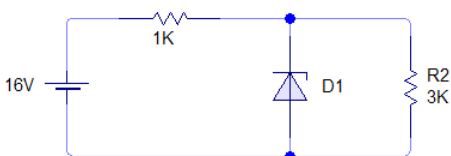


Figura 55. Simulación Diodo Zener

$$V_{RL} = \frac{16(3K)}{4K}$$

$$\underline{V_{RL} = 12V}$$

$$V_{RL} = V_Z$$

$$V_{RL} = 12V$$

$$I_S = \frac{6}{1}$$

$$I_S = 6mA$$

$$I_L = \frac{V_{RL}}{R_L}$$

$$I_L = \frac{12}{3}$$

$$I_L = 4mA$$

$$I_Z = I_S - I_L$$

$$I_Z = 6mA - 4mA$$

$$\underline{I_Z = 2mA}$$

$$P_Z = V_Z \cdot I_Z$$

$$P_Z = (12)(2mA)$$

$$\underline{P_Z = 24mW}$$

$$VRS = Vi - VRL$$

$$VRS = 16 - 12$$

$$\underline{VRS = 4V}$$

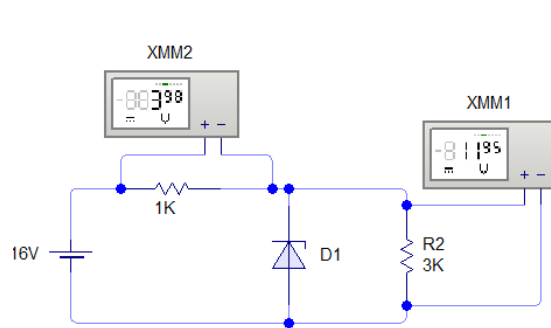


Figura 56. CACULO DE VOLTAJES

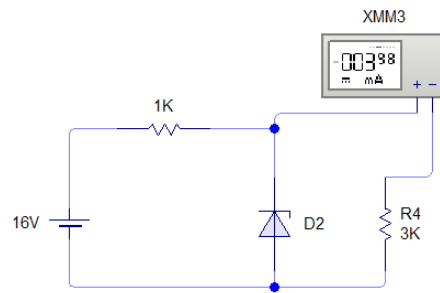


Figura 57. CALCULO DE CORRIENTE

3. Determine el rango de RL y de IL para que el voltaje VRL se mantenga en 10V

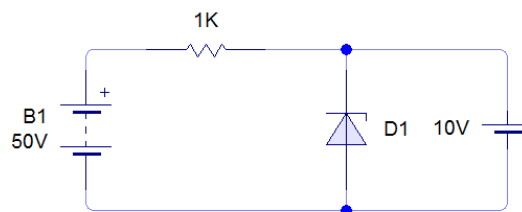


Figura 58. Simulación Diodo Zener

$$VZ = 10V$$

$$IZMAX = 32mA$$

$$IS = \frac{50 - 10}{RS}$$

$$IS = \frac{50 - 10}{1}$$

$$\underline{IS = 40mA}$$

$$ILmin = IS - IZMAX$$

$$ILmin = 40mA - 32mA$$

$$\underline{ILmin = 8mA}$$

$$V_{RL} = I_L \cdot R_L$$

$$V_{RL} = I_{Lmin} \cdot R_{Lmax}$$

$$10 = 8mA \cdot R_{Lmax}$$

$$R_{Lmax} = \frac{10}{8mA}$$

$$\mathbf{R_{Lmax} = 1,25K}$$

$$R_{Lmin} = \frac{R_S \cdot V_Z}{V_i - V_Z}$$

$$R_{Lmin} = \frac{1K(10)}{50 - 10}$$

$$R_{Lmin} = \frac{10}{40}$$

$$\mathbf{R_{Lmin} = 250\Omega}$$

$$I_{LMAX} = \frac{V_{RL}}{R_{Lmin}}$$

$$I_{LMAX} = \frac{10}{250}$$

$$\mathbf{I_{LMAX} = 40mA}$$

$$\mathbf{R_L = 250}$$

$$\mathbf{1,25K}$$

$$\mathbf{I_L = 8mA}$$

$$\mathbf{40mA}$$

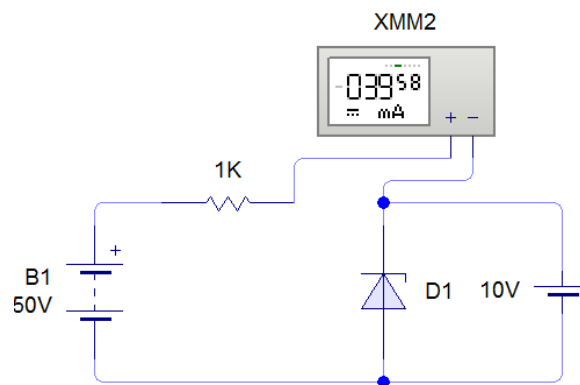


Figura 59. CALCULO DE CORRIENTE

TRANSISTORES BJT

Transistores npn

-



Figura 60. Transistor NPN

