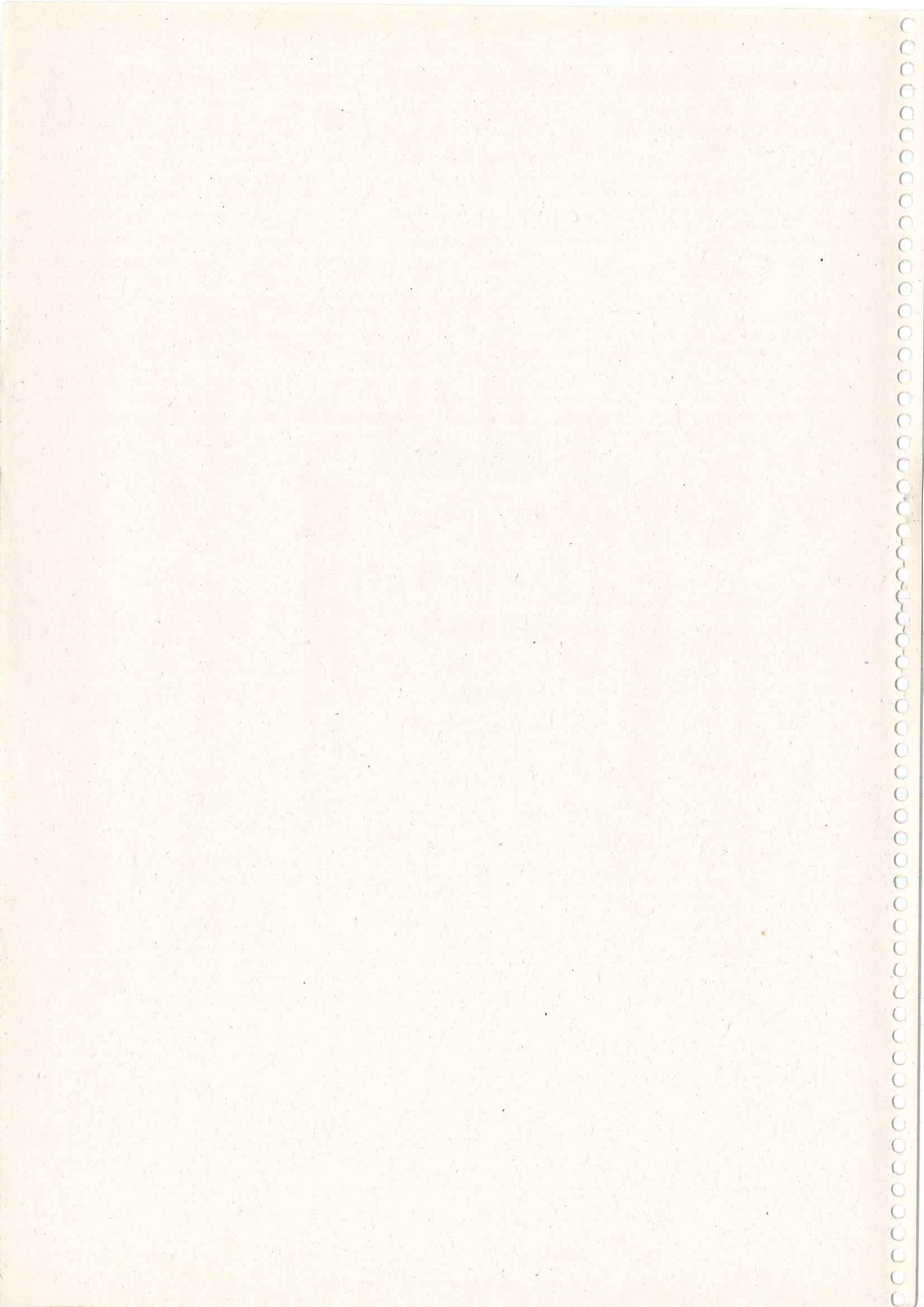


3° CURSO

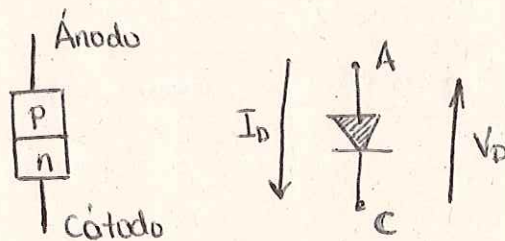
ELECTRONICA
GENERAL

- Apuntes -
- Ejercicios -



TEMA 1: EL DIODO

EL DIODO: Dispositivo electrónico de dos terminales fabricado con materiales semiconductores. Los semiconductores más empleados son el germanio y el silicio, sobre todo el silicio.



Cuando:

$V_{ANODO} < V_{CATODO} \Rightarrow D \text{ OFF INVERSA}$

$V_{ANODO} > V_{CATODO} \Rightarrow D \text{ ON CONDUCE}$



$$V_D = V_A - V_C$$

POLARIZACIÓN INVERSA: Un diodo cuando está en inversa corriente de fugas, casi nula y despreciable en la consiste en aplicar una tensión negativa en el ánodo y positiva en el cátodo.

- Corriente negativa: de cátodo a ánodo

Su valor no depende de la tensión aplicada, sino de la temperatura (se duplica cada 10°C).

POLARIZACIÓN DIRECTA: Consiste en aplicar una tensión positiva en el ánodo y negativa en el cátodo.

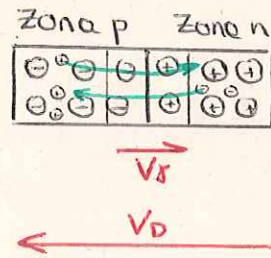
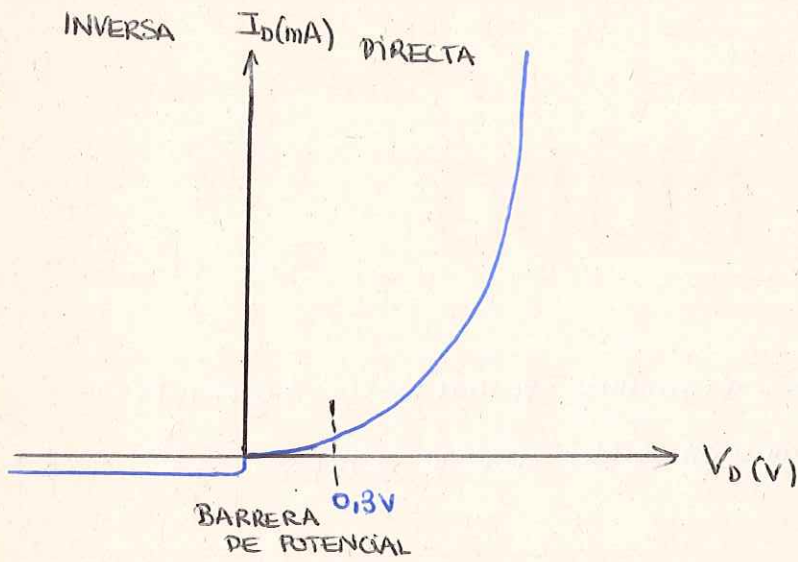
$$V_{ANODO} > V_{CATODO} \Rightarrow V_{DIODO} \geq 0$$

Cuando un e^- y un hueco se juntan se recombinan, en la zona central del diodo no hay átomos libres, hay un pequeño campo eléctrico V_f (tensión umbral)

Superado un determinado nivel de tensión denominada tensión umbral (V_f) la corriente crece exponencialmente.

$$V_f \left\{ \begin{array}{l} \text{Ge} \quad V_f = 0,3\text{V} \\ \text{Si} \quad V_f = 0,7\text{V} \end{array} \right.$$

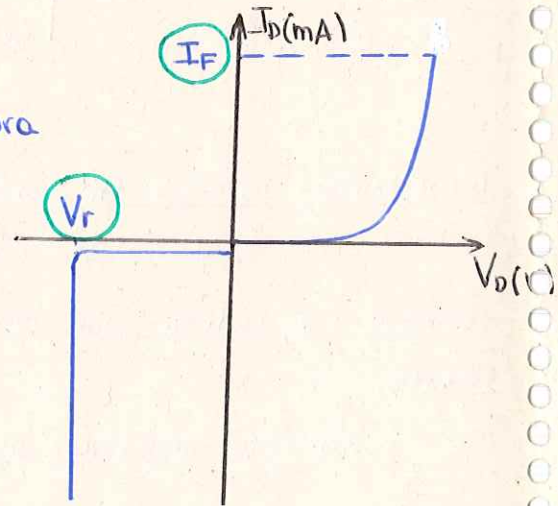
Cuando $V > V_f$
corriente crece
exponencialmente



\Downarrow
 Si estamos aplicando V pequeñas $\Rightarrow E_{ext} < E_{int}$ No hay corriente.

LIMITES:

dados por el fabricante } INVERSA: límite de tensión \Rightarrow tensión de ruptura
 DIRECTA: límite de corriente



RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS CON DIODOS:

Ecuación Shockley

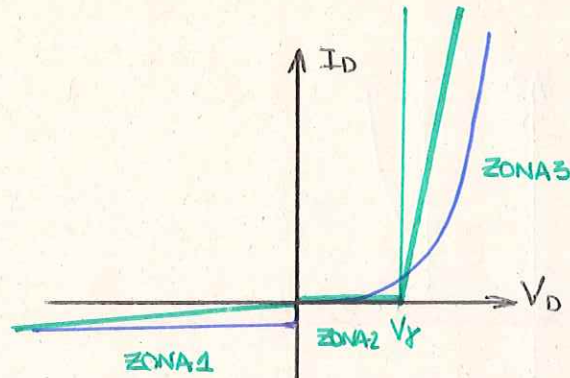
$$I_D = I_S \left[\exp \frac{q \cdot V_D}{\eta K T} - 1 \right]$$

- I_D Corriente del diodo
- q Carga del electrón
- V_D Caída de tensión en el diodo
- K Constante Boltzman
- T Temperatura en K
- η : $\eta = 1$
- $\eta = 2$ valores bajos de tensión
- $\eta = 4$ valores altos de tensión

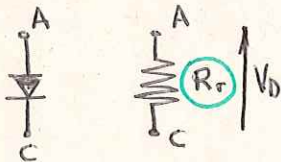
!! No se trabaje con esta ecuación !!

La resolución gráfica de un circuito de diodos es sencilla, pero el cálculo matemático requiere métodos de análisis numéricos. Para simplificar los cálculos recurrimos a modelos que, básicamente consisten en linealizar por tramos la curva del diodo.

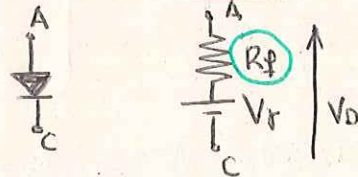
1º APROXIMACIÓN



DIODO EN INVERSA



DIODO EN DIRECTA



resistencia R_r es muy grande, la pendiente de la recta es prácticamente nula.

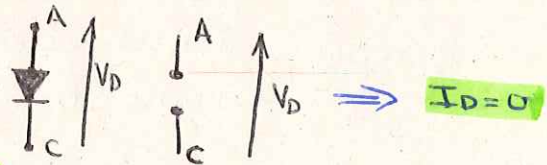
El diodo se comporta como una línea de pendiente $m = 1/R_f$. La pendiente es muy grande por lo que presenta una resistencia muy pequeña que deja pasar muy bien la corriente.

R_f muy pequeño

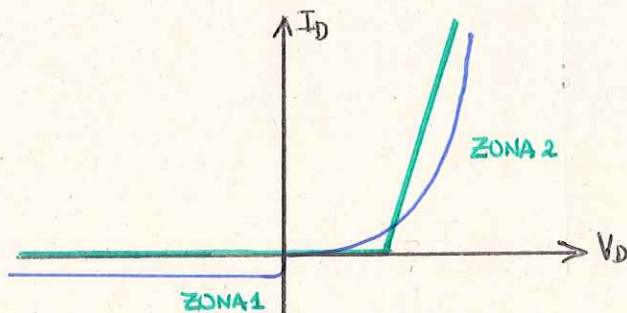
ZONA 1 $V_D < 0 \Rightarrow V_D = R_f \cdot I_D$

ZONA 2 Diodo en corte $0 > V_D > V_r \Rightarrow I_D = 0$

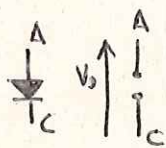
ZONA 3 $V_D > V_r \Rightarrow V_D = V_r + I_D \cdot R_f$



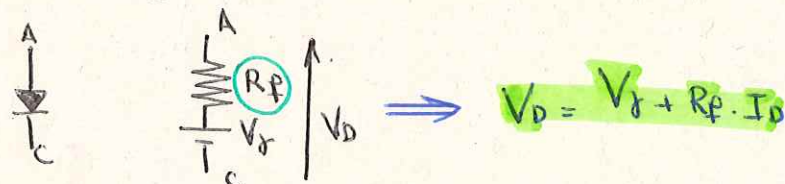
2. APROXIMACIÓN



ZONA 1 $V_D < V_r \Rightarrow I_D = 0$

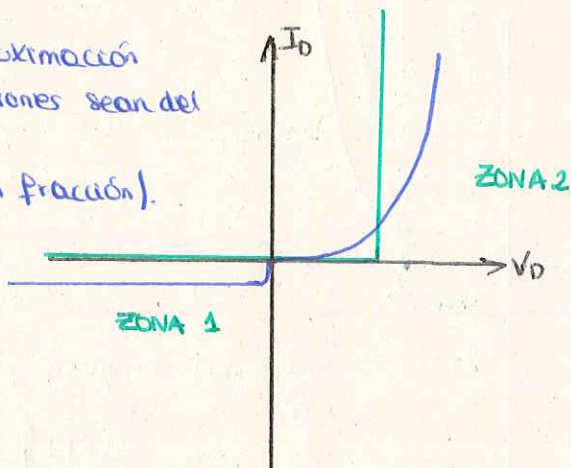


ZONA 2 $V_D > V_r \Rightarrow V_D = V_r + R_f \cdot I_D$



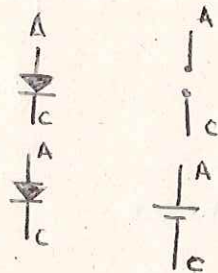
3. APROXIMACIÓN

Utilizo esta aproximación cuando las tensiones sean del orden de 1, 2, 3 (0,7 represento gran fracción).



ZONA 1 $V_D \leq V_D \Rightarrow I_D = 0$

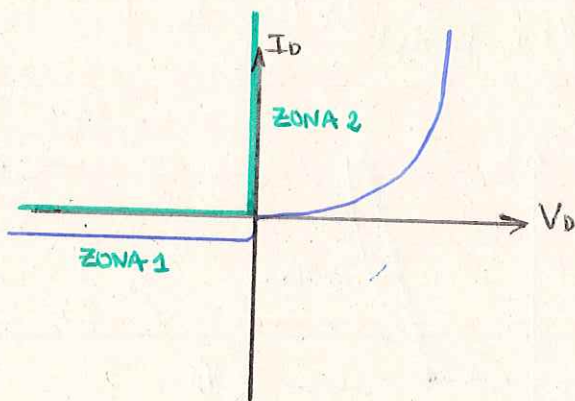
ZONA 2 $V_D \geq V_D \Rightarrow V_D = V_D$



4. APROXIMACIÓN: DIODO IDEAL

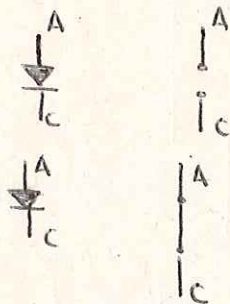
Cuando trabaje con tensiones mayores de 10 V o a/r, que puedan despreciar a 0,7 de tensión de umbral utilizo esto.

El diodo / Directo: dejen pasar corriente
 \ Inversa: No dejen pasar la corriente



ZONA 1 $V_D \leq 0 \Rightarrow I_D = 0$

ZONA 2 $V_D \geq 0 \Rightarrow V_D = 0$



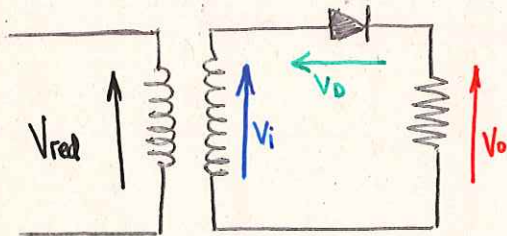
Pasos a seguir en la resolución:

1. Suponer que el diodo está en un estado **ZONA**
2. Sustituir el diodo por su modelo y resolver el circuito
3. Comprobar qué condición debe cumplir la entrada para que el diodo esté en ese estado supuesto.

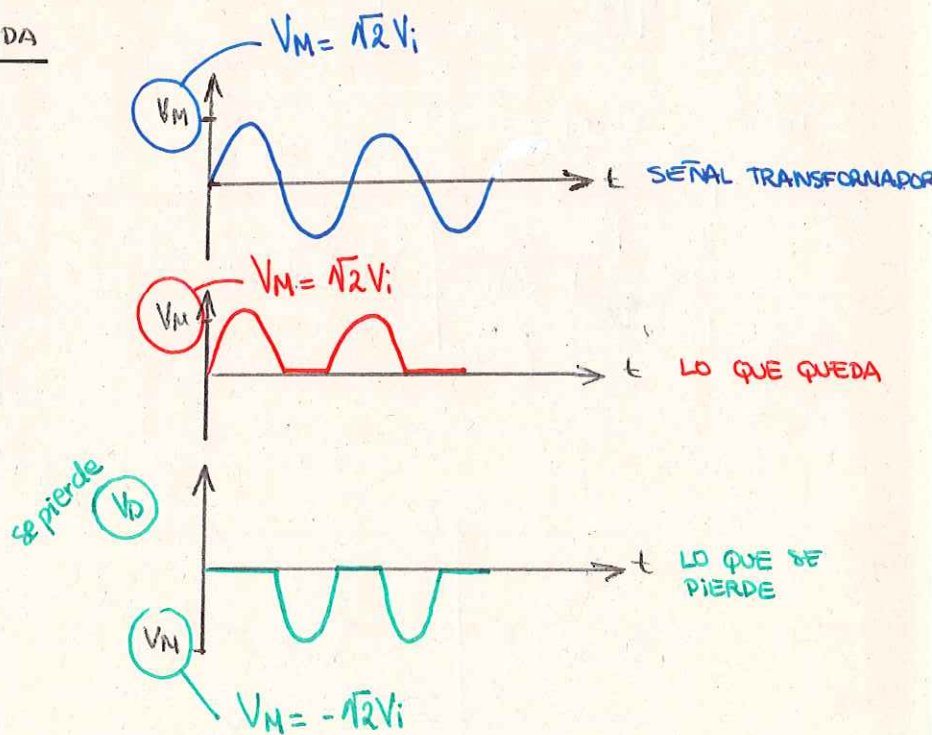
CIRCUITOS RECTIFICADORES

Los circuitos rectificadores son la base de las fuentes de alimentación electrónicos, con las que podemos obtener tensiones continuas de la tensión alterna que nos proporciona la red.

● RECTIFICADO DE MEDIA ONDA



$$V_D = V_i - V_o$$

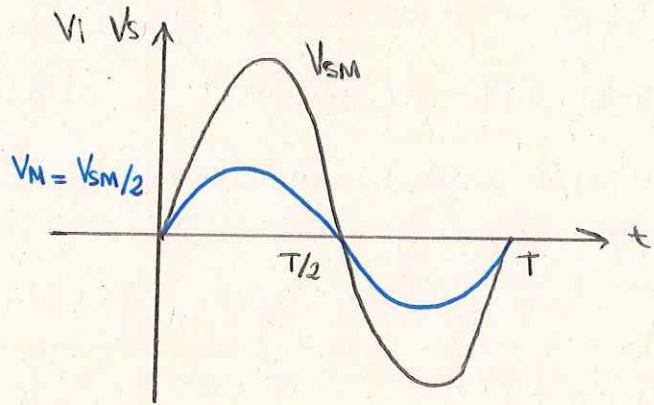
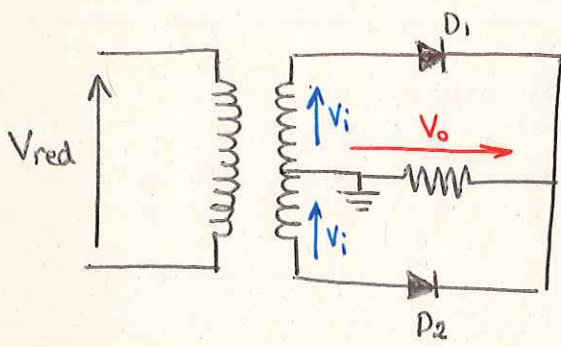


Perdemos la mitad de la señal de la entrada \Rightarrow Perdemos V_D

Cuando $V_i \leq 0$ el diodo funciona en inversa, deja pasar corriente

$$V_D = V_i$$

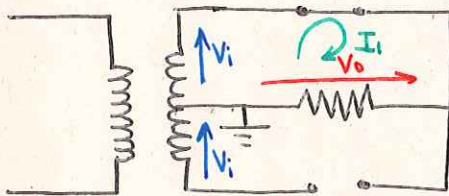
RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA. CIRCUITO CON DOS DIODOS



Pasos: (suponemos los diodos ideales).

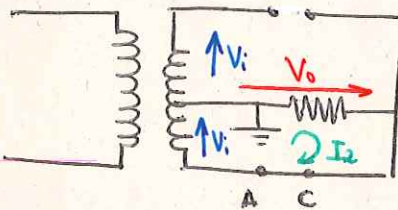
PASO 1.