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_B = \mu A$$

$$I_C = mA$$

Transistores pnp



Figura 61. Transistor PNP

COMPORTAMIENTO EN CD

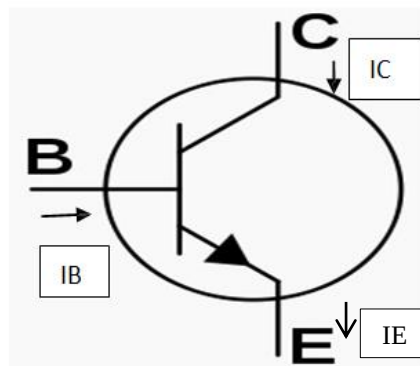


Figura 62. Transistor NPN

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_B = \mu A$$

$$I_C = mA$$

$$\beta_{CD} = \frac{I_C}{I_B} \rightarrow \text{Ganancia de amplificación}$$

$$\alpha_{CD} = \frac{I_C}{I_E} \rightarrow \text{Ganancia de Modo común}$$

$$I_c \cong I_e$$

$$I_e = I_b + I_c$$

$$I_e = I_b + \beta I_b$$

$$I_e = (\beta + 1) I_b$$

$$\frac{I_e}{I_b} = \beta + 1$$

$$\frac{I_e}{I_b} = \beta + 1$$

$$I_e = I_b + \beta I_b$$

$$I_e = I_b + I_c$$

$$I_e = I_b + \alpha I_e$$

$$I_e(1 - \alpha) = I_b$$

$$I_b = \frac{1}{1 - \alpha}$$

$$1 - \alpha = \frac{1}{\beta + 1}$$

$$\frac{\beta}{\beta + 1} = \alpha$$

Polarización en base común

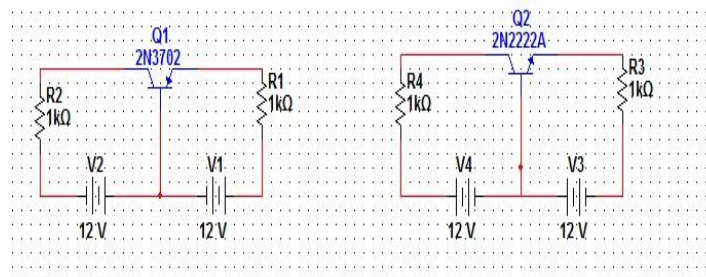


Figura 63. Figura Polarización base común

Polarización en emisor común

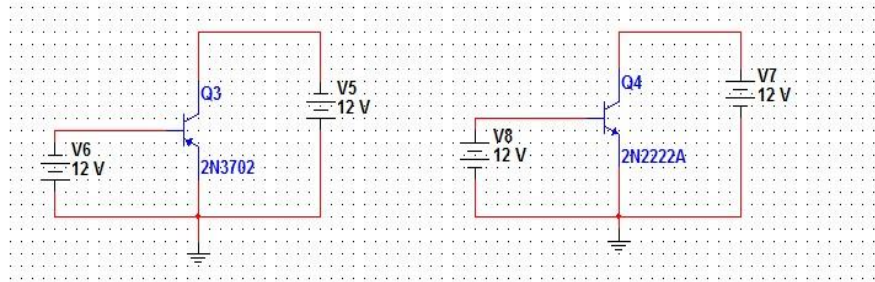


Figura 64. Figura Polarización emisor común

Polarización en colector común

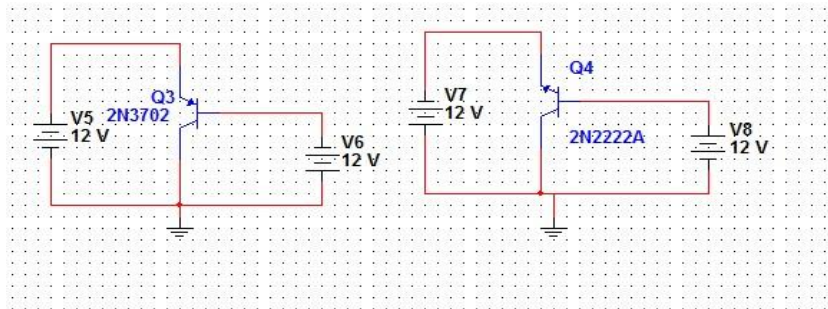


Figura 65. Figura Polarización colector común

Malla de entrada

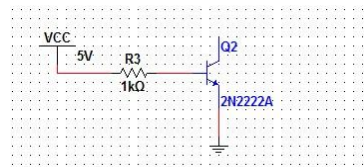


Figura 66. Figura polarización fija

Malla de salida

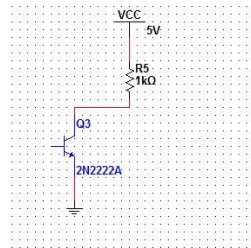


Figura 67 . Figura Polarización fija

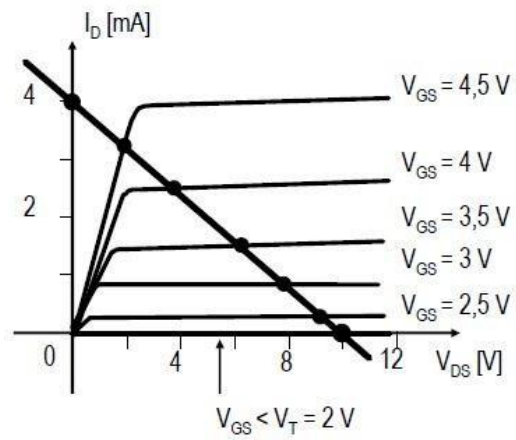


Figura 68. Curva de corte y saturación.

$$V_{CC} = I_b \cdot R_e + V_{be}$$

$$\beta = \frac{I_c}{I_b}$$

$$V_{BE} = 0.7\text{V}$$

$$V_b - V_e = 0.7\text{V}$$

$$V_{CE} = V_c - V_e$$

$$V_{CE} = V_c - V_b$$

- EJERCICIO

1.

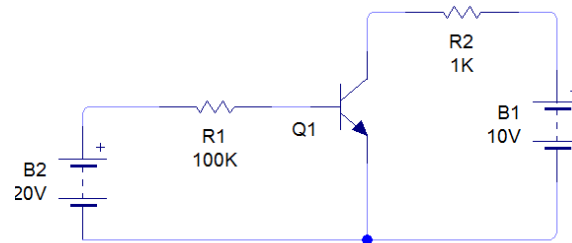


Figura 6 9 . Figura Polarización fija

MALLA DE ENTRADA

$$V_{BE} = 0,7$$

$$I_B = \frac{2 - 0,7}{100K}$$

$$\underline{I_B = 13A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_C = 200(13\mu A)$$

$$\underline{I_C = 2,6mA}$$

MALLA DE SALIDA

$$V_{CE} = 10 - I_C \cdot R_C$$

$$V_{CE} = 10 - [(2,6mA)(1K)]$$

$$V_{CE} = 10 - 2,6$$

$$\underline{V_{CE} = 7,4V}$$

POLARIZACION ESTABILIZADA DE EMISOR

Malla entrada

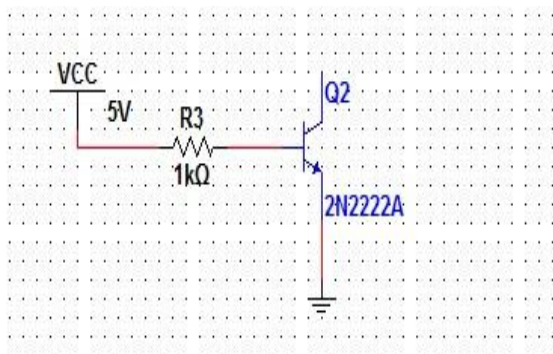


Figura 70. Malla de entrada transistor

$$V_{cc} = I_b.R_b + V_{be} + I_e R_e$$

$$I_e = I_c + I_b$$

$$I_e = \beta I_b + I_b$$

$$V_{cc} = I_b.R_b + V_{be} + I_b(\beta + 1) R_e$$

$$I_b = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_b + (\beta + 1) R_e}$$

Malla salida

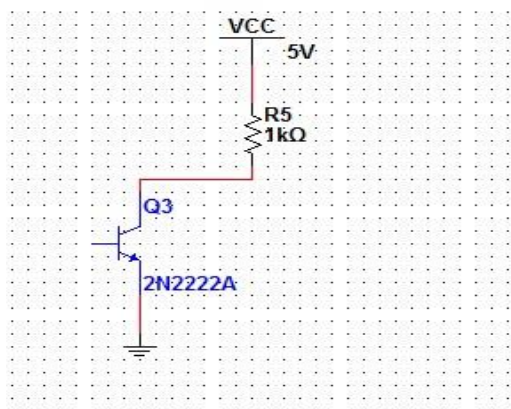


Figura 71. Figura Polarización estabilizada de emisor

$$V_{CC} = I_C.R_C + V_{CE} + I_E.R_E$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$I_C \cong I_E$$

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C(R_C + R_E)$$

- EJERCICIO

1.

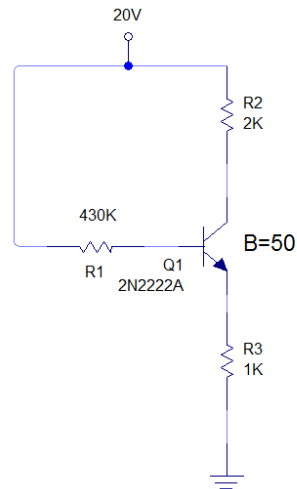


Figura 7 2 . Figura Polarización fija

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{[R_B + (\beta + 1)R_E]}$$

$$I_B = \frac{20V - 0,7}{430K + (50 + 1)1K}$$

$$\underline{I_B = 40,12\mu A}$$

$$I_C = \beta . I_B$$

$$\underline{I_C = 2mA}$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B$$

$$\underline{I_E = 2mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

$$V_{CE} = 20 - 2(3K)$$

$$\underline{V_{CE} = 14V}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$V_C = 20 - (2mA)(2K)$$