D1 ON D2 OFF

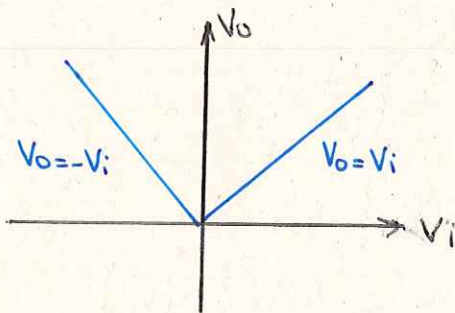
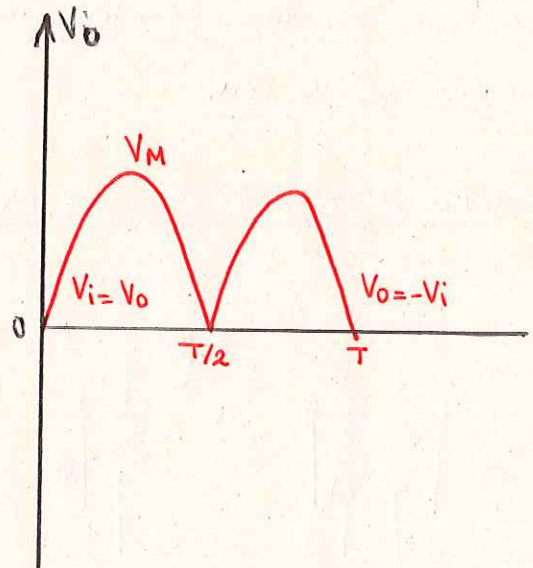


$V_o = V_i$

D1 OFF D2 ON



$V_o = -V_i$

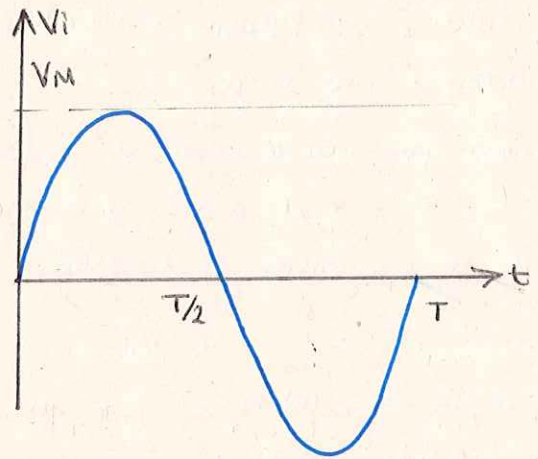
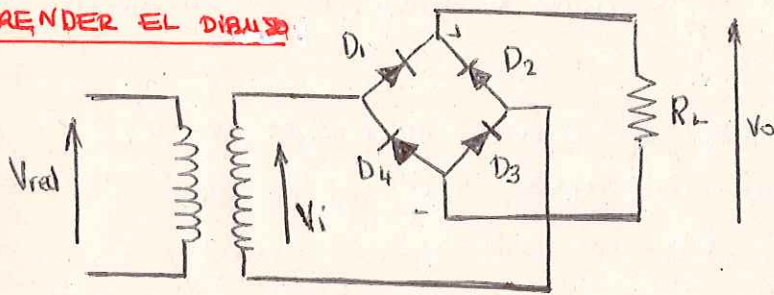


muy importante

Los diodos cuando están en inverso tienen que ser capaces de aguantar el doble de la tensión que estamos rectificando. Esta solución solo me ha solucionado el tema de tener tensión en los dos semiperiodos, el nuevo problema todavía nos quedamos con la mitad de la señal: necesito una señal de $2/V_m$ para tener una de V_m .

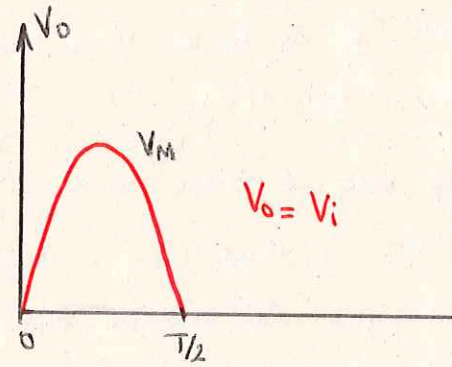
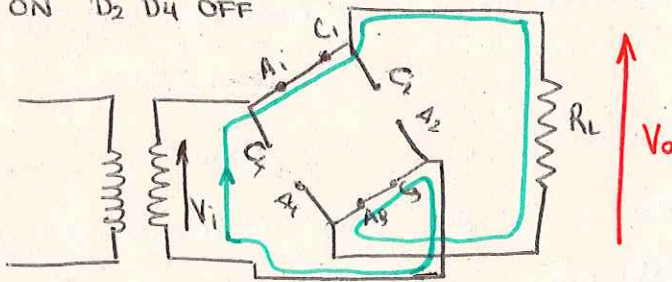
RECTIFICADO DE ONDA COMPLETA. CIRCUITO CON PUENTE DE DIODOS

APRENDER EL DIBUJO



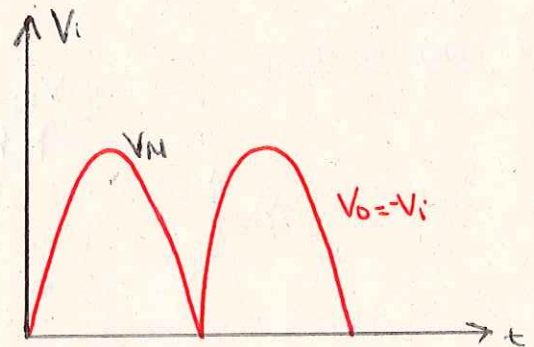
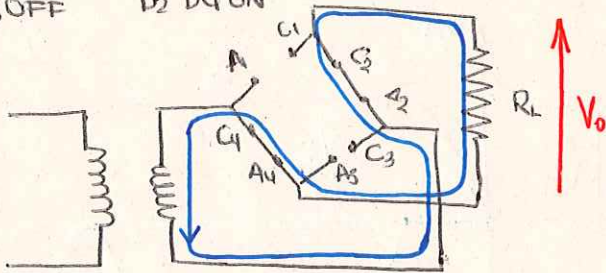
Dos estados: los pares de conducción
los impares de conducción

1. D1 D3 ON D2 D4 OFF

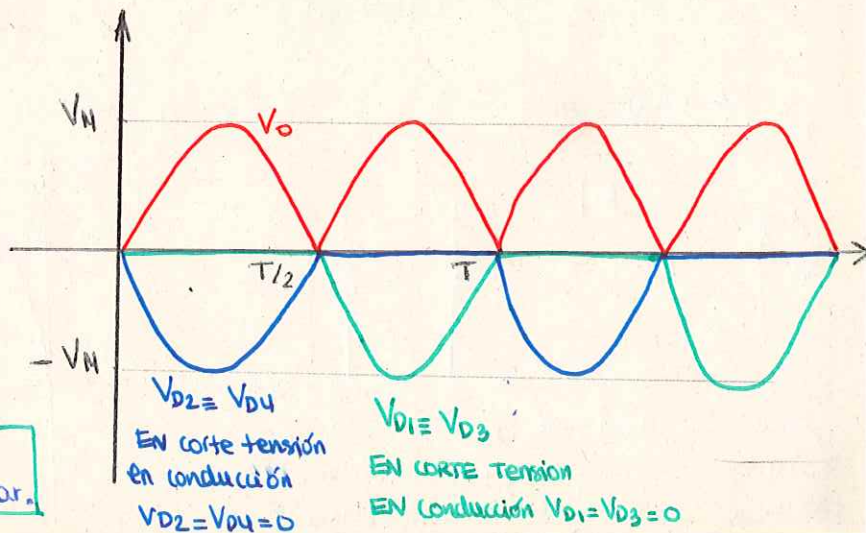
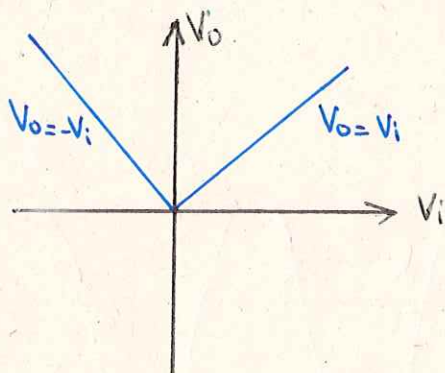


Primer semiperiodo, cuando $V_i \geq 0$.

2. D1 D3 OFF D2 D4 ON



Segundo semiperiodo cuando $V_i \leq 0$



Los diodos tienen que ser capaces de aguantar la tensión que vamos a rectificar.

$V_{D2} \equiv V_{D4}$
EN CORTE TENSION
EN CONDUCCION
 $V_{D2} = V_{D4} = 0$

$V_{D1} \equiv V_{D3}$
EN CORTE TENSION
EN CONDUCCION $V_{D1} = V_{D3} = 0$

FILTRADO

A los circuitos rectificadores vistos hasta ahora vamos a añadirles un condensador en paralelo con la carga.

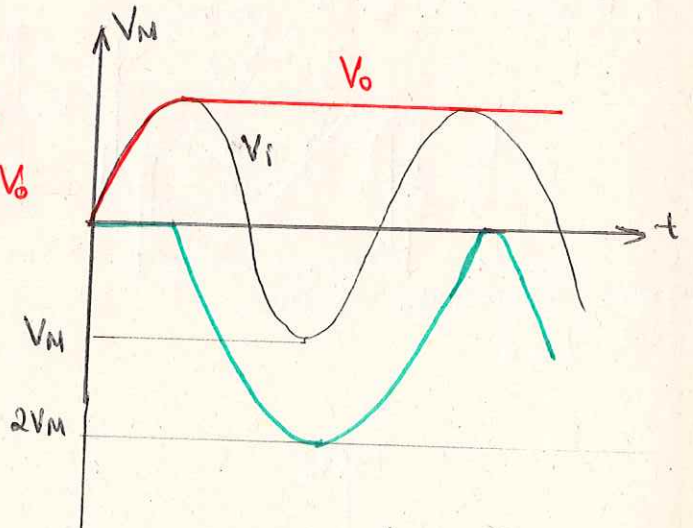
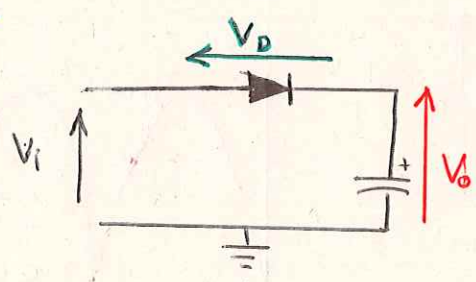
Suponemos que inicialmente el condensador se encuentre descargado. En el ánodo la tensión es positivo y el cátodo tiene tensión nula, por lo tanto el diodo se encuentra en conducción y funciona como un cortocircuito

$$V_i = V_o$$

Lo V_i sigue subiendo hasta $T/4$. Un poco después de $T/4$ lo V_i empieza a descender. En el condensador hoy almacenada una tensión V_M . En el momento en el que la tensión baje un poco $V_{CAT} \geq V_{AN}$ ($V_{DIODO} \leq 0$) el diodo se pone en inversa y el circuito pasa a estar abierto $V_o = V_M$. Ahora la tensión $V_i < V_o$ siempre, por lo que el diodo se va a encontrar en un circuito abierto. Suponiendo que el diodo es ideal.

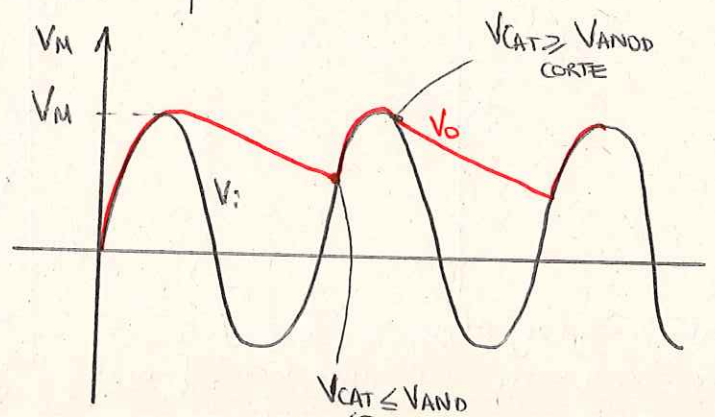
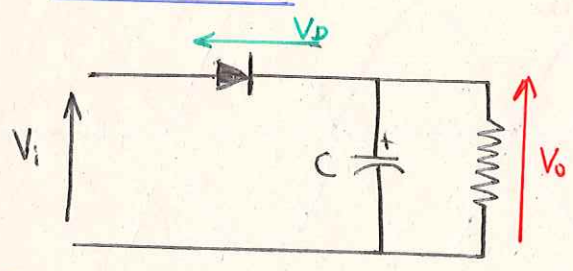
Sin embargo esto se trata de un caso ideal ya que el condensador si que tiene pérdidas de carga. En el momento en el que ponga la resistencia que quiero alimentar, la tensión del condensador se descarga en la resistencia.

1. CASO IDEAL



Ecuación Descarga Condensador
 $V_c = V_f + (V_i - V_f) \exp \frac{-t}{RC}$

2. CASO REAL

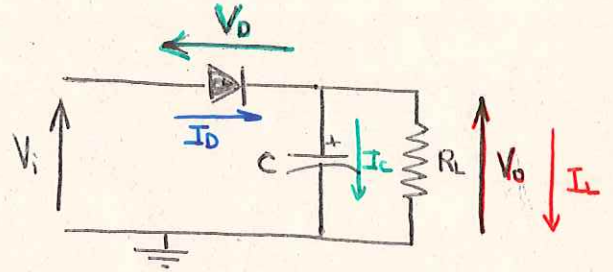
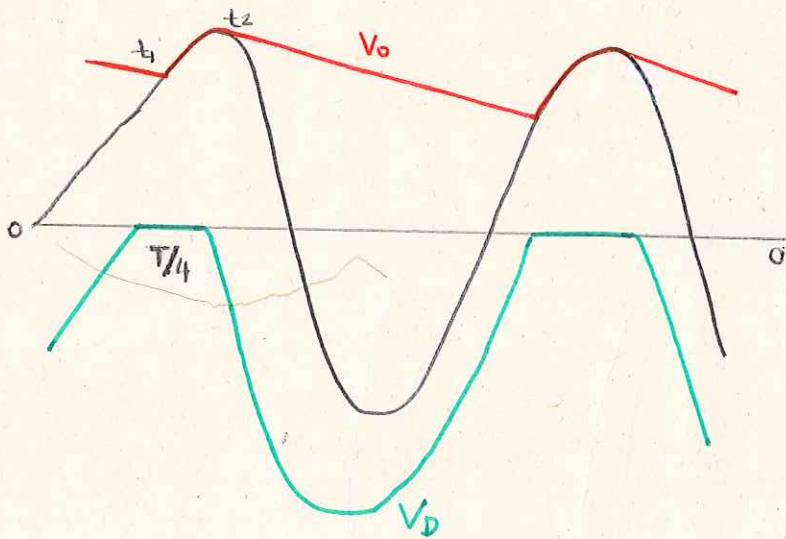


Cuando el diodo se pone en OFF a partir de $T/4$ el condensador se descarga a través de la resistencia.

Cuanto más grande es el condensador, más plano es la descarga.

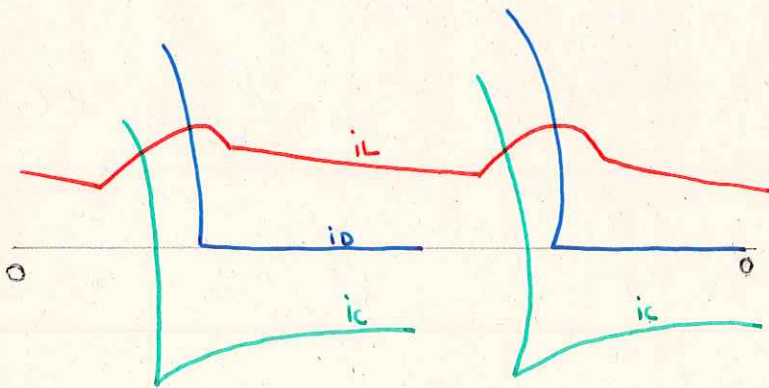
GRÁFICAS

RECTIFICADO DE MEDIA ONDA : TENSIONES



Condensador electrolítico.

RECTIFICADO DE MEDIA ONDA : CORRIENTES



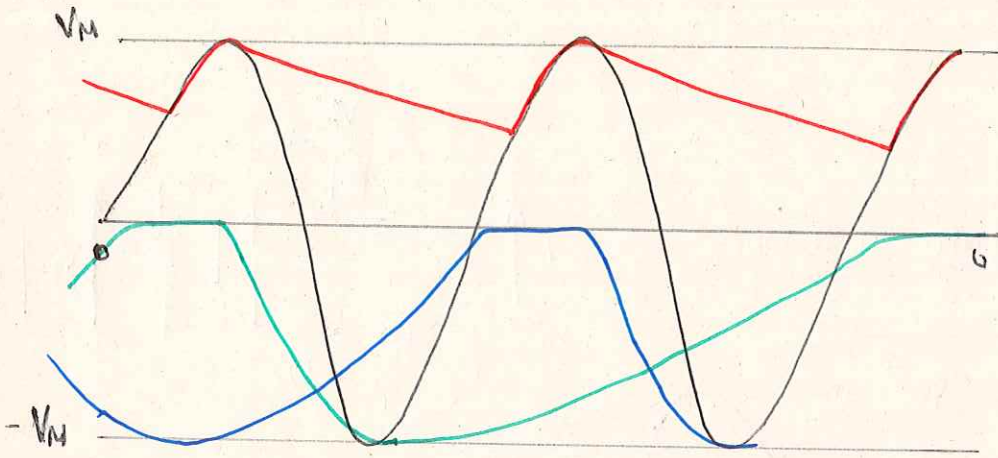
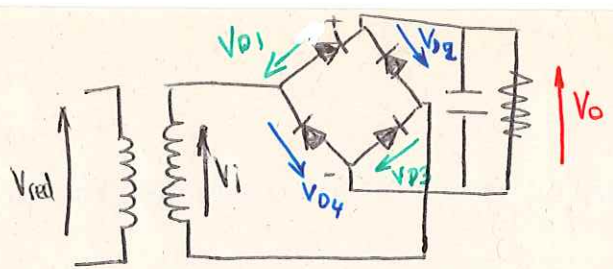
Cuanto mayor sea el condensador el tiempo del diodo en conducción es más pequeño

Cuanto mayor sea el condensador la tensión de salida es más constante pero

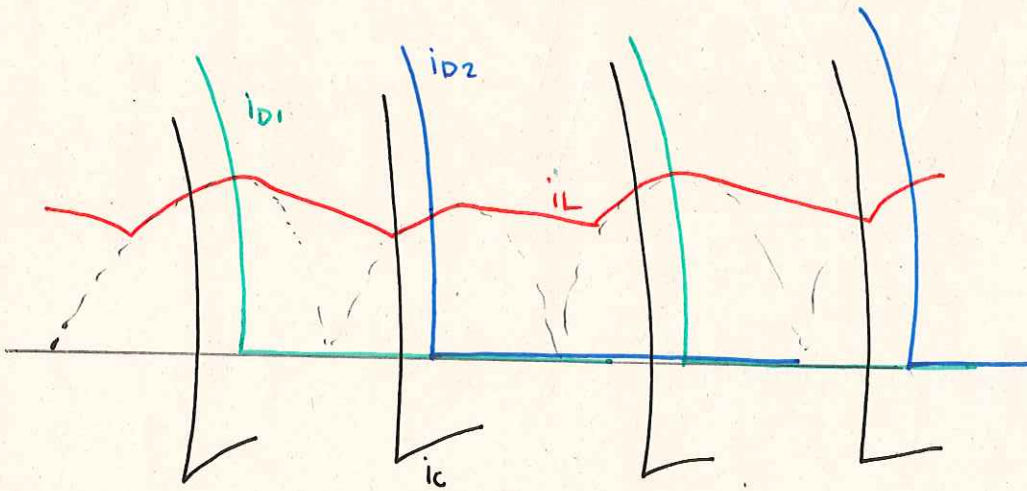
la tensión por el diodo es mayor, puede llegar a ser lo suficientemente grande como para que el diodo se quemara.

¡¡ NO SE PUEDE PONER UN CONDENSADOR TAN GRANDE COMO QUERAMOS !!

RECTIFICADO DE ONDA COMPLETA. TENSIONES



CORRIENTES



TEMA 1: EL DIODO

Dispositivo con dos terminales fabricado con semiconductores.

semiconductor p ÁNODO
semiconductor n CÁTODO

un diodo tiene polaridad.



pata más larga ÁNODO
pata más corta CÁTODO

POLARIZACIÓN DEL DIODO

Polarizar el diodo en inversa: Aplicamos una tensión positiva lado n y negativa en la zona p. El diodo tiene más tensión en n que en p.

⇒ Un semiconductor tipo n que es lo que mejor define a un semiconductor tipo n

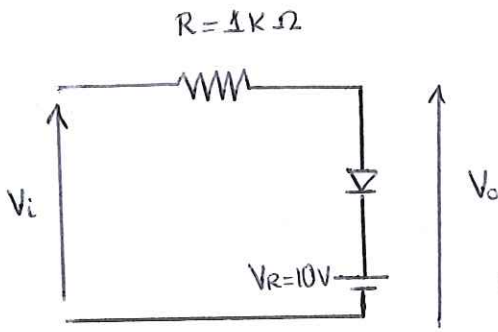
- a) Cargado negativamente
- b) Cargado positivamente
- c) Neutro

La respuesta es c) la materia es naturalmente neutra.

En la zona p meto átomos de boro que adopta electrones

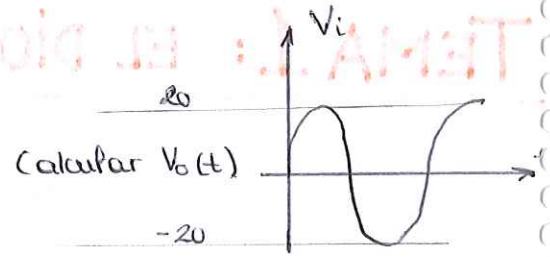
En la zona n hay fósforo que cede electrones.