$$\underline{V_C = 16V}$$

$$V_E = V_C - V_{CE}$$

$$V_E = 16 - 14$$

$$\underline{V_E = 2V}$$

POLARIZACION DE DIVISOR DE VOLTAJE

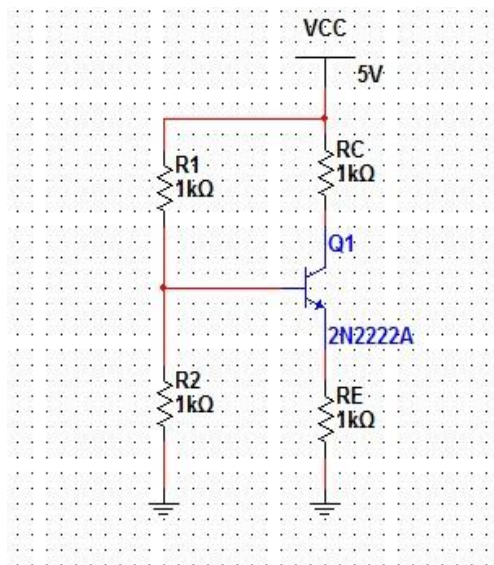


Figura 73. Figura Polarización de divisor de voltaje

Malla de entrada

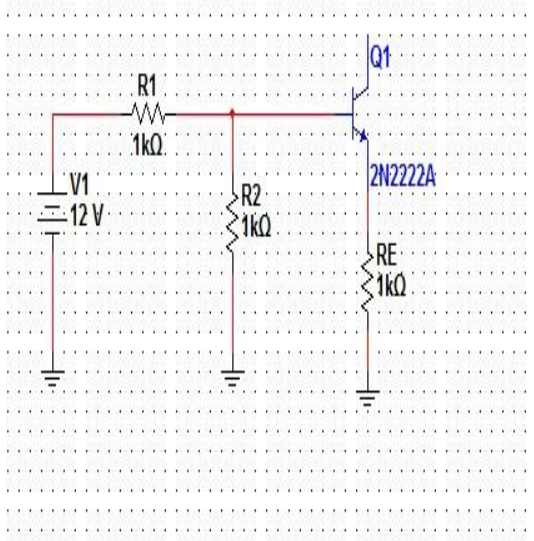


Figura 74. Malla de entrada

$$R_{th} = \frac{R1 * R2}{R1 + R2}$$

$$V_{th} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{cc}$$

$$V_{th} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{cc}$$

$$V_{th} - I_b * R_{th} - I_e * R_e = 0$$

$$I_e = I_b + \beta I_b$$

$$I_e = (\beta + 1) I_b$$

$$V_{th} - V_{be} = I_b * R_{th} + I_b (\beta + 1) R_e$$

$$I_e = \frac{V_{th} - V_{be}}{R_{th} + (\beta + 1) R_e}$$

Malla de salida

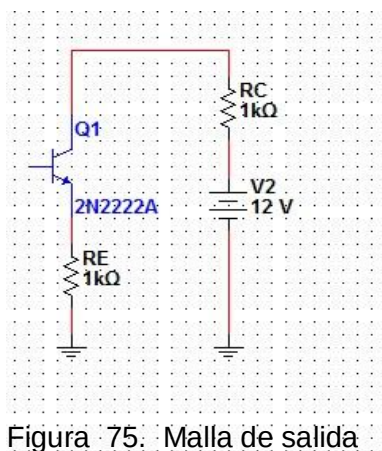


Figura 75. Malla de salida

$$I_c \cong I_e$$

$$V_{cc} - V_{ce} - I_c (R_c + R_e) = 0$$

$$V_{ce} = V_{cc} - I_c (R_c + R_e)$$

$$I_c = 0$$

$$V_{ce} = 0$$

$$V_{ce} = V_{cc}$$

$$I_{sat} = \frac{V_{cc}}{R_c + R_e}$$

Método aproximado de polarización con división de voltaje

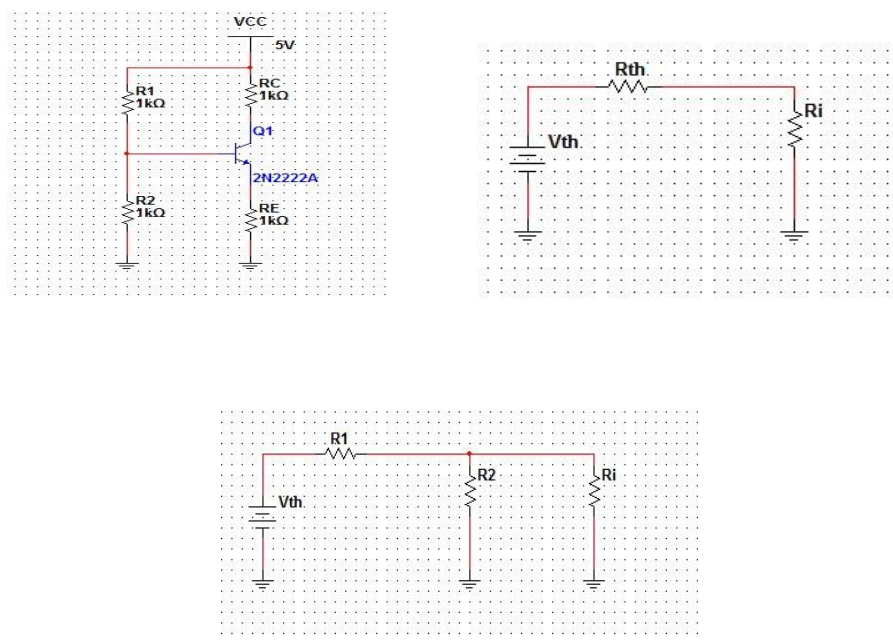


Figura 76. Método aproximado de polarización con división de voltaje

$$R_i = (\beta + 1) R_e$$

$$R_1 \gg R_2$$

$$I_b \cong 0$$

$$R_i = (\beta + 1) \cdot R_e$$

$$R_i = \beta \cdot R_e$$

$$\beta \cdot R_e \geq 10 R_2$$

$$V_{R2} = V_b$$

$$V_{be} = V_b - V_e$$

$$V_e = I_e \cdot R_e$$

$$I_e = \frac{V_e}{R_e} \cong I_c$$

EJERCICIO

1. Encontrar I_B, I_C

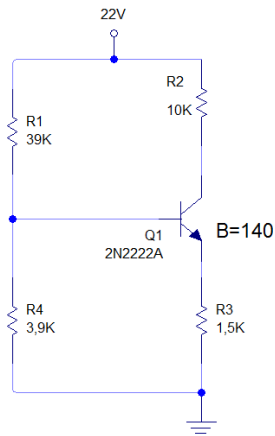


Figura 77. Figura Polarización de divisor de voltaje

MÉTODO EXACTO

$$R_{TH} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$
$$R_{TH} = \frac{39K(10K)}{39K + 10K}$$
$$R_{TH} = 7.5K$$

$$V_{TH} = \frac{VCC \cdot R2}{R1 + R2}$$
$$V_{TH} = \frac{22(10K)}{39K + 10K}$$
$$V_{TH} = 4.7V$$

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1)R_E}$$
$$I_B = \frac{4.7V - 0.7V}{7.5K + (141)1.5K}$$
$$I_B = 6\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_C = 140(6\mu A)$$

$$I_C = \mathbf{0.8mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

$$V_{CE} = 22 - 0.8mA(11.5K)$$

$$V_{CE} = \mathbf{12.87V}$$

MÉTODO APROXIMADO

$$V_B = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_B = \frac{22(3.9K)}{39K + 3.9K}$$

$$V_B = \mathbf{2V}$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$V_E = 2 - 0.7$$

$$V_E = \mathbf{1.3V}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

$$I_E = \frac{1.3V}{1.5K}$$

$$I_E = \mathbf{0.87mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

$$V_{CE} = 22 - 0.8mA(11.5K)$$

$$V_{CE} = \mathbf{12V}$$

$$I_B = \mathbf{6\mu A}$$

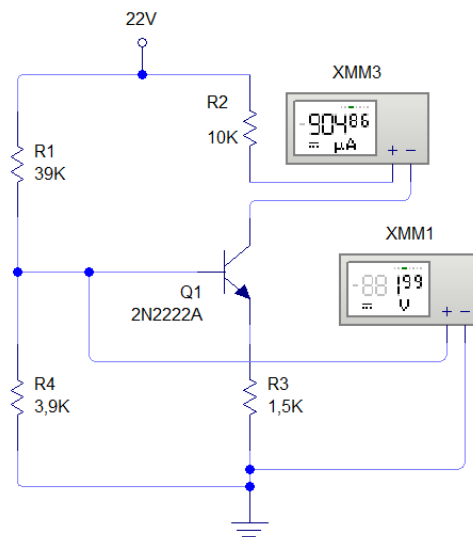


Figura 78. Figura Simulacion de divisor de voltaje

2. Encontrar I_B , I_C

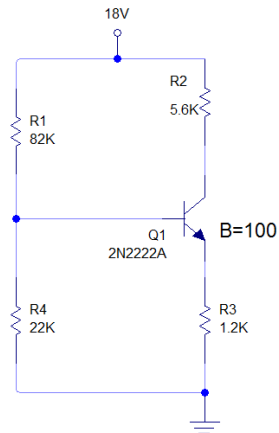


Figura 79. Figura Polarización de divisor de voltaje

MÉTODO EXACTO

$$R_{TH} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$$R_{TH} = \frac{82K(22K)}{82K + 22K}$$

$$\mathbf{R_{TH} = 17.35K}$$

$$V_{TH} = \frac{VCC \cdot R2}{R1 + R2}$$

$$V_{TH} = \frac{18(22K)}{82K + 22K}$$

$$\mathbf{V_{TH} = 3.80V}$$

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1)R_E}$$

$$I_B = \frac{3.80V - 0.7}{17.35K + (101)1.2K}$$

$$\mathbf{I_B = 22.37\mu A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_C = 100(22.37\mu A)$$