EJEMPLO



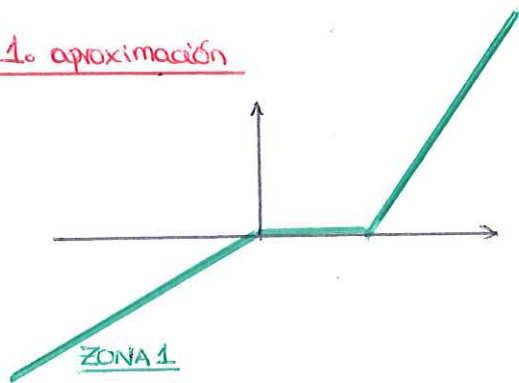
DATOS

- $R_f = 20 \Omega$
- $R_r = 100 k\Omega$
- $V_r = 0,7 V$

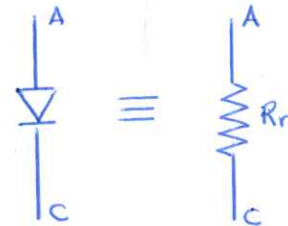


Calcular la función de transferencia y dibujarla $V_o = f(V_i)$

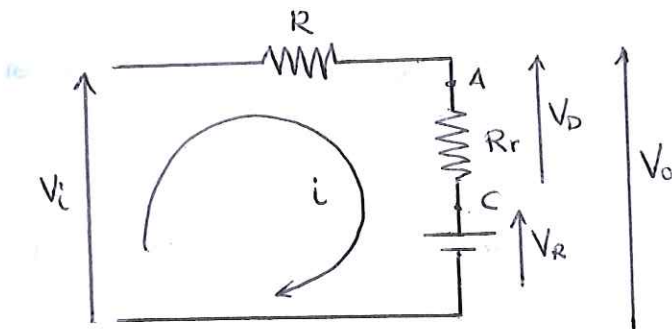
1. aproximación



1. Suponer que el diodo se encuentre en inverso



2. Sustituir el diodo por el modelo



$$i = \frac{V_i - V_r}{R + R_r}$$

$$V_o = V_r + R_r \cdot i$$

$$V_o = V_r + \frac{V_i - V_r}{R + R_r} \cdot R_r$$

3. Qué condición se tiene que cumplir para que el diodo esté en inverso.

$$V_D = V_A - V_C \leq 0$$

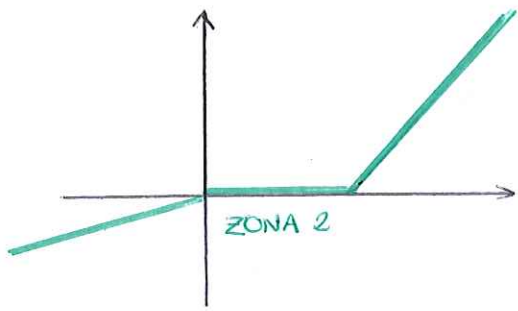
Siempre que tenga un diodo en el que circule corriente, ponerlo en función de la corriente.

$$i \leq 0 \text{ (la corriente tiene que ser negativa)}$$

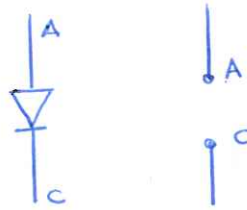
$$\frac{V_i - V_r}{R + R_r} \leq 0$$

$$V_i \leq V_r$$

$$V_i \leq 10V$$



1. Suponemos que el diodo está en corte
 $(0 \leq V_D \leq V_f)$



2. Sustituimos el diodo por su modelo

$$V_o = V_i$$

3. Qué condición se tiene que cumplir para que el diodo está en ese estado?

$$0 \leq V_D \leq V_f$$

$$V_D = V_A - V_C$$

$$\underline{V_D \geq 0}: \quad V_A = V_i$$

$$V_C = V_R = 10V$$

$$V_D = V_i - V_R \geq 0$$

$$V_i \geq V_R$$

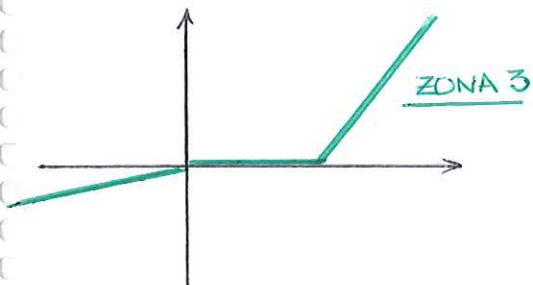
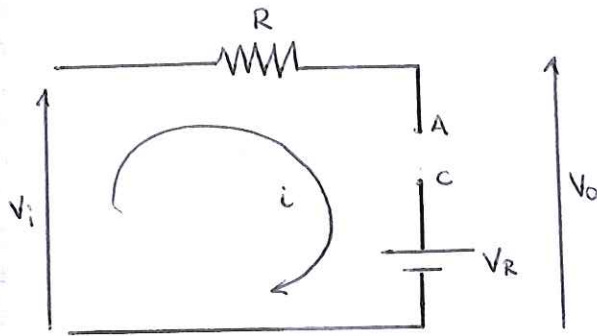
$$V_i \geq 10V$$

$$\underline{V_D \leq V_f}: \quad V_D = V_A - V_C$$

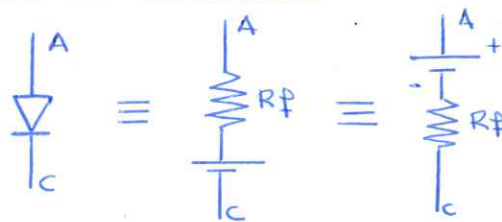
$$V_D = V_i - V_R \leq V_f$$

$$V_i \leq V_R + V_f$$

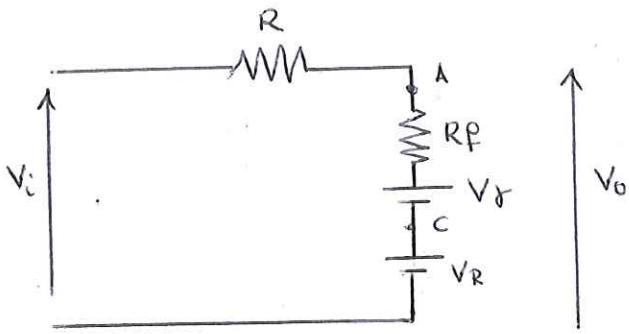
$$V_i \leq 10,7V$$



1. Diodo en conducción



2. Sustituimos el modelo en el circuito



$$i = \frac{V_i - V_R - V_d}{R - R_p}$$

$$V_o = V_R + V_d + R_p i$$

$$V_o = V_R + V_d + R_p \frac{V_i - V_R - V_d}{R - R_p}$$

$$V_o = \frac{V_i + 535}{51}$$

3. Condición que se tiene que cumplir para que el diodo esté en conducción

$$V_D \geq V_d$$

$$V_D = V_A - V_C$$

$$V_A - V_C \geq V_d$$

Cuando tengamos un diodo por el que circula corriente lo más cómodo es hacer la condición con la intensidad de corriente.

Corriente entra por el cátodo y sale por el ánodo.

LA CORRIENTE TIENE QUE SER POSITIVA

$$i \geq 0$$

$$\frac{V_i - V_R - V_d}{R + R_p} \geq 0$$

$$V_i \geq V_R + V_d$$

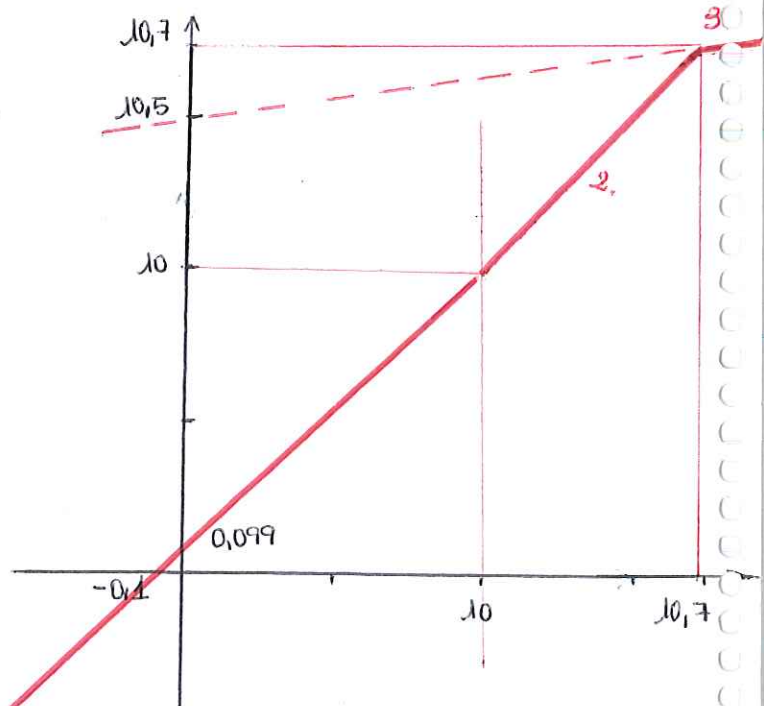
$$V_i \geq 10,7 \text{ V}$$

FUNCION DE TRANSFERENCIA

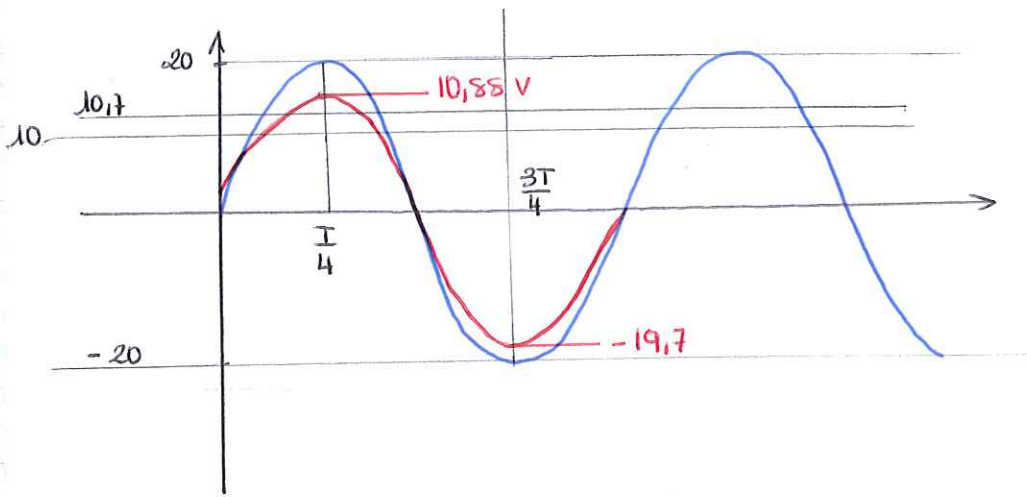
1. $V_i \leq 10 \text{ V}$ $V_o = \frac{100 V_i + 10}{101}$

2. $10 \text{ V} \leq V_i \leq 10,7 \text{ V}$ $V_o = V_i$

3. $V_i \geq 10,7 \text{ V}$ $V_o = \frac{V_i + 535}{51}$



1.

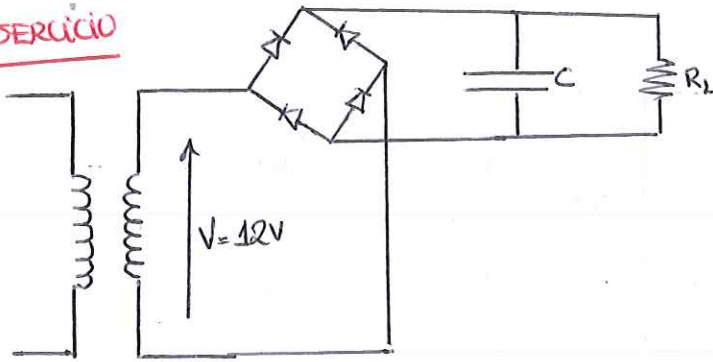


$$V_0 = \frac{20 + 535}{54} = 10,88 \text{ V}$$

$$V_0 = \frac{100(-20) + 10}{101} = -19,7 \text{ V}$$



EJERCICIO



Queremos una $V_{dc} = 12V$
Fuente alimentación continua
Intensidad $I_{dc} = 500mA$

Factor ondulación

$$\gamma \leq 2\%$$

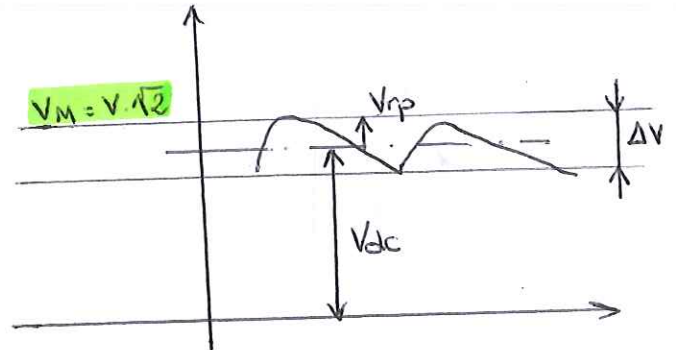
$$\gamma = \frac{V_r}{V_{dc}} \cdot 100$$

$$2 = \frac{\Delta V}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{V_M - \frac{\Delta V}{2}} \cdot 100$$

$$V_M - \frac{\Delta V}{2} = \frac{\Delta V \cdot 100}{4\sqrt{3}}$$

$$V_M - 0,5\Delta V = 14,43 \Delta V$$

$$\Delta V = 1,14V$$



$$V_M = V \cdot \sqrt{2} = 12 \cdot \sqrt{2} \approx 17V$$

$$V_M = V_{dc} + V_{rp} = V_{dc} + \frac{\Delta V}{2}$$

$$V_r = \frac{V_{rp}}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta V}{2\sqrt{3}}$$

si tengo una señal que tiene un valor máximo de 17V, para que el factor de ondulación sea = 2% su tensión de descarga tiene que ser 1,14V

¿qué condensador coloco?

$$C \cdot \Delta V = I_{dt} \left(\frac{T}{2} \right)$$

Rectificado de onda completa

$$f = 50Hz \text{ (sistema europeo)} \quad T = \frac{1}{50} = 0,02 = 20ms$$

$$I_{dt} = 500mA$$

$$\Delta V = 1,14V$$

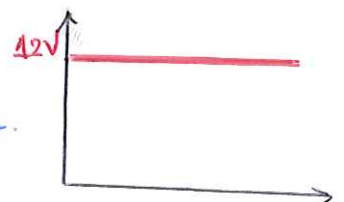
$$C = \frac{500 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02}{2 \cdot 1,14} = 4,39mF$$

si pusiera un condensador menor al que me ha salido no cumpliría que $\gamma \leq 2\%$.

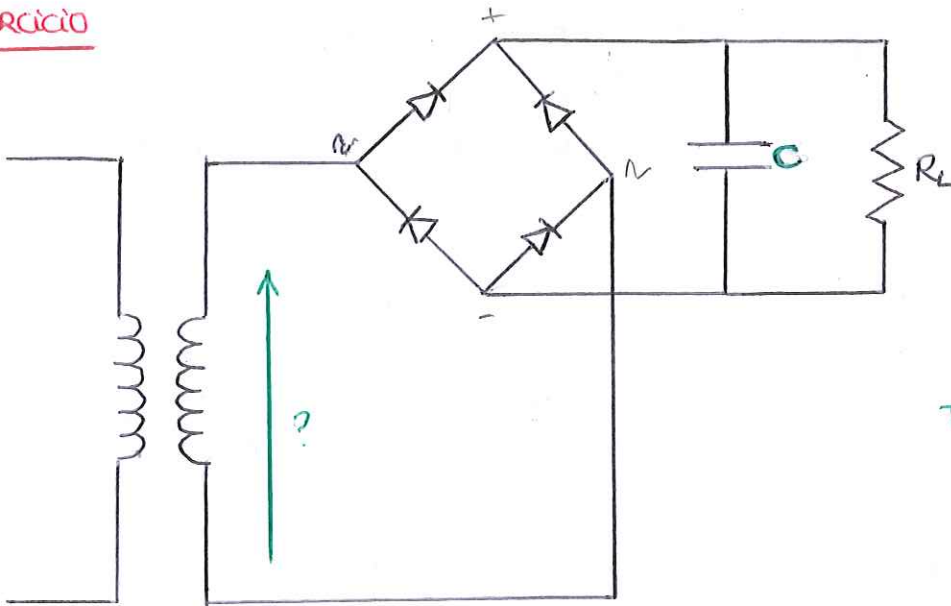
MAL: La V_{dc} que me da con un transformador de 12V es de 16,4V.

Solución

Colocar un regulador de tensión, Me devuelve tensión continua.



EJERCICIO



$$V_{dc} = 12V$$

$$I_{dc} = 500mA$$

$$\delta \leq 2\%$$

C ?

$$\text{Transformador: } \frac{V_M}{\sqrt{2}} ?$$

Factor de ondulación $\delta \leq 2\%$.

$$\delta = \frac{V_r}{V_{dc}} \cdot 100$$

$$V_r = \frac{2}{100} \cdot 12 = 0,24V$$

$$V_r = \frac{\Delta V}{2\sqrt{3}} \longrightarrow \Delta V = 0,24 \cdot 2 \cdot \sqrt{3} = 0,831V$$

$$V_{rp} = \frac{\Delta V}{2} = 0,4157V$$

$$V_M = V_{dc} + V_{rp} = 12 + 0,4157 = 12,4157V$$

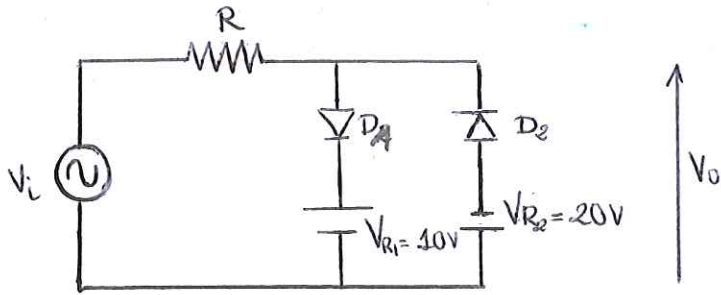
$$\text{Transformador} = \frac{V_M}{\sqrt{2}} = \frac{12,4157}{\sqrt{2}} = 8,78V$$

$$C \cdot \Delta V = I_{dc} \frac{T}{2}$$

$$f = 50Hz \longrightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02s = 20ms$$

$$C = \frac{I_{dc} \cdot T}{2 \cdot \Delta V} = \frac{500 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02}{2 \cdot 0,831} = 6,017mF$$

EJERCICIO DIODOS

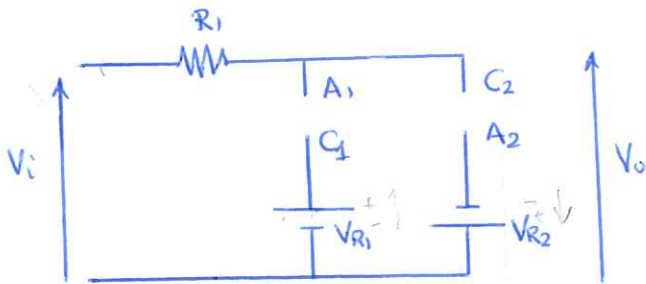


$$v_i = 30 \sin \omega t$$

$$v_o = f(v_i)$$

$$v_o = f(t)$$

CASO 1: D1 OFF
D2 OFF



$$v_o = v_i$$

Condición D1 OFF

$$v_{D1} \leq 0$$

$$v_{A1} - v_{C1} \leq 0$$

$$v_{A1} = v_i$$

$$v_{C1} = v_{R1}$$

$$v_i - 10V \leq 0$$

$$v_i \leq 10V$$

Como lo que yo quiero es que se cumplan las dos condiciones simultáneamente

$$-20 \leq v_i \leq 10V$$

Condición D2 OFF

$$v_{D2} \leq 0$$

$$v_{A2} - v_{C2} \leq 0$$

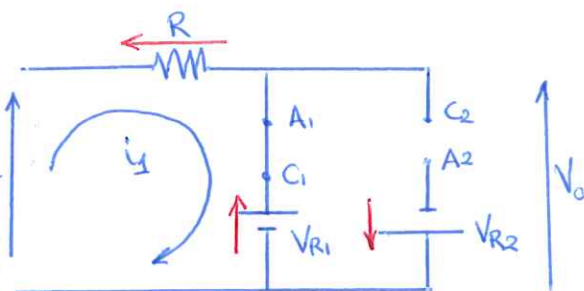
$$v_{A2} = -v_{R2}$$

$$v_{C2} = v_i$$

$$-v_{R2} - v_i \leq 0$$

$$v_i \geq -20V$$

CASO 2: D1 ON
D2 OFF



Condición D1 ON

$$i_i = \frac{v_i - v_{R1}}{R}$$

$$i_i \geq 0$$

$$v_i \geq v_{R1}$$

$$v_i \geq 10V$$

Condición D2 OFF

$$v_{D2} \leq 0$$

$$v_{A2} - v_{C2} \leq 0$$

$$v_{A2} = -v_{R2}$$

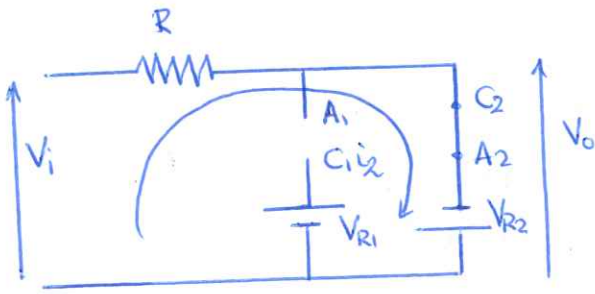
$$v_{C2} = v_{R1}$$

$$-20V - 10V \leq 0$$

$$-30V \leq 0$$

Siempre que la $v_i \geq 10$ el diodo 1 conduce y el diodo 2 está encorte.