$$\mathbf{I_C = 2.23mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

$$V_{CE} = 18 - 2.23(6.8K)$$

$$V_{CE} = 2.83V$$

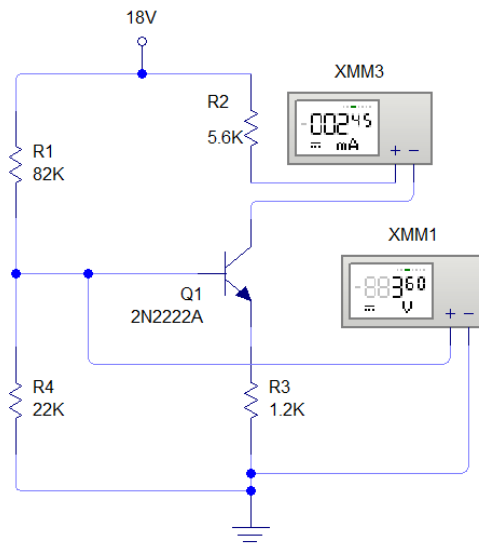


Figura 80. Figura Simulacion de divisor de voltaje

POLARIZACION CON RETROALIMENTACION DE VOLTAJE

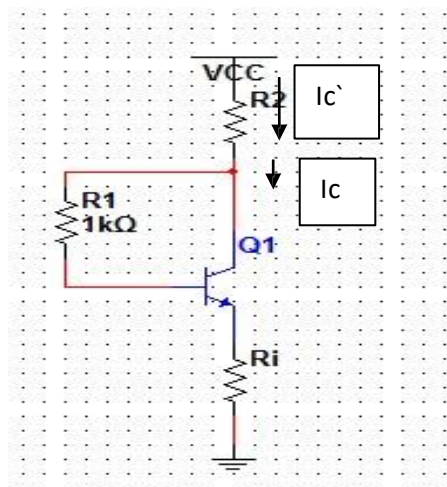


Figura 81. Polarización con retroalimentación de voltaje

$$V_{cc} - I_c' R_c - V_{ce} - I_e R_e = 0$$

$$I_c \cong I_e$$

$$V_{cc} - I_c(R_c + R_e) = V_{ce}$$

$$I_e \cong I_c$$

$$V_{cc} = I_c' R_c + I_b R_b + V_{be} + I_e R_e$$

$$I_b = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_b + \beta(R_c + R_e)}$$

REDES DE CONMUTACION

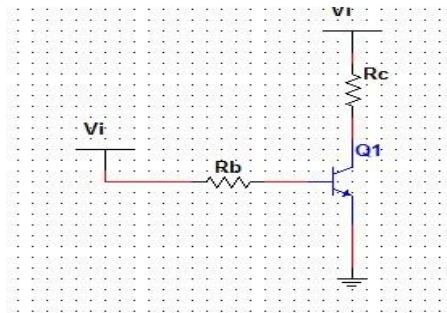


Figura 82. Redes de conmutación

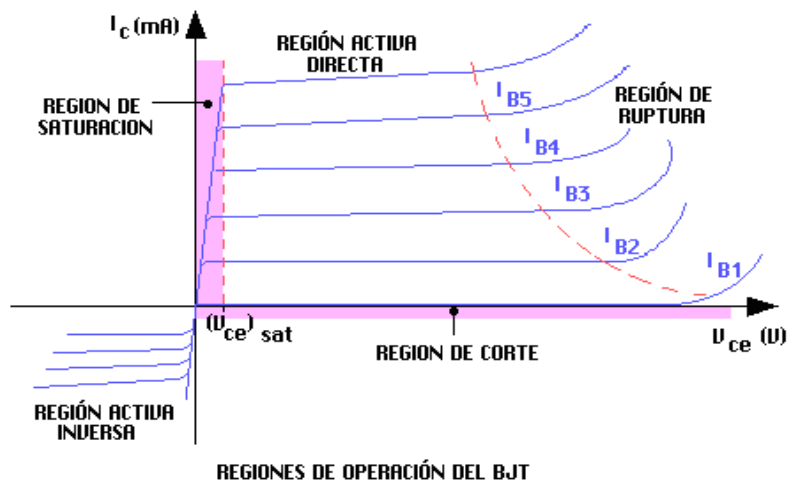


Figura 83. Regiones de operación BJT

Zona de saturación

Zona de corte

$V_{ce}=0$

$I_c=0\text{mA}$

$V_o=5\text{v}$

TRANSISTORES JFET

Los **JFET** (*Junction Field-Effect Transistor*, en español *transistor de efecto de campo de juntura o unión*) es un dispositivo electrónico, esto es, un circuito que, según unos valores eléctricos de entrada, reacciona dando unos valores de salida. En el caso de los JFET, al ser transistores de efecto de campo eléctrico, estos valores de entrada son las tensiones eléctricas, en concreto la tensión entre los terminales S (fuente) y G (puerta), V_{GS} . Según este valor, la salida del transistor presentará una curva característica que se simplifica definiendo en ella tres zonas con ecuaciones definidas: corte, óhmica y saturación.