CASO 3: D₁ OFF
D₂ ON



Condición D₁ OFF

$$V_{D1} \leq 0$$

$$V_{D1} = V_{A1} - V_{C1} \leq 0$$

$$V_{A1} = -V_{R2}$$

$$V_{C1} = V_{R1}$$

$$-30 \leq 0$$

Condición D₂ ON

La intensidad entra ánodo y sale por el cátodo.

$$i_2 \leq 0$$

$$i_2 = \frac{V_i + V_{R2}}{R}$$

$$V_i \leq -V_{R2}$$

$$V_i \leq -10V$$

Siempre que el diodo 2 esté conectado (conduciendo) el diodo 1 está en corte

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

$$-20V \leq V_i \leq 10V$$

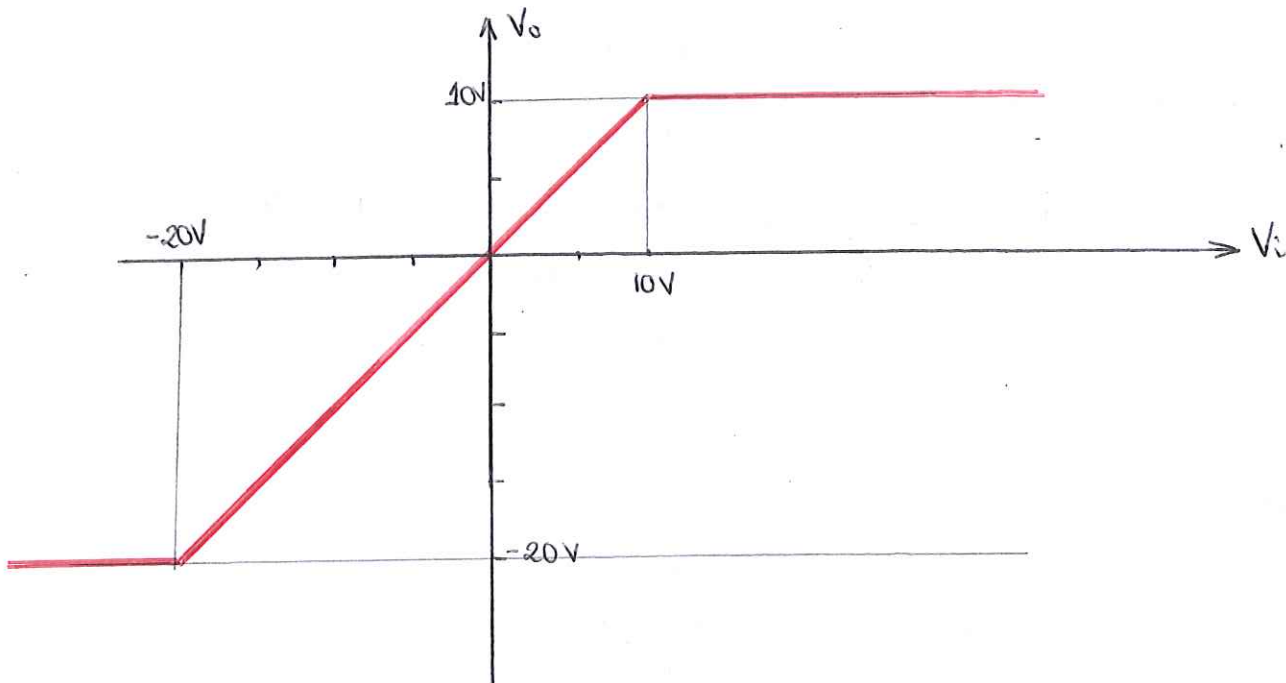
$$V_i \geq 10V$$

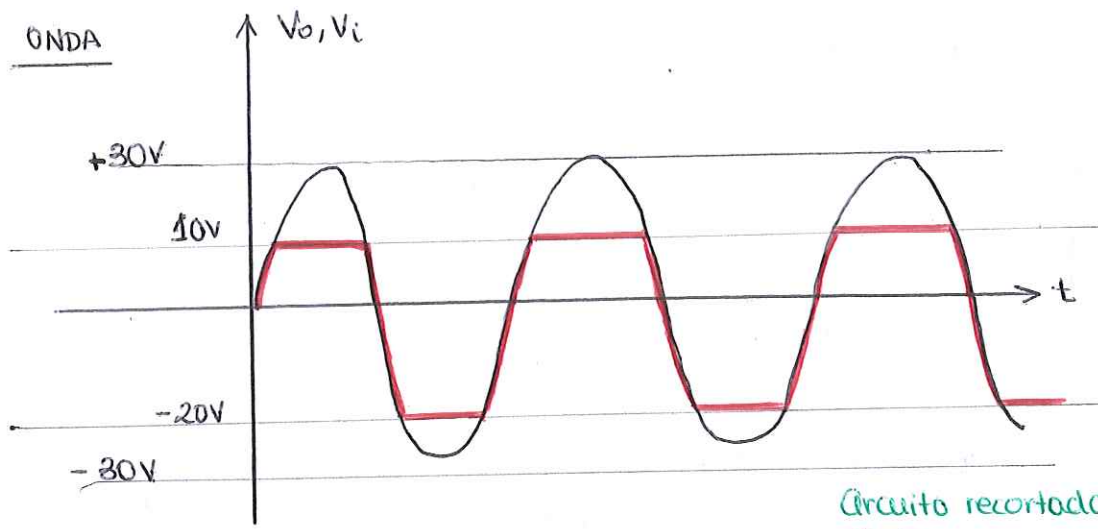
$$V_i \leq -20V$$

$$V_i = V_o$$

$$V_o = 10V = V_{R1}$$

$$V_o = -20V = V_{R2}$$

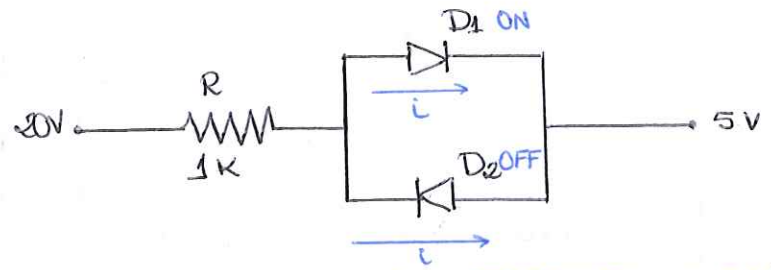




Circuito recortador por arriba y por abajo.

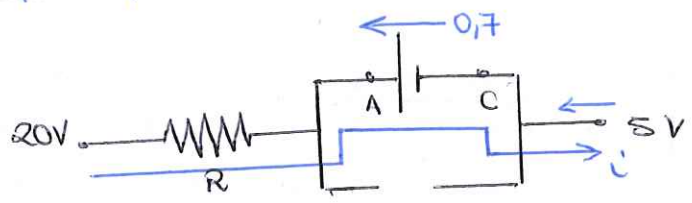
ESERCIZIO: cuestionario teoria 2012-2013

1) Calcular la intensidad que recorre la resistencia:



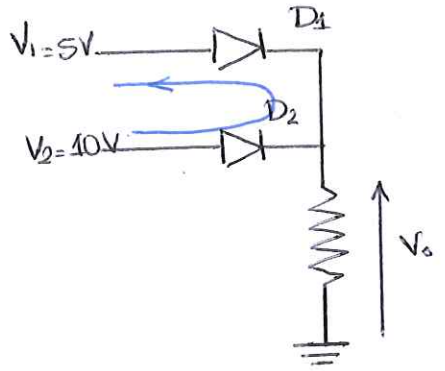
$V_d = 0,7V$

Vamos a suponer que los diodos son resistencias, en qué sentido iría la corriente?



$$i = \frac{20 - 5 - 0,7}{R} = 14,3mA$$

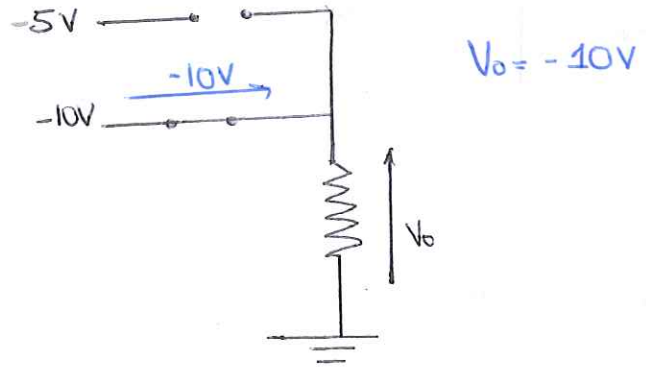
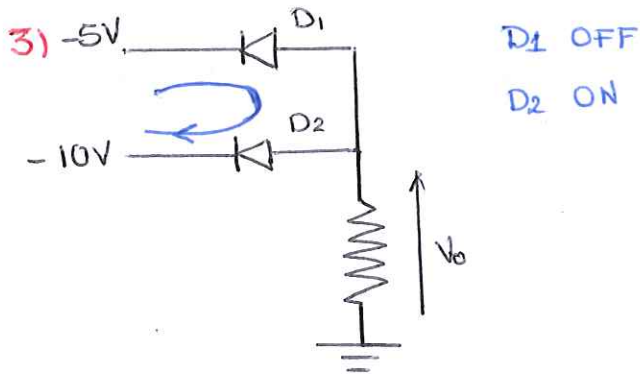
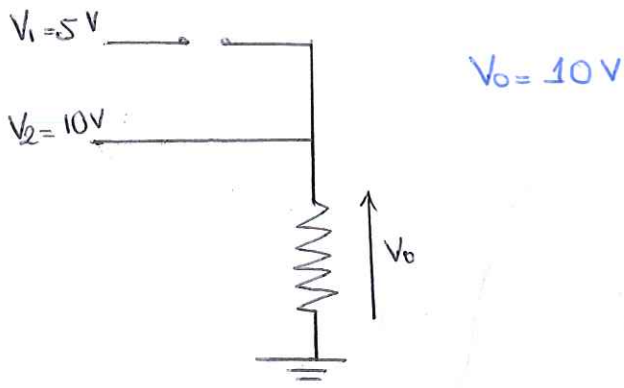
2)



- 1) Calcular la tensión V_o .
- 2) Estados del diodo D_1 y del diodo D_2

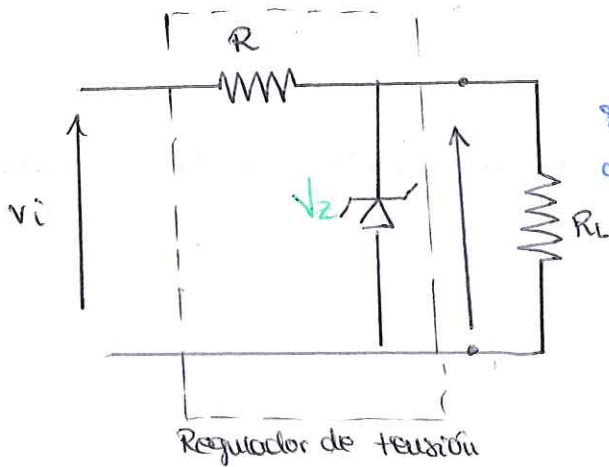
Si abajo hay 10V y arriba 5V la intensidad va \curvearrowright de lo que más tiene a la que menos

D_2 ON
 D_1 OFF

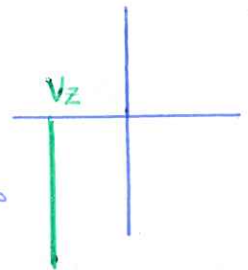


Va de la tensión mayor a la menor.

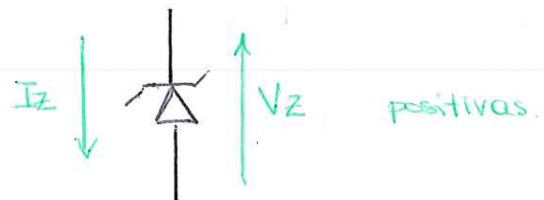
MODO ZENER



Si el diodo zener es ideal su modelo es como una fuente de tensión.



Los diodos Zener: son diodos que se utilizan en inverso. Como trabajamos en inverso, la corriente y el voltaje del zener siempre es negativo. Para no trabajar siempre con menos, lo que se hace con los diodos Zener es cambiar el convenio de signos.



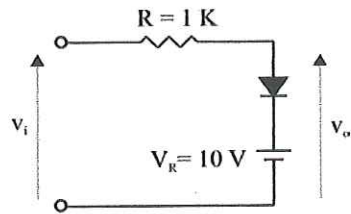
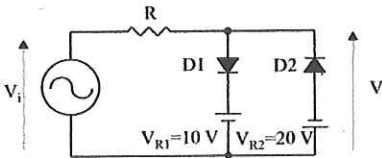
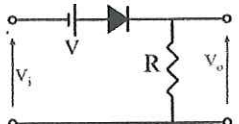
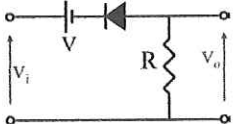
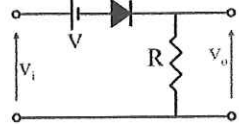
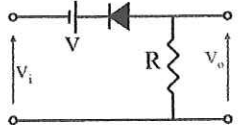
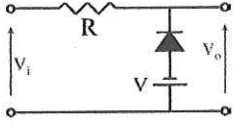
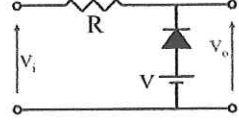
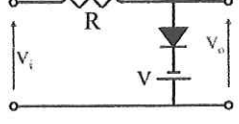
V_z hay casi de cualquier tensión y sirve para estabilizar tensiones.

<p>1</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D, V_D y V_R. a) Suponiendo diodo ideal. b) Suponiendo 3ª aproximación (diodo de Si).</p>	
<p>2</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D, V_D y V_R. Justificar el modelo del diodo utilizado.</p>	
<p>3</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D, y V_O. Considerar $V_{\gamma}(Si) = 0,7 V$ y $V_{\gamma}(Ge) = 0,3V$.</p>	
<p>4</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D, y V_O. Considerar diodos ideales.</p>	
<p>5</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D, V_D, V_1, V_R y V_O. Considerar $V_{\gamma}(Si) = 0,7 V$</p>	
<p>6</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_{D1}, I_{D2}, I_1 y V_O. Considerar diodos ideales.</p>	
<p>7</p>	<p>En el circuito de la figura calcular la corriente I. Considerar que D_1 y D_2 son diodos de Si. $V_{\gamma}(Si) = 0,7 V$</p>	
<p>8</p>	<p>En el circuito de la figura calcular V_O. Considerar $V_{\gamma}(Si) = 0,7 V$ y $V_{\gamma}(Ge) = 0,3V$.</p>	

$i = 30'3$ $i_{D1} = i_{D2} = 15'15$ $V_O = 10$

enero 2013

<p>9</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_{D1}, I_{D2}, I_1, V_1 y V_2.</p> <p>a) Suponiendo diodos ideales.</p> <p>b) Considerando $V_{\gamma}(Si) = 0,7 \text{ V}$ en ambos diodos.</p>	
<p>10</p>	<p>En el circuito de la figura los diodos son ideales, $v_1 = 5 \text{ V}$ y $v_2 = 10 \text{ V}$.</p> <p>a) Calcular el valor de la tensión v_o.</p> <p>b) Indicar el estado de los diodos D_1 y D_2.</p>	
<p>11</p>	<p>En el circuito de la figura los diodos son ideales, $v_1 = -5 \text{ V}$ y $v_2 = -10 \text{ V}$.</p> <p>a) Calcular el valor de la tensión v_o.</p> <p>b) Indicar el estado de los diodos D_1 y D_2.</p>	
<p>12</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D y V_o.</p> <p>Considerar $V_{\gamma}(Si) = 0,7 \text{ V}$</p>	
<p>13</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D y V_o.</p> <p>Considerar $V_{\gamma}(Si) = 0,7 \text{ V}$</p>	
<p>14</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_D y V_o.</p> <p>Considerar $V_{\gamma}(Si) = 0,7 \text{ V}$</p>	

<p>15</p>	<p>En el circuito de la figura el diodo es de Si con $V_\gamma = 0,7\text{ V}$, obtener:</p> <ol style="list-style-type: none"> Función de transferencia $v_o = f(v_i)$. Representarla gráficamente. Dibujar como sería v_o si v_i es una señal sinusoidal de 20 V de amplitud. Repetir los dos apartados anteriores suponiendo diodo ideal 	
<p>16</p>	<p>En el circuito de la figura los diodos son ideales, obtener:</p> <ol style="list-style-type: none"> Función de transferencia $v_o = f(v_i)$. Representarla gráficamente. Dibujar como sería v_o si v_i es una señal sinusoidal de 30 V de amplitud. 	
<p>En cada uno de los siguientes circuitos, suponiendo que los diodos son ideales, obtener:</p> <ol style="list-style-type: none"> Función de transferencia $v_o = f(v_i)$. Representarla gráficamente. Dibujar como sería v_o si v_i es una señal sinusoidal de amplitud V_m. 		
 <p>17</p>	 <p>18</p>	 <p>19</p>
 <p>20</p>	 <p>21</p>	 <p>22</p>
 <p>23</p>		

1980-1981

1980-1981

The following information is being provided to you for your information. It is not intended to constitute an offer of insurance or any other financial product. Please read this information carefully and discuss it with your advisor.

The information is provided to you for your information only. It is not intended to constitute an offer of insurance or any other financial product. Please read this information carefully and discuss it with your advisor.

The information is provided to you for your information only. It is not intended to constitute an offer of insurance or any other financial product. Please read this information carefully and discuss it with your advisor.

The information is provided to you for your information only. It is not intended to constitute an offer of insurance or any other financial product. Please read this information carefully and discuss it with your advisor.

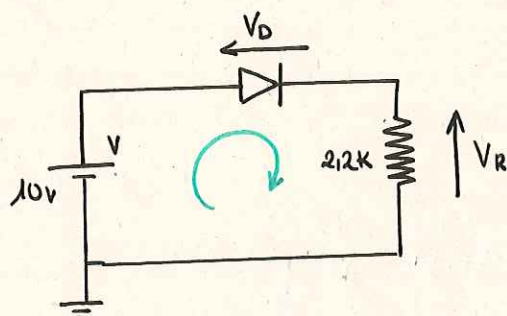
The information is provided to you for your information only. It is not intended to constitute an offer of insurance or any other financial product. Please read this information carefully and discuss it with your advisor.

The information is provided to you for your information only. It is not intended to constitute an offer of insurance or any other financial product. Please read this information carefully and discuss it with your advisor.

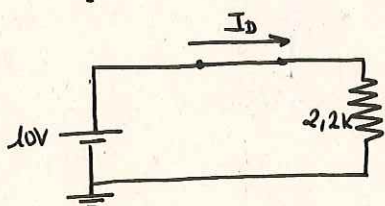
ELECTRONICA GENERAL

PROBLEMAS DE DIODOS

ESERCICIO 1

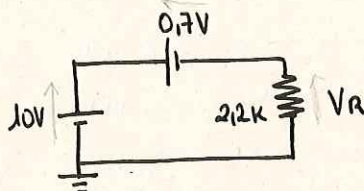


a) DIODO IDEAL



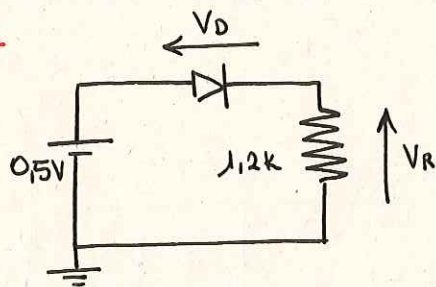
$$V_D = 0$$
$$I_D = \frac{10}{2.2} = 4.5 \text{ mA}$$
$$V_R = 10 \text{ V}$$

b) 3 APROXIMACION $V_D = 0.7 \text{ V}$



$$V_D = 0.7 \text{ V}$$
$$V_R = 9.3 \text{ V} = 10 - 0.7$$
$$I_D = \frac{9.3}{2.2} = 4.23 \text{ mA}$$

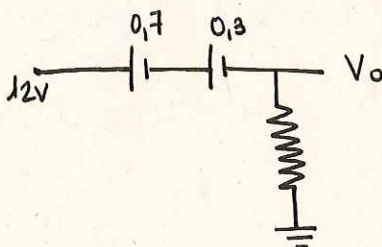
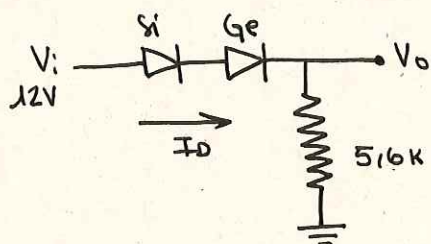
ESERCICIO 2



Utilizo la 3 aproximación porque 0.5V es una tensión pequeña similar a 0.7V.

$$I_D = 0$$
$$V_D = 0.5$$
$$V_R = 0$$

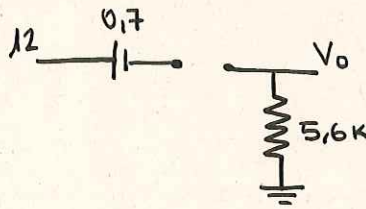
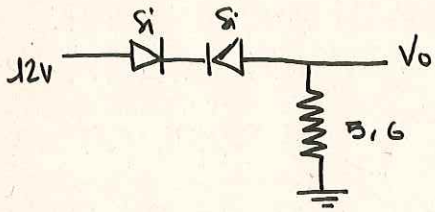
ESERCICIO 3



$$12 - 0.7 - 0.3 - V_O = 0 \rightarrow V_O = 1.1 \text{ V}$$

$$I_D = \frac{V_O}{R} = \frac{1.1}{5.6} = 1.96 \text{ mA}$$

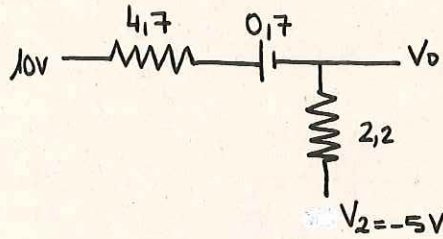
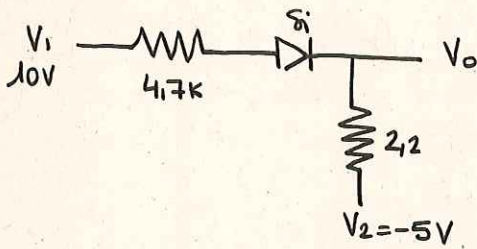
EJERCICIO 4



$$I_D = 0$$

$$V_0 = 0$$

EJERCICIO 5



$$10 - I_D \cdot 4.7 - 0.7 - V_0 = 0$$

$$V_0 - I_D \cdot 2.2 - (-5V) = 0 \rightarrow V_0 = 2.2 I_D - 5$$

$$10 - 4.7 I_D - 0.7 - 2.2 I_D + 5 = 0 \rightarrow I_D = 2.1 \text{ mA}$$

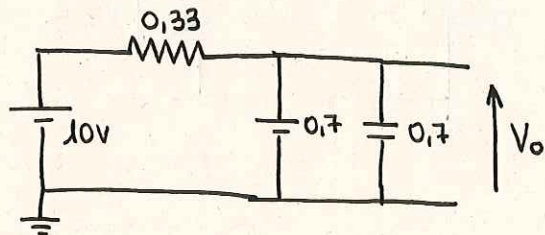
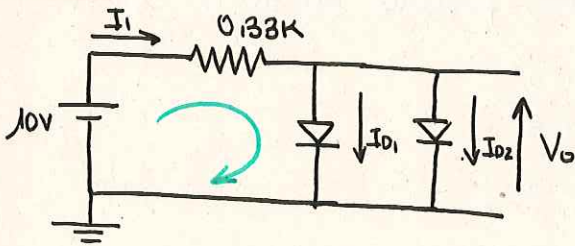
$$V_0 = -0.44 \text{ V}$$

$$V_0 = 0.7 \text{ V}$$

$$V_1 = I_D \cdot R_1 = 2.1 \cdot 4.7 = 9.87 \text{ V}$$

$$V_R = I_D \cdot R = 2.1 \cdot 2.2 = 4.62 \text{ V}$$

EJERCICIO 6

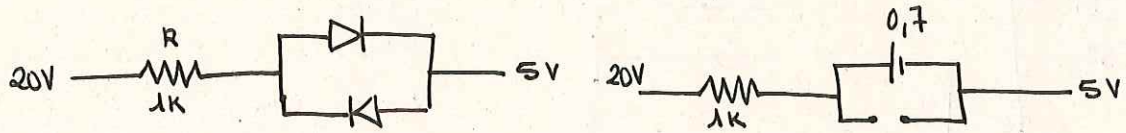


$$V_0 = 0.7 \text{ V}$$

$$I_D = \frac{10 - 0.7}{0.33} = 28.18 \text{ mA}$$

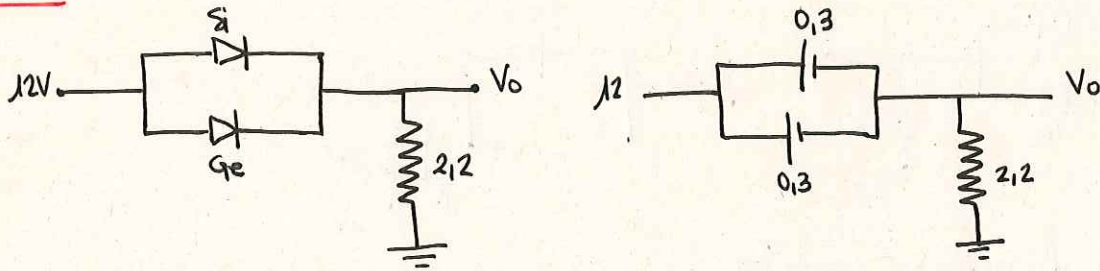
$$I_{D1} = I_{D2} = 14.09 \text{ mA}$$

EJERCICIO 7



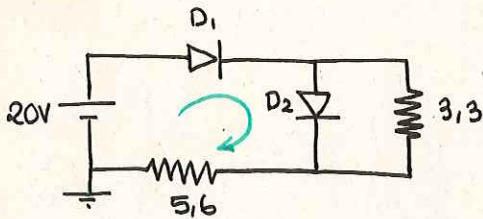
$$I = \frac{20 - 0.7 - 5}{1} = 14.3 \text{ mA}$$

EJERCICIO 8

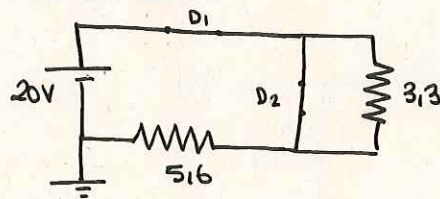


$$12 - 0.3 = V_0 = 11.7 \text{ V}$$

EJERCICIO 9

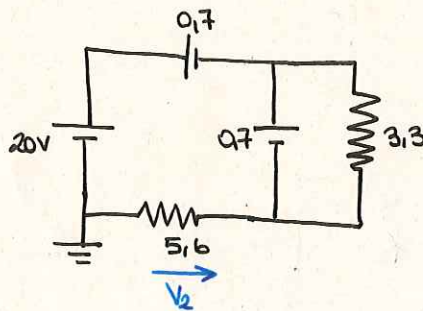


a) Diodos ideales



$$\begin{aligned} I_1 &= 0 \\ V_1 &= 0 \\ V_2 &= 20 \text{ V} \\ I_{D1} = I_{D2} &= \frac{20}{5.6} = 3.6 \text{ mA} \end{aligned}$$

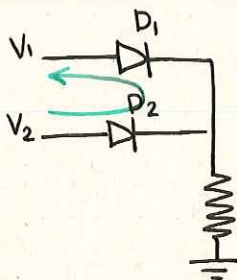
b) Aproximación



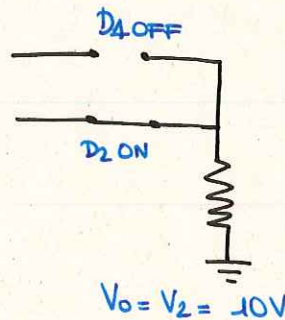
$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{0.7}{3.3} = 0.21 \text{ mA} \\ V_1 &= 0.7 \text{ V} \\ 20 - 0.7 - 0.7 &= V_2 \\ V_2 &= 18.6 \text{ V} \\ I_{D1} &= \frac{18.6}{5.6} = 3.32 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{D1} &= I_{D2} + I_1 \\ I_{D2} &= 3.11 \text{ mA} \end{aligned}$$

EJERCICIO 10

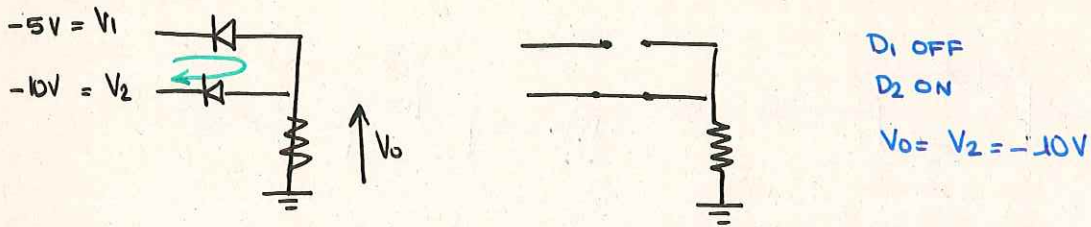


$$\begin{aligned} V_1 &= 5 \text{ V} \\ V_2 &= 10 \text{ V} \end{aligned}$$

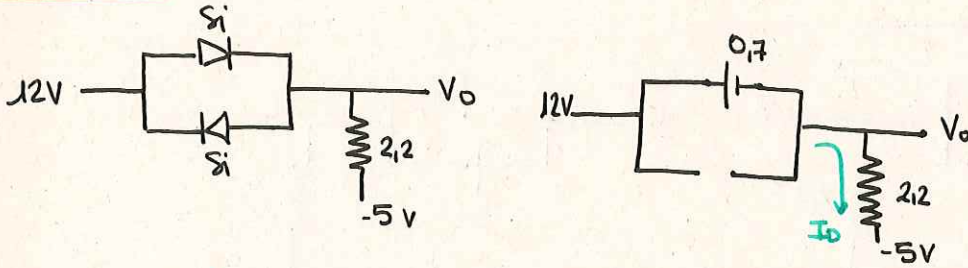


$$V_0 = V_2 = 10 \text{ V}$$

ESERCIZIO 11



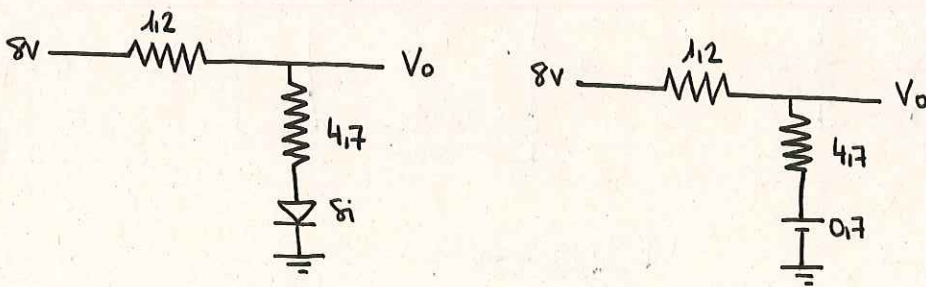
ESERCIZIO 12



$$12 - 0.7 = V_0 = 11.3V$$

$$I_0 = \frac{11.3 - (-5)}{2.2} = 7.4mA$$

ESERCIZIO 13



$$\frac{8 - V_0}{1.2} = I_0$$

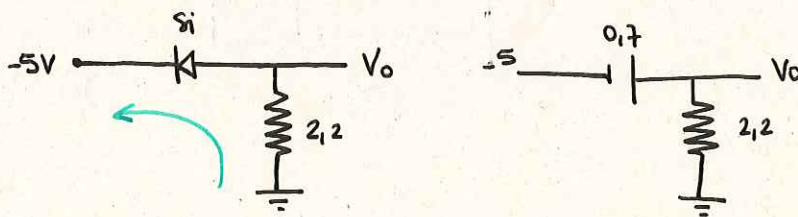
$$\frac{V_0 - 0.7}{4.7} = I_0$$

$$8.47 - 4.7V_0 = 1.2I_0 - 7.12$$

$$V_0 = 6.5V$$

$$I_0 = 1.25mA$$

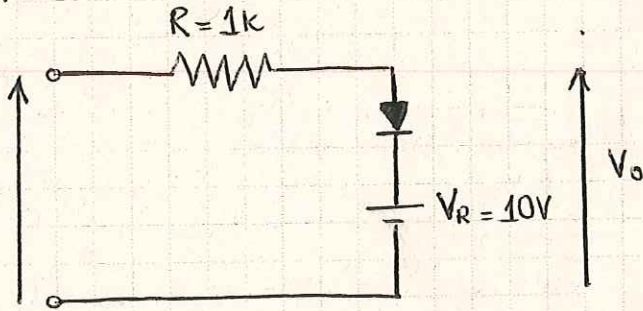
ESERCIZIO 14



$$-5 + 0.7 = V_0 = -4.3V$$

$$I_0 = \frac{+4.3}{2.2} = 2mA$$

15.



$$V_f = 0,7V$$

$$R_f = 20 \Omega$$

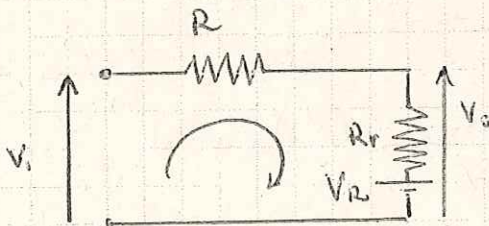
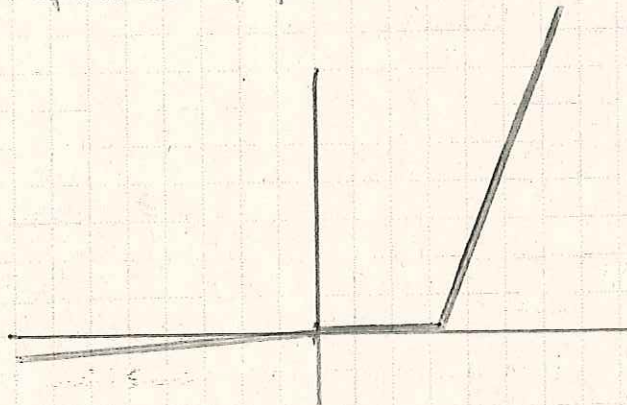
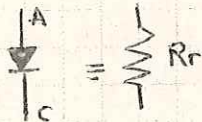
$$R_r = 100k \Omega$$

Vamos a resolverlo por las 4 aproximaciones posibles.

1. APROXIMACIÓN

Diodo en inversa

$$V_D \leq 0$$



$$V_i - V_R = (R + R_r) I$$

$$I = \frac{V_i - V_R}{R + R_r}$$

$$V_o = V_R + R_r \frac{V_i - V_R}{R + R_r}$$

$$V_o = \frac{V_R \cdot R + V_i \cdot R_r + R_r V_i - V_R \cdot R_r}{R + R_r}$$

$$V_o = \frac{V_R \cdot R + V_i R_r}{R + R_r}$$

La condición que se debe cumplir para que el diodo esté en inversa es que la corriente vaya de cátodo a ánodo, es decir, que sea una corriente negativa

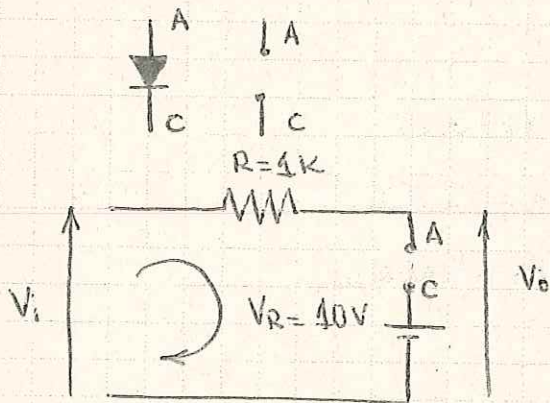
$$\frac{V_i - V_R}{R + R_r} \leq 0$$

$$V_i \leq V_R$$

$$V_i \leq 10V$$

$$V_o = \frac{100k \cdot V_i + 10 \cdot 1k}{1k + 100k} = \frac{100V_i + 10}{101}$$

Diodo en corte $0 \leq V_D \leq V_F$



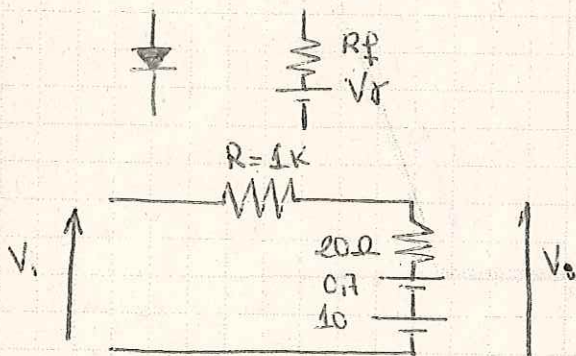
$$V_D = V_A - V_C = V_i - V_R$$

$$0 \leq V_i - V_R \leq V_F$$

$$10 \leq V_i \leq 10,7$$

$$V_o = V_i$$

Diodo en conducción $V_D \geq V_F$



$$V_i \geq 0,7 + 10 = 10,7$$

$$I = \frac{V_i - V_R - V_F}{R + R_p} = \frac{V_i - 10,7}{1020}$$

$$V_o = 0,7 + 10 + \frac{V_i - 10,7}{1020} \cdot 20$$

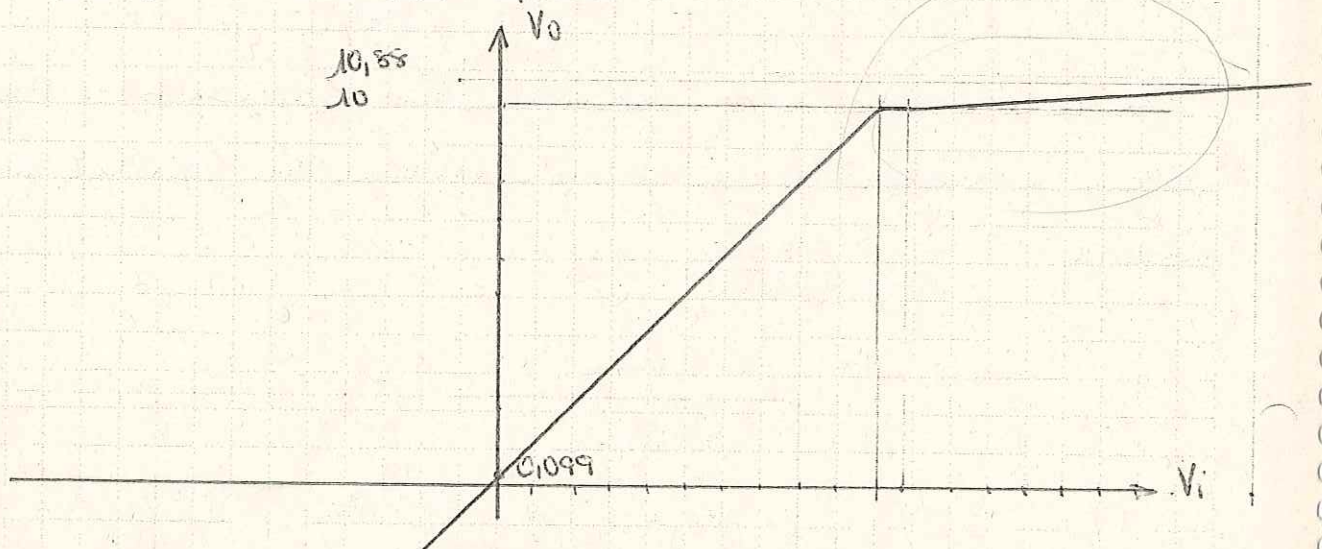
$$V_o = 10,49 + 0,0196 V_i$$

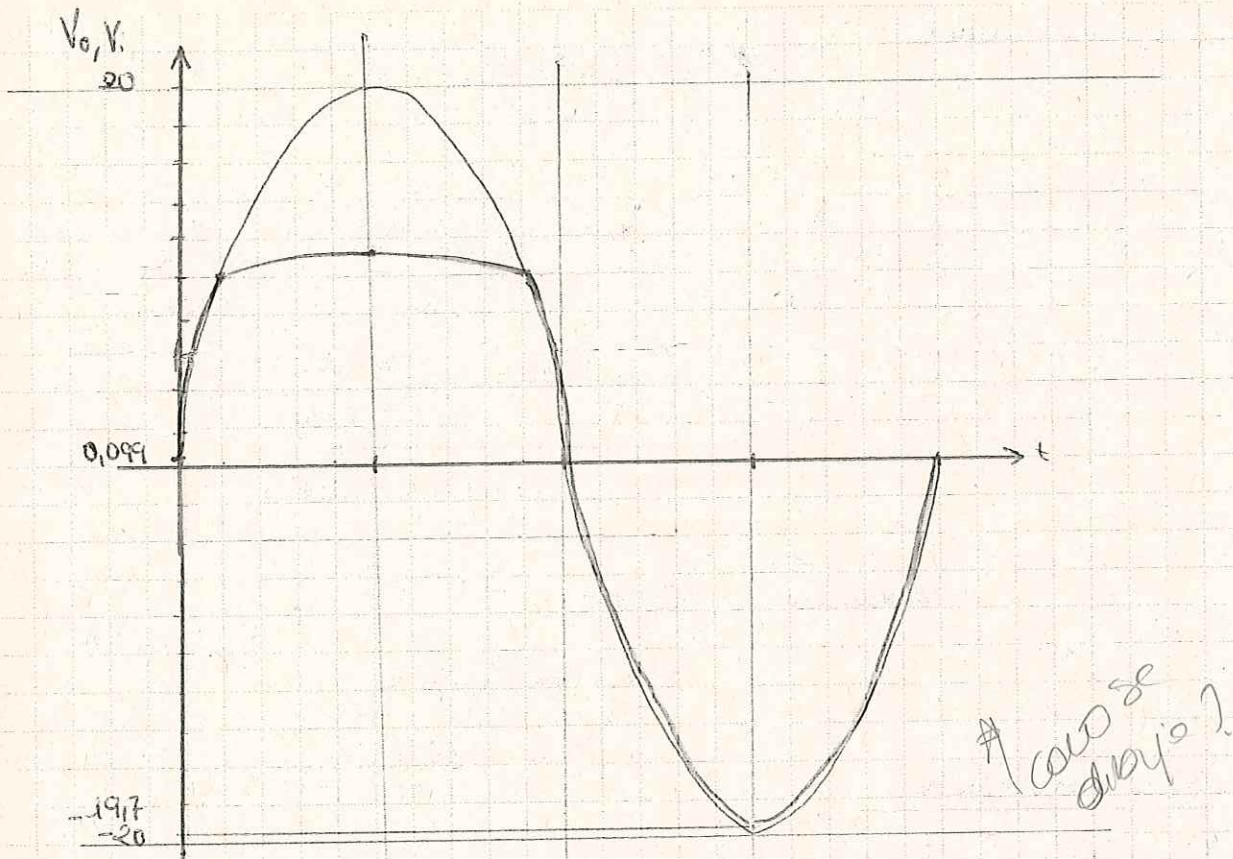
FUNCION DE TRANSFERENCIA

$$V_i \leq 10V \quad V_o = \frac{100V_i + 10}{404}$$

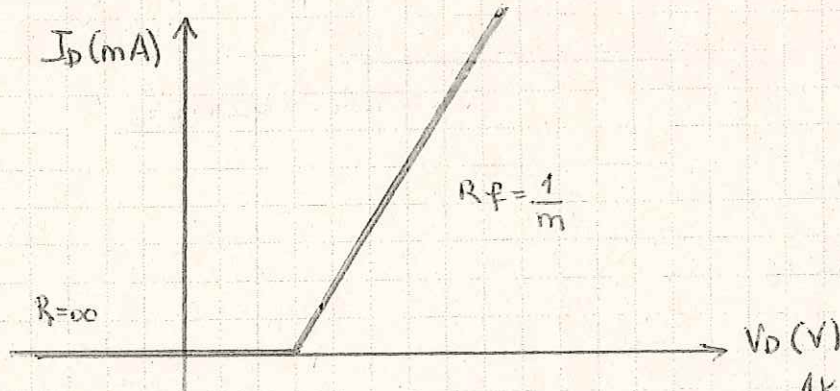
$$10V \leq V_i \leq 10,7V \quad V_o = V_i$$

$$V_i \geq 10,7 \quad V_o = 10,49 + 0,0196 V_i$$





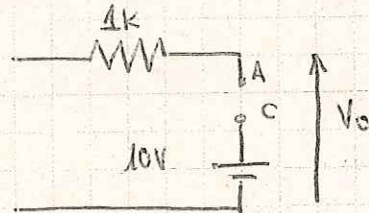
2. APROXIMACIÓN



$V_D \leq V_f$ Corte



V_i



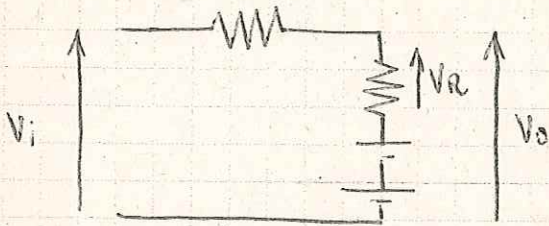
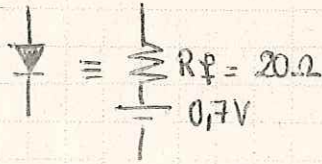
$V_o = V_i$