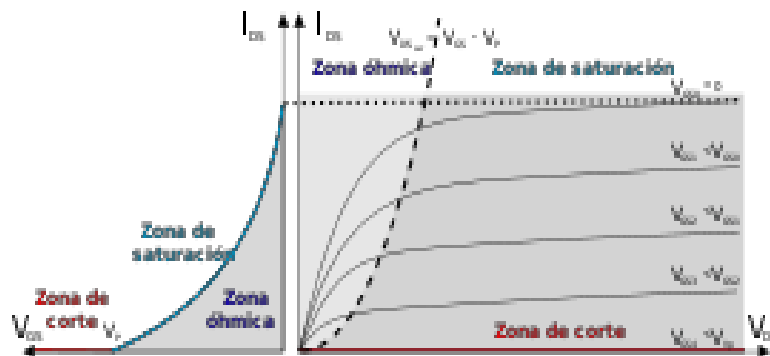


Figura 84. Figura Polarización colector común

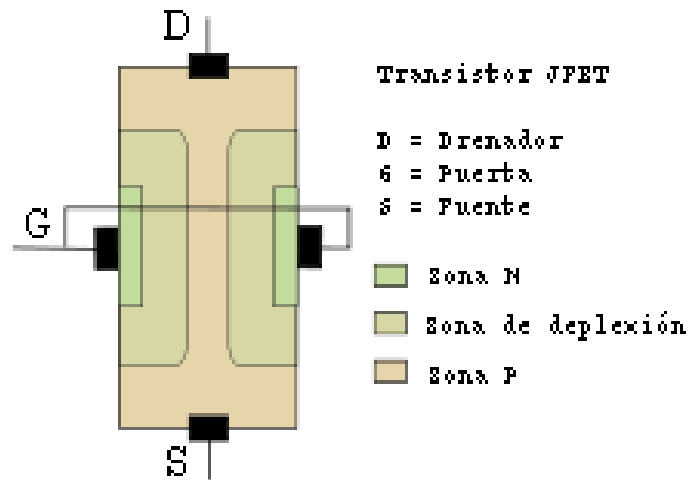
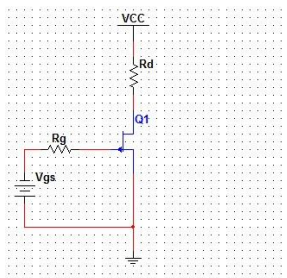


Figura 85. Transistor jfet

Polarización fija



$$I_d = K(V_{gs} - V_{th})^2$$

$$K = \frac{I_d(on)}{[V_{gs(on)} - V_{th}]^2}$$

Figura 86. Polarización fija JFET

$$I_g \cong 0mA$$

$$V_{gg} + V_{gs} = 0 \quad V_{dd} - I_d.R_d V_{ds} = 0$$

$$V_{gsQ} = -V_{gg} \quad V_{ds} = V_{dd} - I_d.R_d$$

EJERCICIO

1. CALCULAR

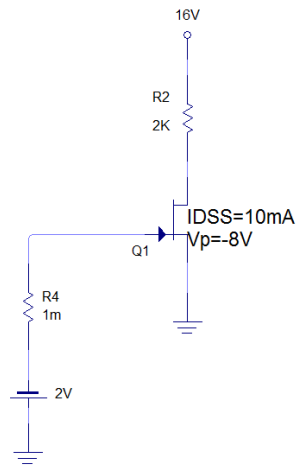


Figura 87. Polarización fija JFET

$$V_{GS} = -V_{GG}$$
$$V_{GS} = -2V$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2$$

$$I_D = 10mA \left(1 - \frac{1}{4}\right)^2$$

$$I_D = 10mA (0.75)^2$$

$$I_D = 5.62mA$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D \cdot R_D$$

$$V_{DS} = 16 - 5.62mA(2K)$$

$$V_{DS} = 4.76V$$

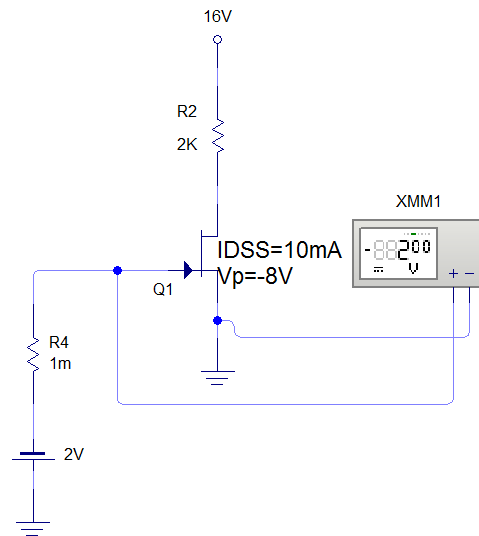
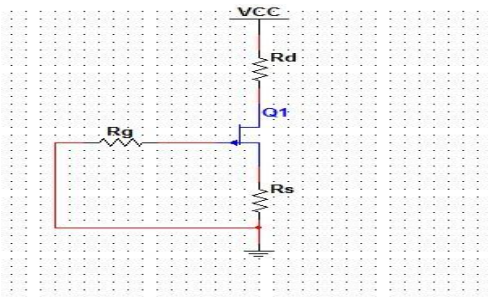


Figura 88. Simulación Polarización fija JFET

Auto polarización



$$V_{gs} + I_s R_s = 0$$

$$V_{gs} = -I_s R_s$$

$$V_{gs} = -I_d R_s$$

$$V_{dd} - R_d I_d - V_{ds} - I_s R_s = 0$$

$$V_{ds} = V_{dd} - R_d I_d - I_s R_s$$

$$V_{ds} = V_{dd} - I_d (R_d + R_s)$$

Figura 89. Auto polarización JFET

EJERCICIO:

1. RESOLVER

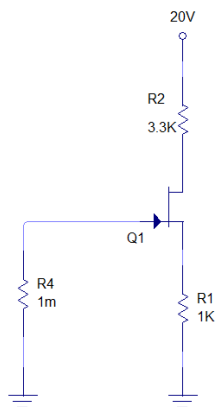


Figura 90. Auto polarización JFET

EC. SHOCKLEY

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2$$

$$V_{GS} = -V_{RS}$$

$$I_D V_{GS} = -I_D \cdot R_S$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2$$

$$I_D = 8mA \left(1 - \frac{I_D(1K)}{6}\right)^2$$

$$I_D = 8mA \left(1 - \frac{1000I_D}{3} + 27.78K \cdot I_D^2\right)$$

$$I_{D1} = 13.9mA$$

$$\underline{I_{D2} = 2.58mA}$$

$$V_{GS} = -(1K)(2.58)$$

$$\underline{V_{GS} = 2.58V}$$

$$V_{DS} = 20 - 2.58(4.3K)$$

$$\underline{V_{DS} = 8.9V}$$

COMPUERTA COMUN

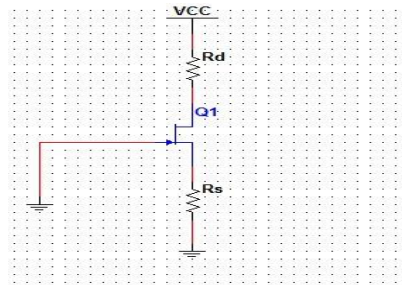


Figura 91. Compuerta común

$$V_{ss} - V_{gs} - I_s R_s = 0$$

$$V_{gs} = V_{ss} - I_s R_s$$

$$V_{ds} = V_{dd} + V_{ss} - I_d (R_d + R_s)$$

TRASISTORES MOSFET

Fue ideado teóricamente por el austrohúngaro Julius von Edgar Lilienfeld en 1930, aunque debido a problemas de carácter tecnológico y el desconocimiento acerca de cómo se comportan los electrones sobre la superficie del semiconductor no se pudieron fabricar hasta décadas más tarde. En concreto, para que este tipo de dispositivos pueda funcionar correctamente, la intercala entre el sustrato dopado y el aislante debe ser perfectamente lisa y lo más libre de defectos posible. Esto es algo que sólo se pudo conseguir más tarde, con el desarrollo de la tecnología del silicio.

Funcionamiento

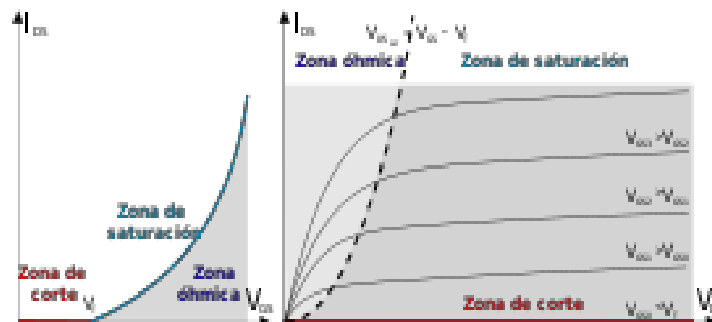


Figura 92. Curvas característica y de salida de un transistor MOSFET de acumulación canal n.

Un transistor MOSFET consiste en un sustrato de material semiconductor dopado en el que, mediante técnicas de difusión de dopantes, se crean dos islas de tipo opuesto separadas por un área sobre la cual se hace crecer una capa de dieléctrico culminada por una capa de conductor. Los transistores MOSFET se dividen en dos tipos fundamentales dependiendo de cómo se haya realizado el dopaje:

- Tipo **nMOS**: Sustrato de tipo **p** y difusiones de tipo **n**.
- Tipo **pMOS**: Sustrato de tipo **n** y difusiones de tipo **p**.

Las áreas de difusión se denominan **fuelle**(source) y **drenador**(drain), y el conductor entre ellos es la **puerta**(gate).

El transistor MOSFET tiene tres estados de funcionamiento:

Estado de corte

Cuando la tensión de la puerta es idéntica a la del sustrato, el MOSFET está en estado de no conducción: ninguna corriente fluye entre fuente y drenador. También se llama mosfet a los aislados por juntura de dos componentes

Conducción lineal

Al polarizarse la puerta con una tensión negativa (pMOS) o positiva (nMOS), se crea una región de depleción en la región que separa la fuente y el drenador. Si esta tensión crece lo suficiente, aparecerán portadores minoritarios (electrones en pMOS, huecos en nMOS) en la región de depleción que darán lugar a un canal de conducción. El transistor pasa entonces a estado de conducción, de modo que una diferencia de potencial entre fuente y drenador dará lugar a una corriente. El transistor se comporta como una resistencia controlada por la tensión de puerta.

Saturación

Cuando la tensión entre drenador y fuente supera cierto límite, el canal de conducción bajo la puerta sufre un estrangulamiento en las cercanías del drenador y desaparece. La corriente entre fuente y drenador no se interrumpe, ya que es debido al campo eléctrico entre ambos, pero se hace independiente de la diferencia de potencial entre ambos terminales.

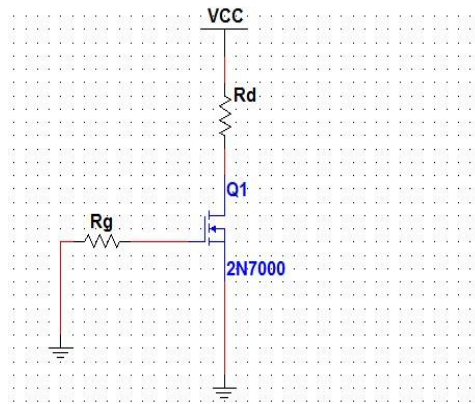


Figura 93. Transistor mosfet

$$I_d = K(V_{gs} - V_{th})^2$$

$$K = \frac{I_d(on)}{[V_{gs}(on) - V_{th}]^2}$$