$V_D = V_A - V_C = V_i - 10$

$V_i - 10 \leq V_f$

$V_i \leq 10.7V$	$V_o = V_i$
------------------	-------------

$V_D \geq V_f$ en conducción



$$I = \frac{V_i - V_R - V_D}{1020} = \frac{V_i - 10,7}{1020}$$

$$V_o = 10,7 + \frac{V_i - 10,7}{1020} \cdot 20$$

$$V_o = 10,49 + 0,0196 V_i$$

Conducción $I \geq 0$

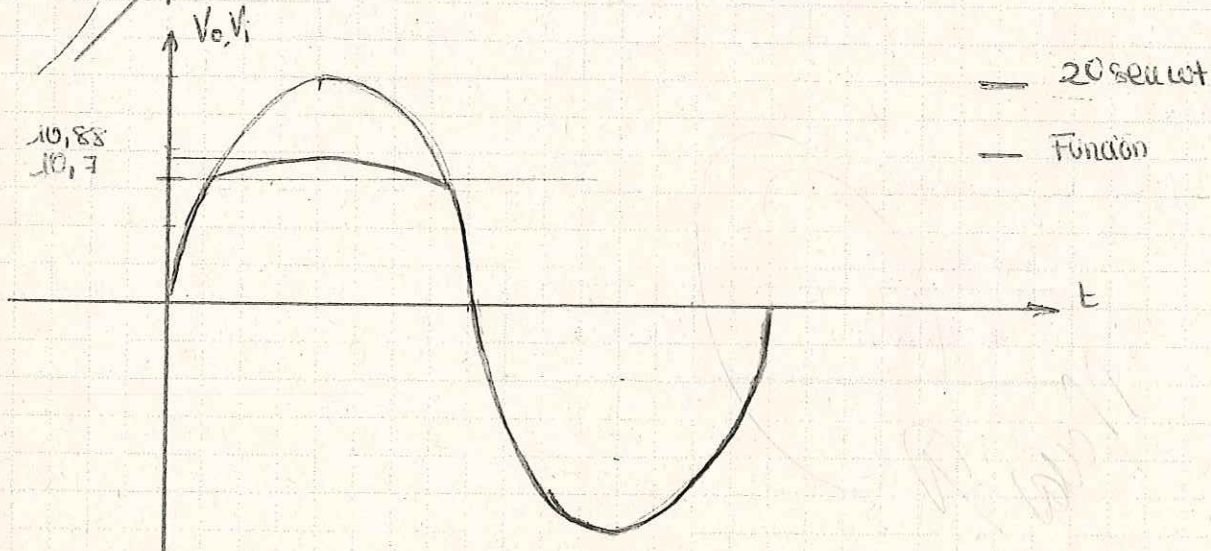
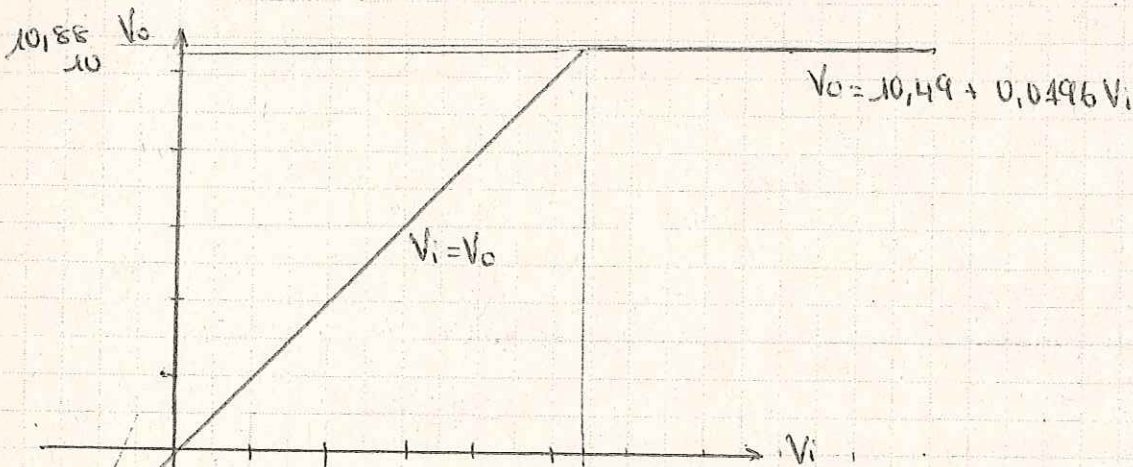
$$V_i - V_R - V_D \geq 0$$

$$V_i \geq 10,7 V$$

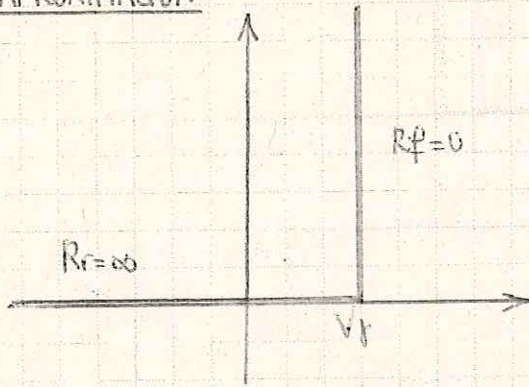
FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

$$V_i \leq 10,7 V \quad V_i = V_o$$

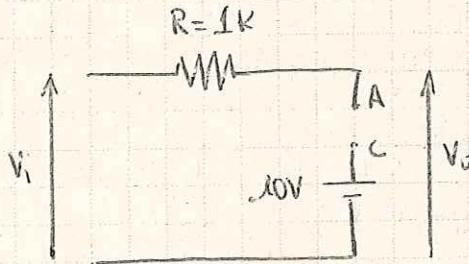
$$V_i \geq 10,7 V \quad V_o = 10,49 + 0,0196 V_i$$



3 APROXIMACIÓN



$V_D \leq V_T$ corte



$V_D \leq V_T$

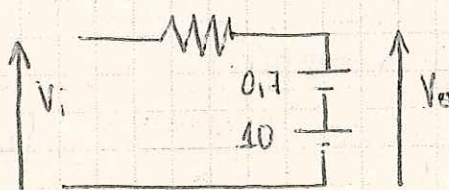
$$V_A - V_C = V_i - 10 \leq 0,7 \rightarrow$$

$$V_i \leq 10,7V \quad V_o = V_i$$

$V_D \geq V_T$ conducción



$$\equiv \frac{1}{1} 0,7$$



$$V_o = 10,7V$$

$$I_D = \frac{V_i - 10,7V}{R}$$

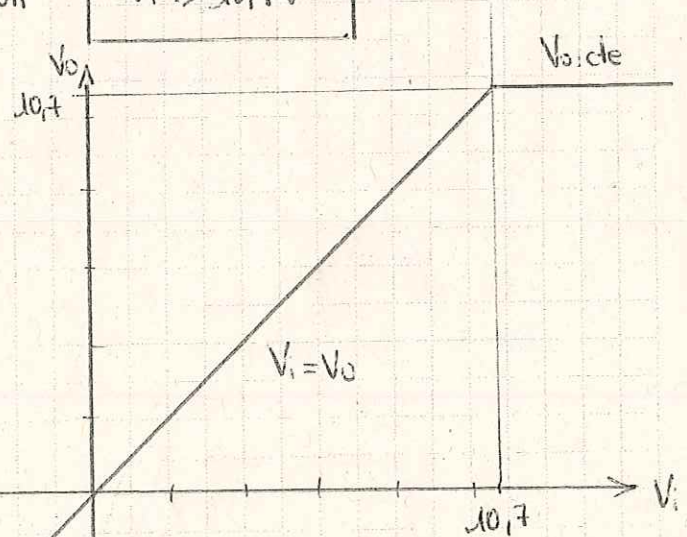
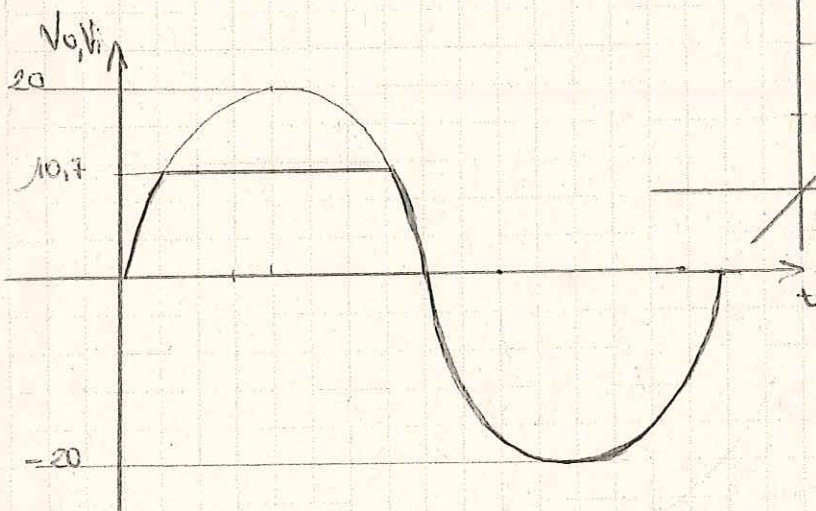
$I_D \geq 0$ condición de conducción

$$V_i \geq 10,7V$$

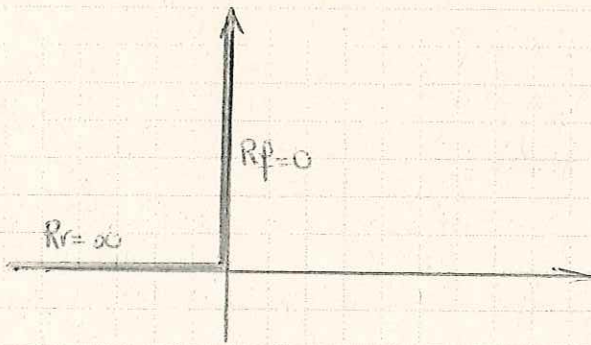
FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

$$V_i \leq 10,7V \quad V_o = V_i$$

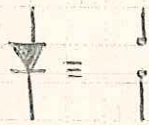
$$V_i \geq 10,7V \quad V_o = 10,7V$$



4. APROXIMACIÓN: DIODO IDEAL



$V_D \leq 0$ corte

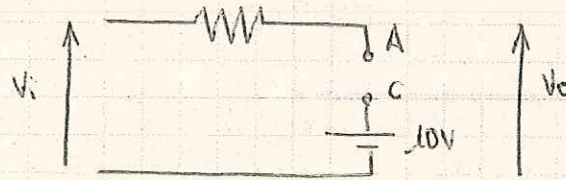


$$V_o = V_i$$

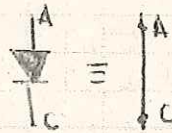
$$V_D = V_A - V_C = V_i - 10$$

$$V_i - 10 \leq 0$$

$$V_i \leq 10 \text{ V}$$



$V_D \geq 0$ conducción

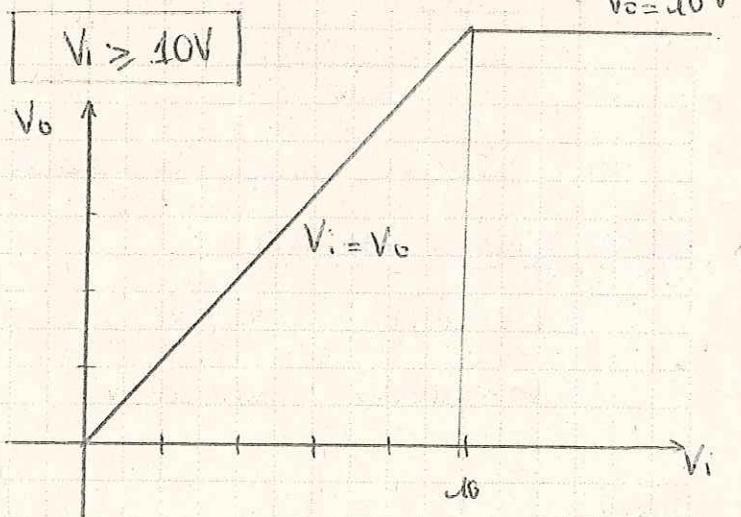


$$V_o = 10 \text{ V}$$

$$I = \frac{V_i - 10}{R}$$

Condición de conducción $I \geq 0$

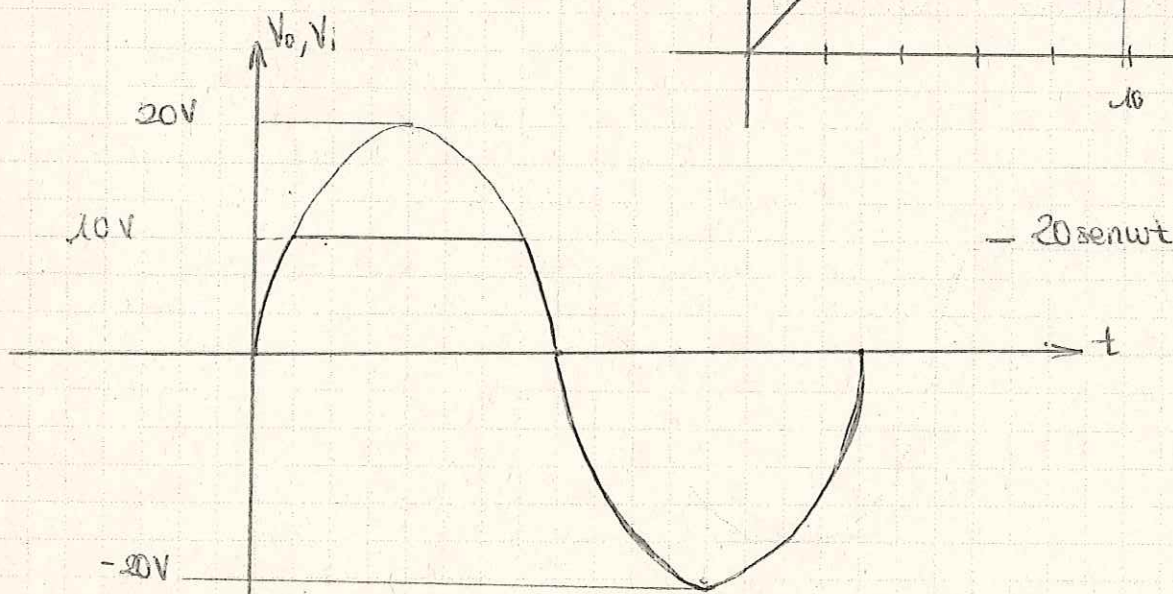
$$V_i \geq 10 \text{ V}$$



FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

$$V_i \leq 10 \text{ V} \quad V_o = V_i$$

$$V_i \geq 10 \text{ V} \quad V_o = 10 \text{ V}$$

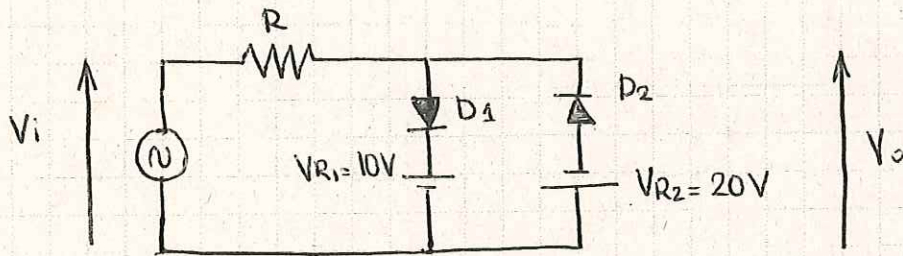


16.

a) Función de transferencia $V_o = f(V_i)$. Representarla graficamente.

b) Dibujar como sería V_o si V_i fuera una señal sinusoidal de amplitud

30 $\Rightarrow V_i = 30 \text{sen} \omega t$.

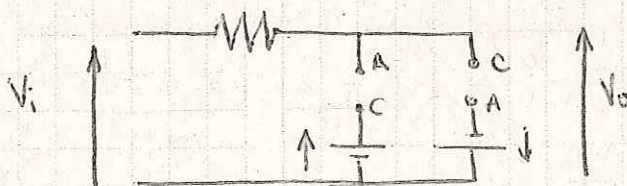


Como tenemos 2 diodos, tenemos 4 estados posibles

- D_1 y D_2 OFF
- D_1 ON D_2 OFF
- D_1 OFF D_2 ON
- D_1 y D_2 ON

a) D_1 OFF y D_2 OFF

$V_o = V_i$



D_1 $V_{D1} \leq 0$ condición OFF

D_2 $V_{D2} \leq 0$ condición OFF

$V_{A1} - V_{C1} \leq 0$

$V_{A2} - V_{C2} \leq 0$

$V_{A1} = V_i$

$V_{A2} = -20V$

$V_{C1} = 10V$

$V_{C2} = V_i$

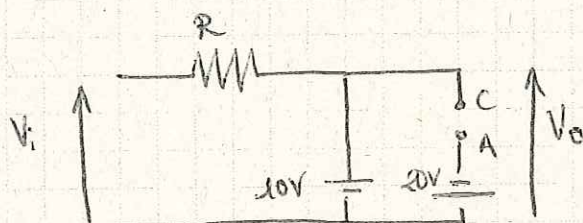
$V_i \leq 10$

$-20 - V_i \leq 0$

$-20 \leq V_i$

Si $-20 \leq V_i \leq 10 \Rightarrow V_i = V_o$

b) D_1 ON y D_2 OFF



$$D_1 \quad I_{D1} \geq 0 \text{ condición ON}$$

$$V_{D1} \geq 0$$

$$I_{D1} = \frac{V_i - 10}{R} \geq 0$$

$$V_i \geq 10$$

$$V_o = 10$$

$$D_2 \quad V_{D2} \leq 0 \text{ condición OFF}$$

$$V_{D2} = V_{A2} - V_{C2}$$

$$V_{A2} = -20V$$

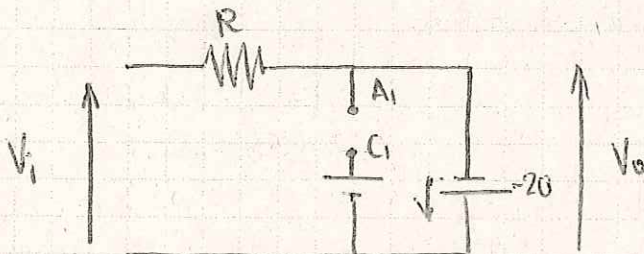
$$V_{C2} = 10$$

$$-20 - 10 \leq 0$$

$$-30 \leq 0$$

$$\boxed{\text{Si } V_i \geq 10 \Rightarrow V_o = 10V}$$

c) D_1 OFF y D_2 ON



$$V_o = -20V$$

$$D_1 \quad V_{D1} \leq 0 \text{ condición OFF}$$

$$V_{D1} = V_{A1} - V_{C1}$$

$$V_{A1} = -20V$$

$$V_{C1} = 10V$$

$$-20 - 10 \leq 0 \quad \checkmark$$

$$D_2 \quad I_{D2} \geq 0 \text{ condición ON}$$

$$I_{D2} = \frac{+V_i - 20}{R} \geq 0$$

$$V_i \geq 20V$$

$$\boxed{\text{Si } V_i \leq -20V \Rightarrow V_o = -20V}$$

$$V_i \leq -20V$$

$$V_o = -20V$$

$$-20 \leq V_i \leq 10$$

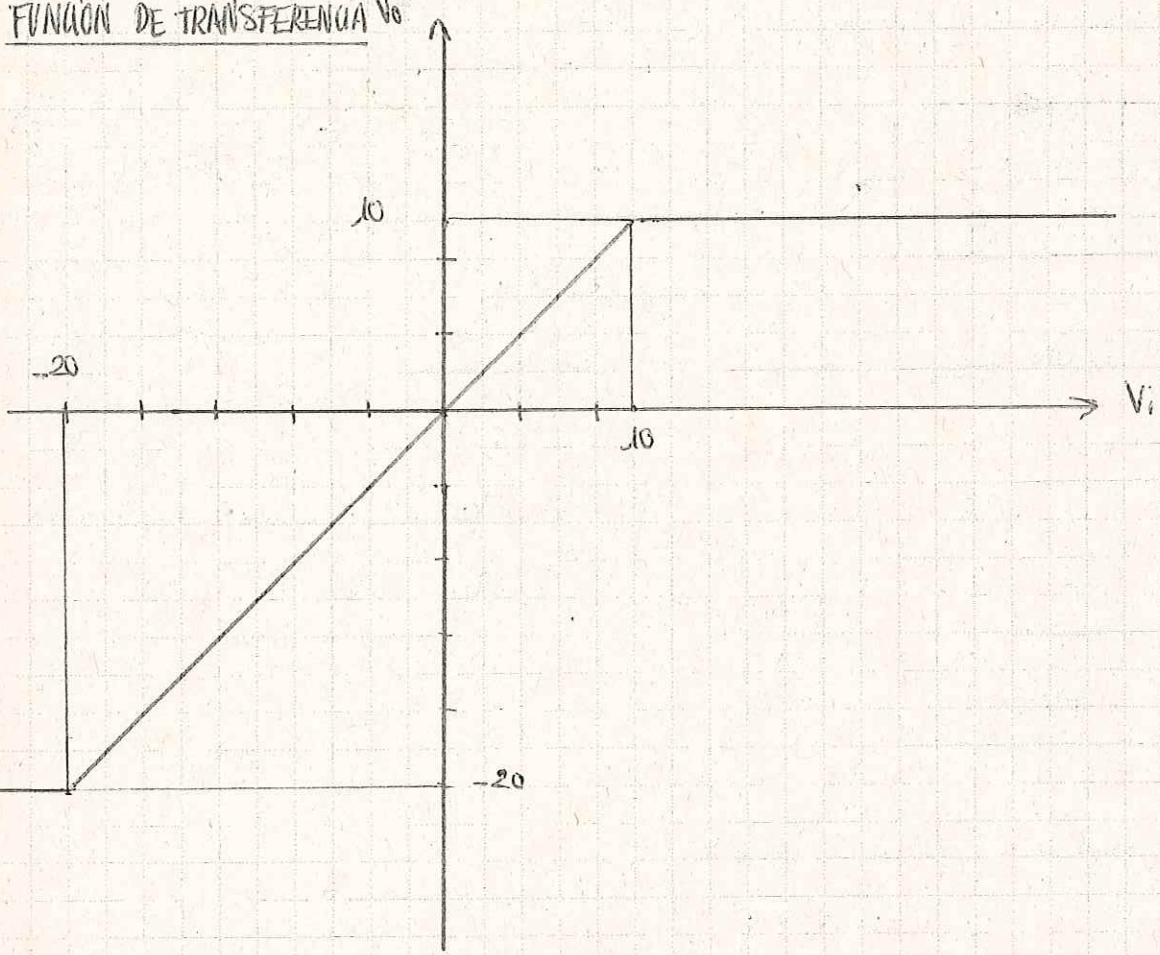
$$V_o = V_i$$

$$V_i \geq 10$$

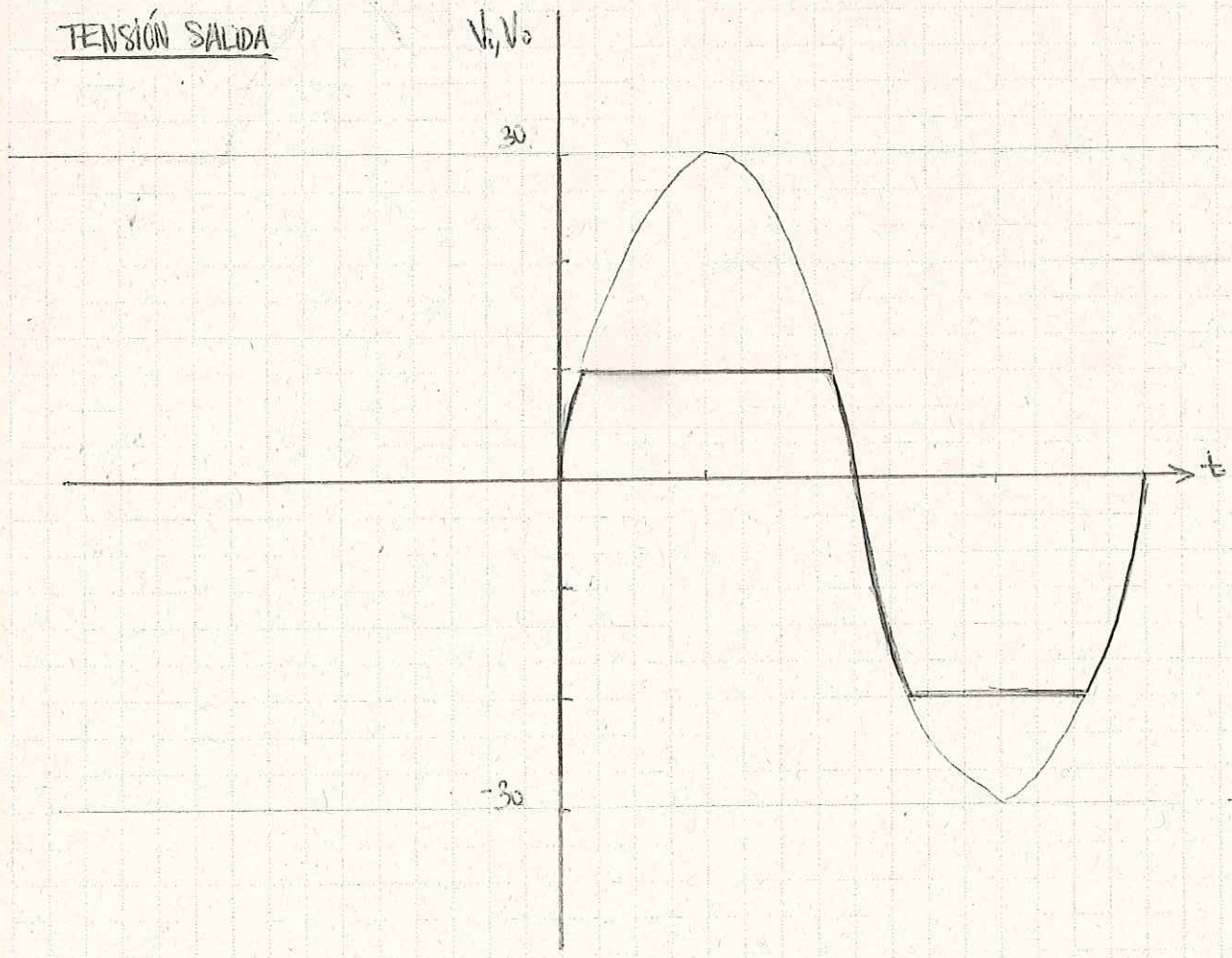
$$V_o = 10V$$

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA V_o

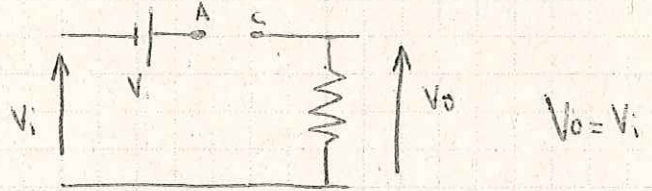
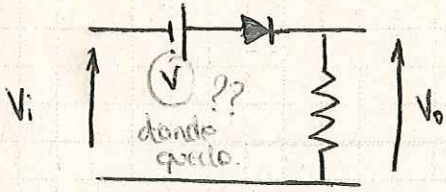


TENSIÓN SALIDA



17. (No entiendo muy bien)

Condición D OFF \rightarrow 



$$V_D \leq 0$$

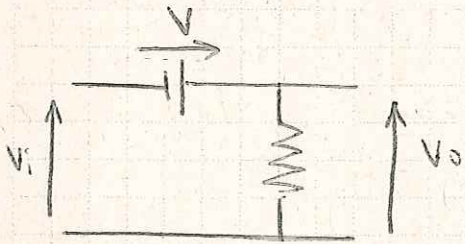
$$V_A - V_C \leq 0$$

$$V_A = V$$

$$V_C = V_i$$

$$V \leq V_i \quad V_o = 0$$

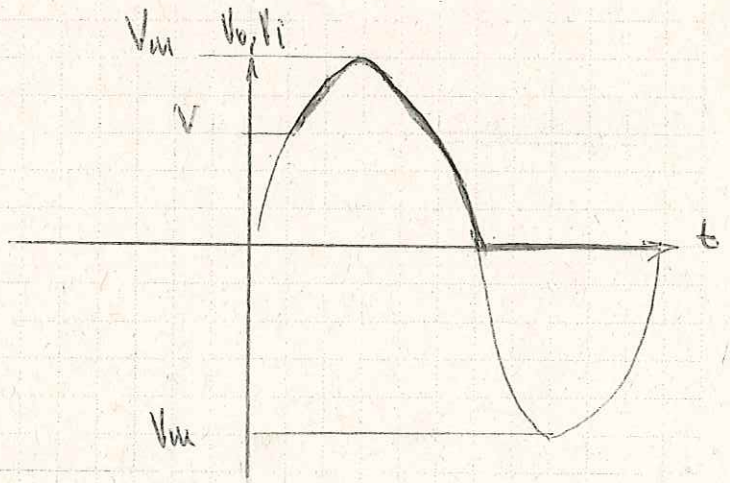
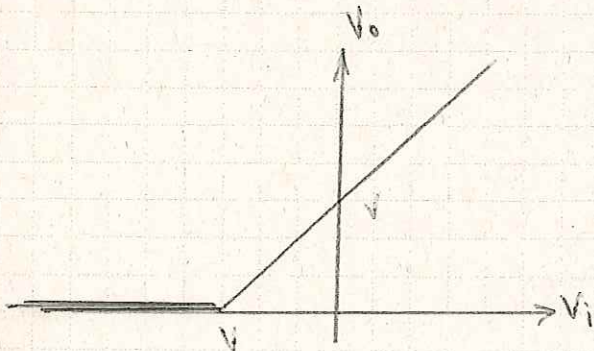
Condición D ON \rightarrow 



$$I = \frac{V_i + V}{R} \geq 0$$

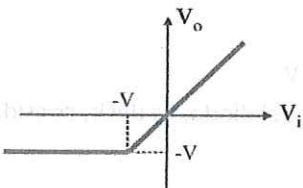
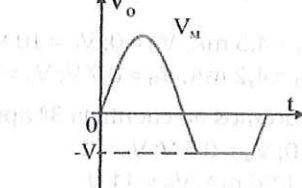
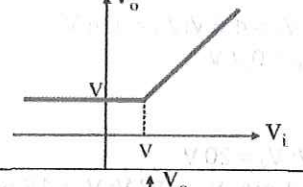
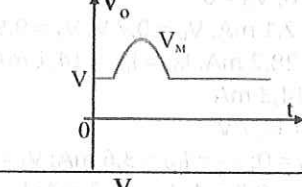
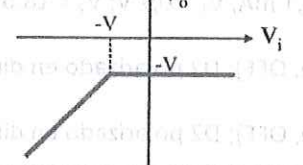
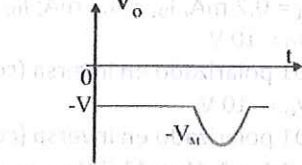
Condición conducción $I \geq 0 \rightarrow V_i \geq V$

$$V_o = V_i + V$$

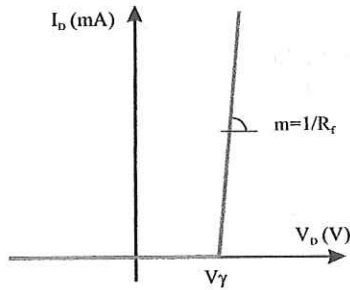


1. a) $I_D = 4,5 \text{ mA}$; $V_D = 0$; $V_R = 10 \text{ V}$
 b) $I_D = 4,2 \text{ mA}$; $V_D = 0,7 \text{ V}$; $V_R = 9,3 \text{ V}$
2. Tendremos en cuenta la 3ª aprox. del diodo, es decir, consideraremos $V_{\gamma}(SI) = 0,7 \text{ V}$
 $I_D = 0$; $V_D = 0,5 \text{ V}$; $V_R = 0$
3. $I_D = 1,96 \text{ mA}$; $V_O = 11 \text{ V}$
4. $I_D = 0$; $V_O = 0$
5. $I_D = 2,1 \text{ mA}$; $V_D = 0,7 \text{ V}$; $V_1 = 9,9 \text{ V}$; $V_R = 4,6 \text{ V}$; $V_O = -0,4 \text{ V}$
6. $I_1 = 28,2 \text{ mA}$; $I_{D1} = I_{D2} = 14,1 \text{ mA}$; $V_O = 0,7 \text{ V}$
7. $I = 14,3 \text{ mA}$
8. $V_O = 11,7 \text{ V}$
9. a) $I_1 = 0$; $I_{D1} = I_{D2} = 3,6 \text{ mA}$; $V_1 = 0 \text{ V}$; $V_2 = 20 \text{ V}$
 b) $I_1 = 0,2 \text{ mA}$; $I_{D1} = 3,3 \text{ mA}$; $I_{D2} = 3,1 \text{ mA}$; $V_1 = 0,7 \text{ V}$; $V_2 = 18,6 \text{ V}$
10. a) $V_O = 10 \text{ V}$
 b) D1 polarizado en inversa (corte, OFF); D2 polarizado en directa (conducción, ON).
11. a) $V_O = -10 \text{ V}$
 b) D1 polarizado en inversa (corte, OFF); D2 polarizado en directa (conducción, ON)
12. $I_D = 7,4 \text{ mA}$; $V_O = 11,3 \text{ V}$
13. $I_D = 1,2 \text{ mA}$; $V_O = 6,5 \text{ V}$
14. $I_D = 2,3 \text{ mA}$; $V_O = -5 \text{ V}$
15. Solución completa en archivo aparte.
16. Solución completa en archivo aparte.

17	$\left. \begin{aligned} v_i \leq 0 &\rightarrow v_o = 0 \\ v_i \geq 0 &\rightarrow v_o = v_i + V \end{aligned} \right\}$		
18	$\left. \begin{aligned} v_i \leq V &\rightarrow v_o = v_i - V \\ v_i \geq V &\rightarrow v_o = 0 \end{aligned} \right\}$		
19	$\left. \begin{aligned} v_i \leq V &\rightarrow v_o = 0 \\ v_i \geq V &\rightarrow v_o = v_i - V \end{aligned} \right\}$		
20	$\left. \begin{aligned} v_i \leq -V &\rightarrow v_o = v_i + V \\ v_i \geq -V &\rightarrow v_o = 0 \end{aligned} \right\}$		

<p>21</p>	$\left. \begin{aligned} v_i \leq -V &\rightarrow v_o = -V \\ v_i \geq -V &\rightarrow v_o = v_i \end{aligned} \right\}$		
<p>22</p>	$\left. \begin{aligned} v_i \leq V &\rightarrow v_o = V \\ v_i \geq V &\rightarrow v_o = v_i \end{aligned} \right\}$		
<p>23</p>	$\left. \begin{aligned} v_i \leq -V &\rightarrow v_o = v_i \\ v_i \geq -V &\rightarrow v_o = -V \end{aligned} \right\}$		

Resolución utilizando la segunda aproximación.

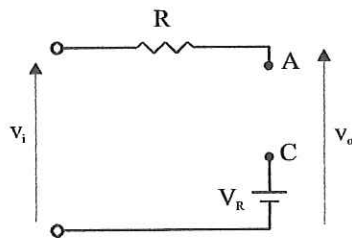


$$R_f = 20 \Omega$$

$$R_r = \infty$$

$$V_\gamma = 0,7 \text{ V}$$

a).- Suponemos que el diodo está en corte ($v_D \leq V_\gamma$)



$$v_o = v_i$$

La condición para que el diodo esté en corte es $v_D \leq V_\gamma$

$$\left. \begin{aligned} v_D &= v_A - v_C \\ v_A &= v_i \\ v_C &= V_R \end{aligned} \right\} v_D = v_i - V_R \leq V_\gamma \rightarrow v_i \leq V_R + V_\gamma$$

Por tanto, si $v_i \leq V_R + V_\gamma \Rightarrow v_o = v_i$

Dando valores

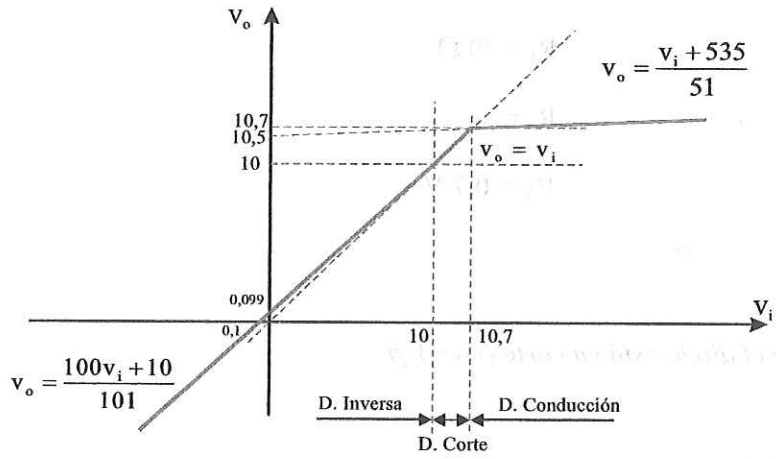
$$\boxed{\text{Si } v_i \leq 10,7 \text{ V} \Rightarrow v_o = v_i}$$

b).- Suponemos que el diodo está en conducción ($v_D \geq V_\gamma$)

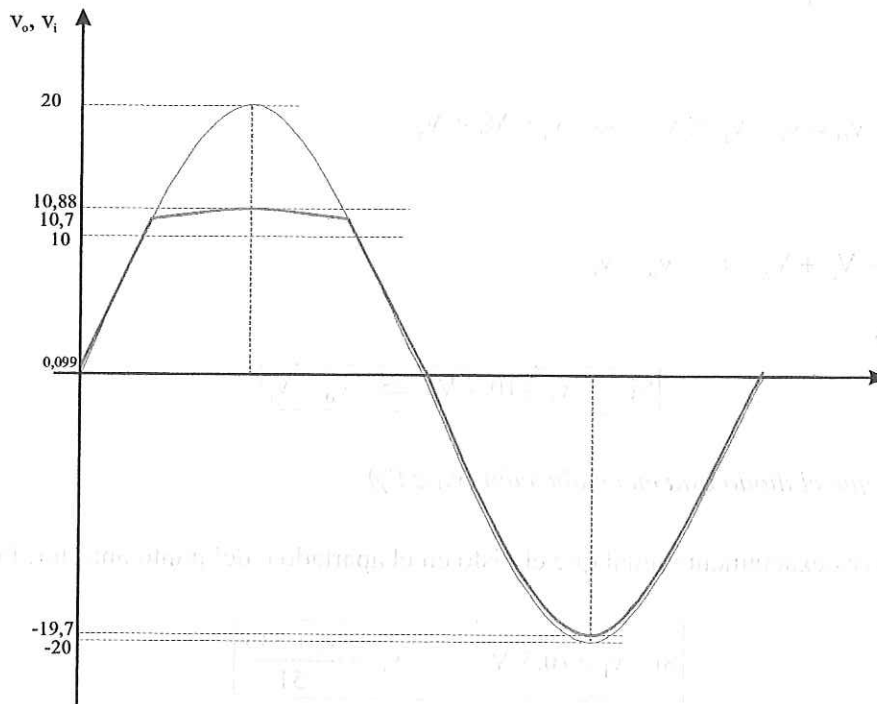
Este caso es exactamente igual que el visto en el apartado c del punto anterior. Por tanto

$$\boxed{\text{Si } v_i \geq 10,7 \text{ V} \Rightarrow v_o = \frac{v_i + 535}{51}}$$

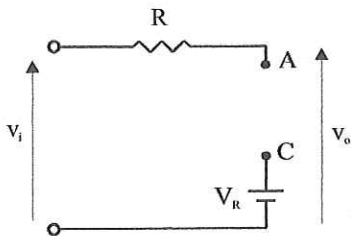
La curva de transferencia del circuito será:



Si representamos la tensión de salida v_o en función del tiempo



b).- Suponemos que el diodo está en directa pero no hay conducción ($0 \leq v_D \leq V_\gamma$)



$$v_o = v_i$$

La condición para que el diodo esté en corte es $0 \leq v_D \leq V_\gamma$

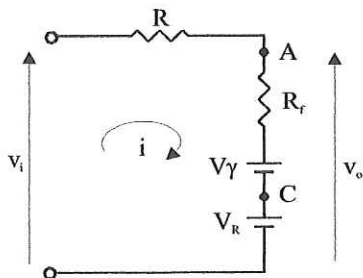
$$\left. \begin{aligned} v_D &= v_A - v_C \\ v_A &= v_i \\ v_C &= V_R \end{aligned} \right\} v_D = v_i - V_R \begin{cases} v_D \geq 0 \\ v_i - V_R \geq 0 \rightarrow v_i \geq V_R \\ v_D \leq V_\gamma \\ v_i - V_R \leq V_\gamma \rightarrow v_i \leq V_R + V_\gamma \end{cases}$$

Por tanto, si $V_R \leq v_i \leq V_R + V_\gamma \Rightarrow v_o = v_i$

Dando valores:

$$\boxed{\text{Si } 10 \leq v_i \leq 10,7 \text{ V} \Rightarrow v_o = v_i}$$

c).- Suponemos que el diodo está en conducción ($v_D \geq V_\gamma$)



$$i = \frac{v_i - V_R - V_\gamma}{R + R_f}$$

$$v_o = V_R + V_\gamma + R_f i = V_R + V_\gamma + \frac{R_f}{R + R_f} (v_i - V_R - V_\gamma)$$

$$v_o = \frac{R_f}{R + R_f} v_i + \frac{R}{R + R_f} (V_R + V_\gamma)$$

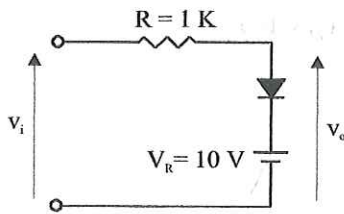
La condición que se debe de cumplir para que el diodo esté en conducción es que la corriente circule en el sentido de ánodo a cátodo, es decir:

$$i \geq 0 \quad \frac{v_i - V_R - V_\gamma}{R + R_f} \geq 0 \Rightarrow v_i \geq V_R + V_\gamma$$

Por tanto, si $v_i \geq V_R + V_\gamma \Rightarrow v_o = \frac{R_f}{R + R_f} v_i + \frac{R}{R + R_f} (V_R + V_\gamma)$

Dando valores

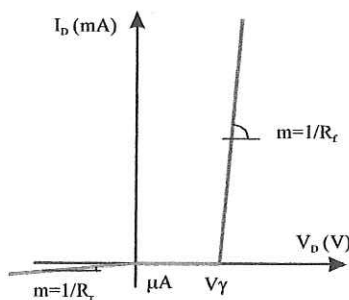
$$\boxed{\text{Si } v_i \geq 10,7 \text{ V} \Rightarrow v_o = \frac{v_i + 535}{51}}$$



$$v_i = 20 \cdot \sin \omega t$$

Vamos a resolverlo para cada una de las cuatro aproximaciones del diodo.

Resolución utilizando la primera aproximación

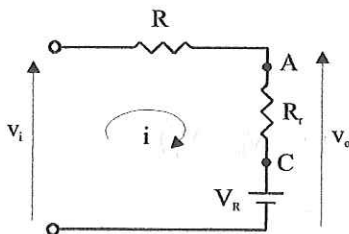


$$R_f = 20 \Omega$$

$$R_r = 100 \text{ k}\Omega$$

$$V_\gamma = 0,7 \text{ V}$$

a).- Suponemos que el diodo está en inversa ($v_D \leq 0$).



$$i = \frac{v_i - V_R}{R + R_r}$$

$$v_o = V_R + R_r \cdot i = V_R + R_r \cdot \frac{v_i - V_R}{R + R_r}$$

$$v_o = \frac{R_r \cdot v_i + R \cdot V_R}{R + R_r}$$

La condición que se debe de cumplir para que el diodo esté en inversa es que la corriente circule en el sentido de cátodo a ánodo, es decir:

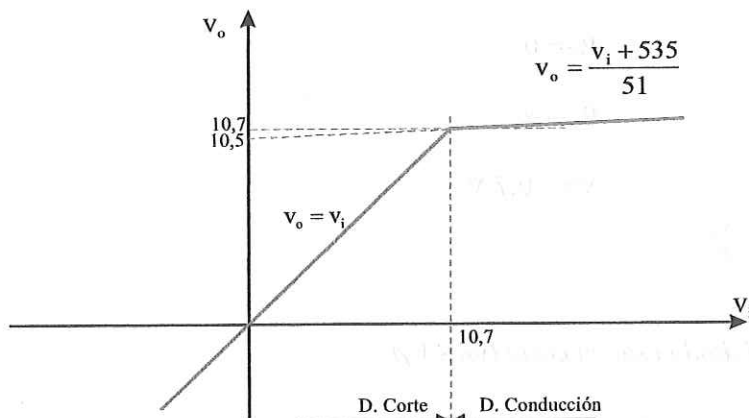
$$i \leq 0 \quad \frac{v_i - V_R}{R + R_r} \leq 0 \Rightarrow v_i \leq V_R$$

$$\text{Por tanto, si } v_i \leq V_R \Rightarrow v_o = \frac{R_r \cdot v_i + R \cdot V_R}{R + R_r}$$

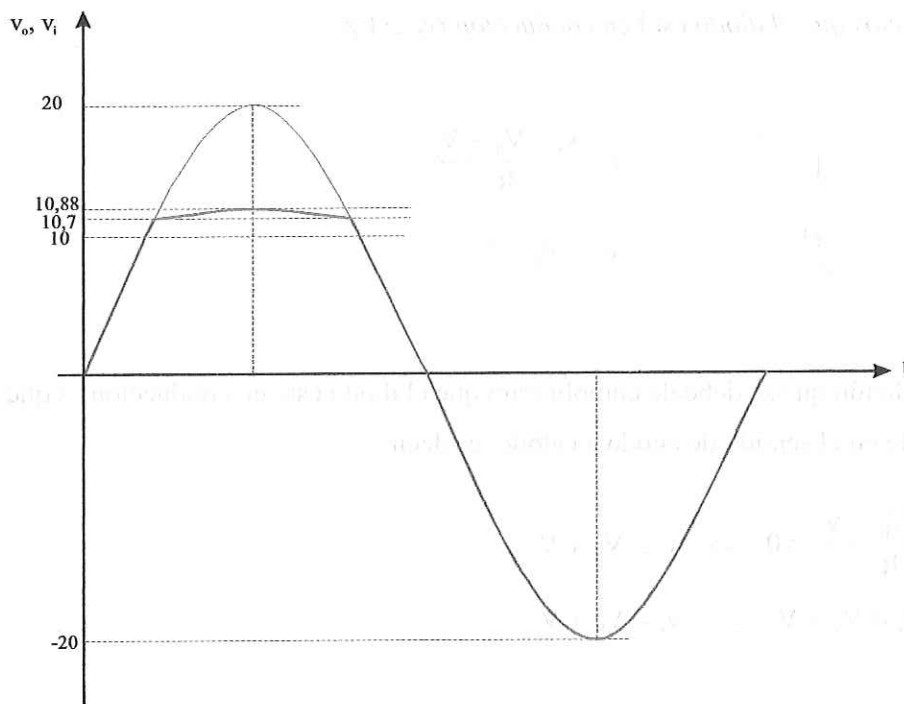
Dando valores

$$\text{Si } v_i \leq 10 \text{ V} \Rightarrow v_o = \frac{100v_i + 10}{101}$$

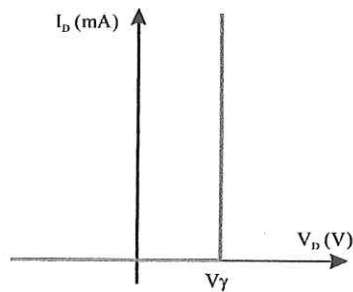
La curva de transferencia del circuito será:



Si representamos la tensión de salida v_o en función del tiempo



Resolución utilizando la tercera aproximación.



$$R_f = 0$$

$$R_r = \infty$$

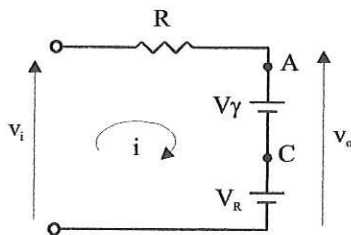
$$V_\gamma = 0,7 \text{ V}$$

a/- Suponemos que el diodo está en corte ($v_D \leq V_\gamma$)

Este caso es exactamente igual que el visto en el apartado a del punto anterior. Por tanto

$$\text{Si } v_i \leq 10,7 \text{ V} \Rightarrow v_o = v_i$$

b/- Suponemos que el diodo está en conducción ($v_D \geq V_\gamma$)



$$i = \frac{v_i - V_R - V_\gamma}{R}$$

$$v_o = V_R + V_\gamma$$

La condición que se debe de cumplir para que el diodo esté en conducción es que la corriente circule en el sentido de ánodo a cátodo, es decir:

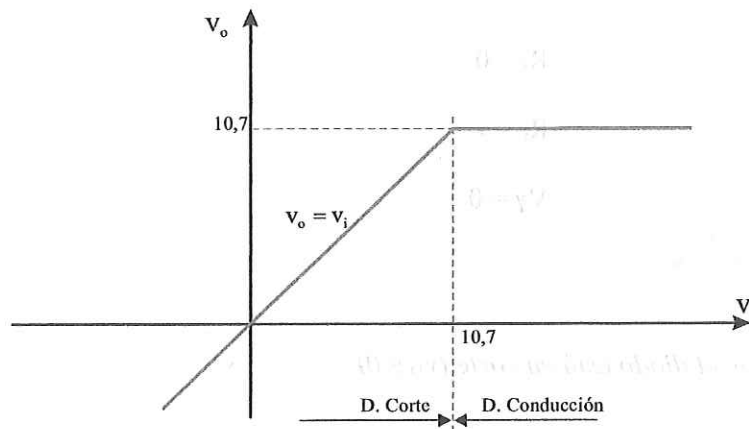
$$i \geq 0 \quad \frac{v_i - V_R - V_\gamma}{R} \geq 0 \Rightarrow v_i \geq V_R + V_\gamma$$

$$\text{Por tanto, si } v_i \geq V_R + V_\gamma \Rightarrow v_i = V_R + V_\gamma$$

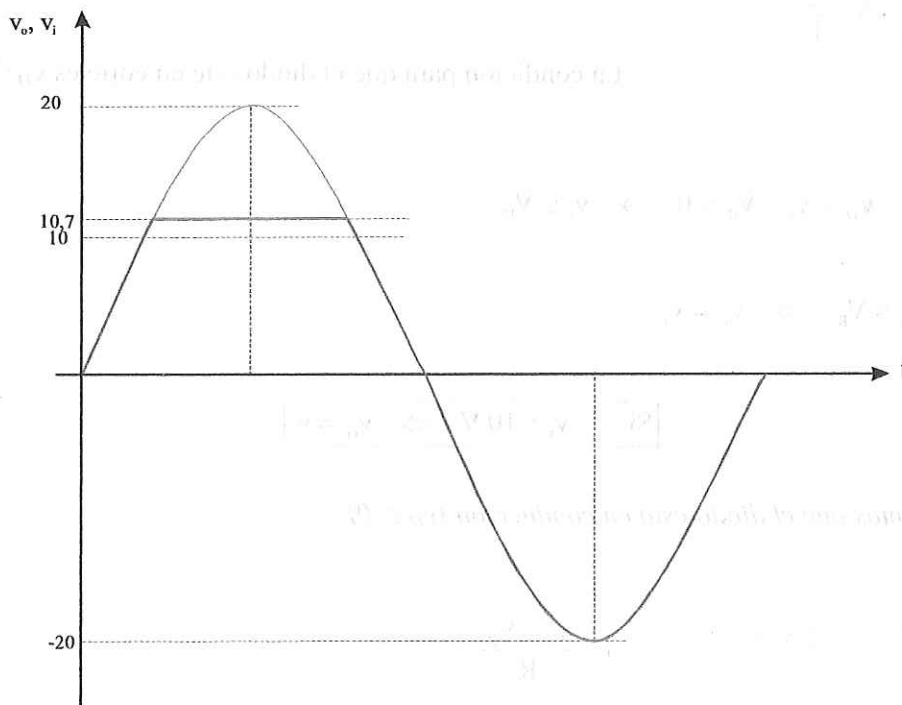
Dando valores

$$\text{Si } v_i \geq 10,7 \text{ V} \Rightarrow v_o = 10,7 \text{ V}$$

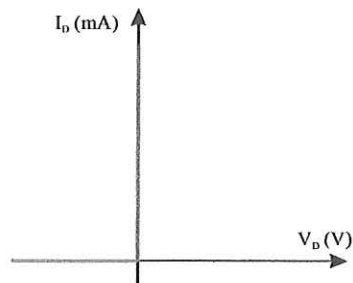
La curva de transferencia del circuito será:



Si representamos la tensión de salida v_o en función del tiempo



Utilizando la aproximación de diodo ideal.

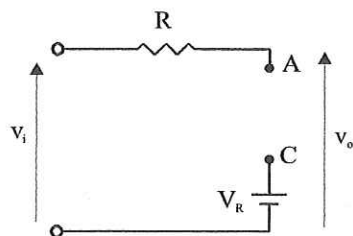


$$R_f = 0$$

$$R_r = \infty$$

$$V_\gamma = 0$$

a/- Suponemos que el diodo está en corte ($v_D \leq 0$)



$$v_o = v_i$$

La condición para que el diodo esté en corte es $v_D \leq 0$

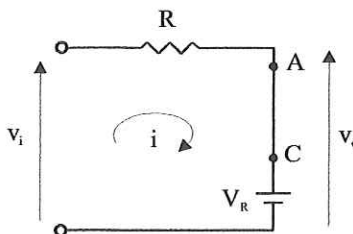
$$\left. \begin{aligned} v_D &= v_A - v_C \\ v_A &= v_i \\ v_C &= V_R \end{aligned} \right\} v_D = v_i - V_R \leq 0 \rightarrow v_i \leq V_R$$

Por tanto, si $v_i \leq V_R \Rightarrow v_o = v_i$

Dando valores

$$\boxed{\text{Si } v_i \leq 10 \text{ V} \Rightarrow v_o = v_i}$$

b/- Suponemos que el diodo está en conducción ($v_D \geq 0$)



$$i = \frac{v_i - V_R}{R}$$

$$v_o = V_R$$

La condición que se debe de cumplir para que el diodo esté en conducción es que la corriente circule en el sentido de ánodo a cátodo, es decir:

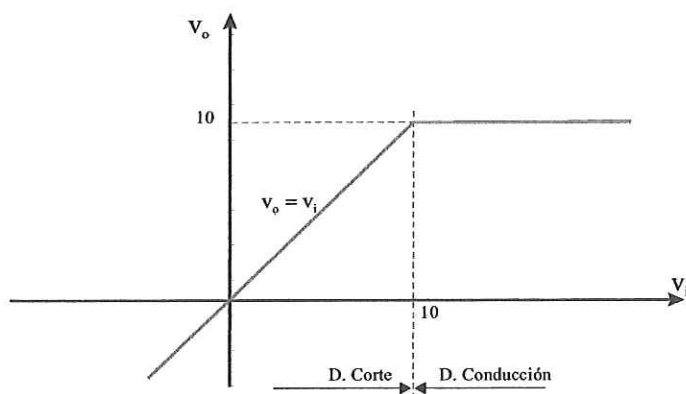
$$i \geq 0 \quad \frac{v_i - V_R}{R} \geq 0 \Rightarrow v_i \geq V_R$$

$$\text{Por tanto, si } v_i \geq V_R \Rightarrow v_i = V_R$$

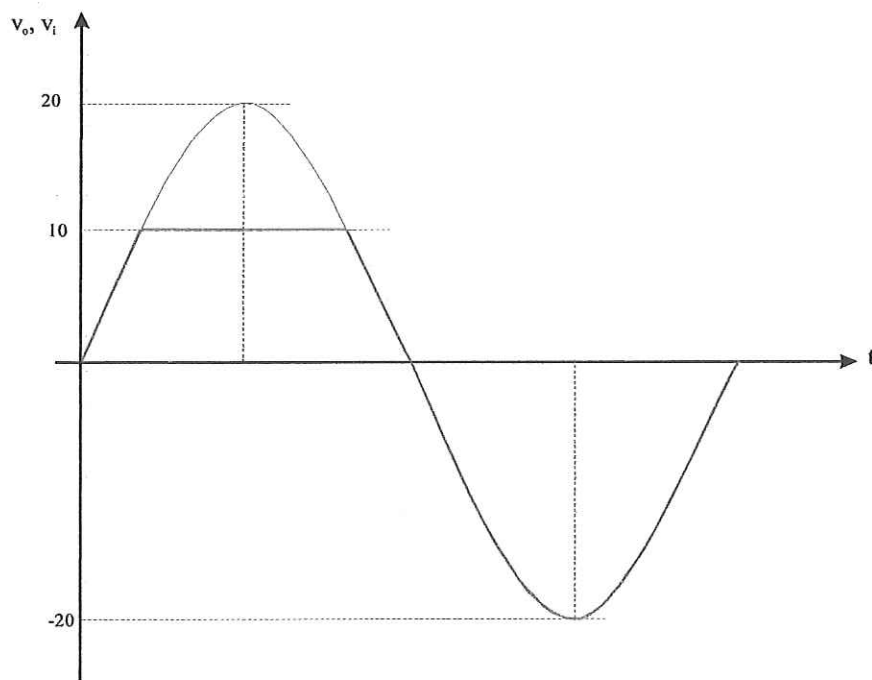
Dando valores

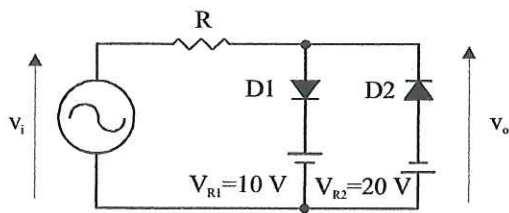
$$\boxed{\text{Si } v_i \geq 10 \text{ V} \Rightarrow v_o = 10 \text{ V}}$$

La curva de transferencia del circuito será:



Si representamos la tensión de salida v_o en función del tiempo



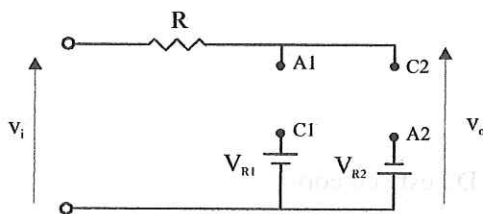


Suponemos diodos ideales

$$v_i = 30 \cdot \text{sen } \omega t$$

Como ahora tenemos dos diodos, en principio tendremos cuatro estados posibles.

a/- Suponemos que los dos diodos D1 y D2 están en corte.



$$v_o = v_i$$

La condición que se debe de cumplir para que el diodo D1 esté en corte

$$\left. \begin{array}{l} v_{D1} \leq 0 \\ v_{D1} = v_{A1} - v_{C1} \\ v_{A1} = v_i \\ v_{C1} = V_{R1} \end{array} \right\} v_i - V_{R1} \leq 0 \rightarrow v_i \leq V_{R1}$$

La condición que se debe de cumplir para que el diodo D2 esté en corte

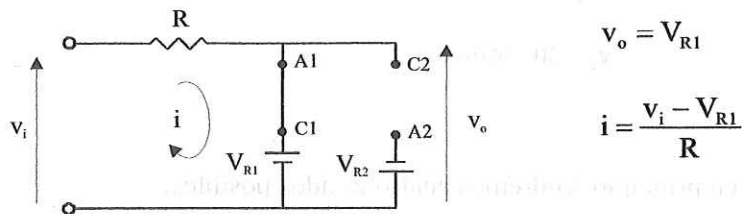
$$\left. \begin{array}{l} v_{D2} \leq 0 \\ v_{D2} = v_{A2} - v_{C2} \\ v_{A2} = -V_{R2} \\ v_{C2} = v_i \end{array} \right\} -V_{R2} - v_i \leq 0 \rightarrow v_i \geq -V_{R2}$$

Por tanto, si $-V_{R2} \leq v_i \leq V_{R1} \Rightarrow v_o = v_i$

Dando valores

$$\boxed{\text{Si } -20 \leq v_i \leq 10 \text{ V} \Rightarrow v_o = v_i}$$

b.- Suponemos que D1 está en conducción y D2 en corte.



$$v_o = V_{R1}$$

$$i = \frac{v_i - V_{R1}}{R}$$

La condición que se debe de cumplir para que D1 esté en conducción es que la intensidad circule en el sentido de ánodo a cátodo, es decir:

$$i \geq 0 \quad \frac{v_i - V_{R1}}{R} \geq 0 \Rightarrow v_i \geq V_{R1}$$

La condición que se debe de cumplir para que el diodo D2 esté en corte

$$\left. \begin{array}{l} v_{D2} \leq 0 \\ v_{D2} = v_{A2} - v_{C2} \\ v_{A2} = -V_{R2} \\ v_{C2} = V_{R1} \end{array} \right\} -V_{R2} - V_{R1} \leq 0 \rightarrow \text{Se cumple siempre}$$

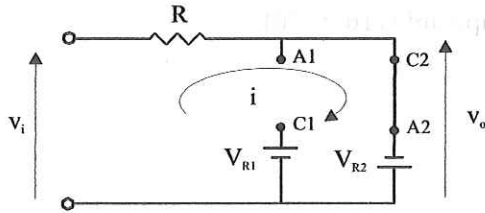
Esto quiere decir que siempre que el diodo D1 esté en conducción, es decir, siempre que $v_i \geq V_{R1}$ el diodo D2 estará en corte. Por tanto ya podemos adelantar que no será posible el caso de que los dos diodos estén simultáneamente en conducción.

$$\text{Por tanto, si } v_i \geq V_{R1} \Rightarrow v_o = V_{R1}$$

Dando valores

$$\boxed{\text{Si } v_i \geq 10 \text{ V} \Rightarrow v_o = 10 \text{ V}}$$

c.- Suponemos que D1 está en corte y D2 en conducción.



$$v_o = -V_{R2}$$

$$i = \frac{v_i + V_{R2}}{R}$$

La condición que se debe de cumplir para que el diodo D1 esté en corte

$$\left. \begin{aligned} v_{D1} &\leq 0 \\ v_{D1} &= v_{A1} - v_{C1} \\ v_{A1} &= -V_{R2} \\ v_{C1} &= V_{R1} \end{aligned} \right\} -V_{R2} - V_{R1} \leq 0 \rightarrow \text{Se cumple siempre}$$

La condición que se debe de cumplir para que D2 esté en conducción es que la intensidad circule en el sentido de ánodo a cátodo, es decir:

$$i \geq 0 \quad \frac{v_i + V_{R2}}{R} \geq 0 \Rightarrow v_i \geq -V_{R2}$$

Esto quiere decir que siempre que el diodo D2 esté en conducción, es decir, siempre que $v_i \geq -V_{R2}$ el diodo D1 estará en corte. Por tanto, volvemos a comprobar, al igual que en el caso anterior que no será posible el caso de que los dos diodos estén simultáneamente en conducción.

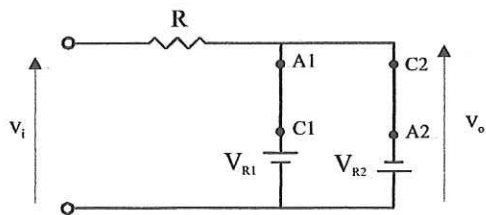
$$\text{Por tanto, si } v_i \leq -V_{R2} \Rightarrow v_o = -V_{R1}$$

Dando valores

$$\boxed{\text{Si } v_i \leq -20 \text{ V} \Rightarrow v_o = -20 \text{ V}}$$

d.- Suponemos que D1 está en corte y D2 en conducción.

No sería necesaria la resolución de este caso, ya que con los tres anteriores tenemos completamente resuelto el problema. Lo vamos a resolver, de todas formas, para comprobar que es un caso imposible como ya hemos adelantado.

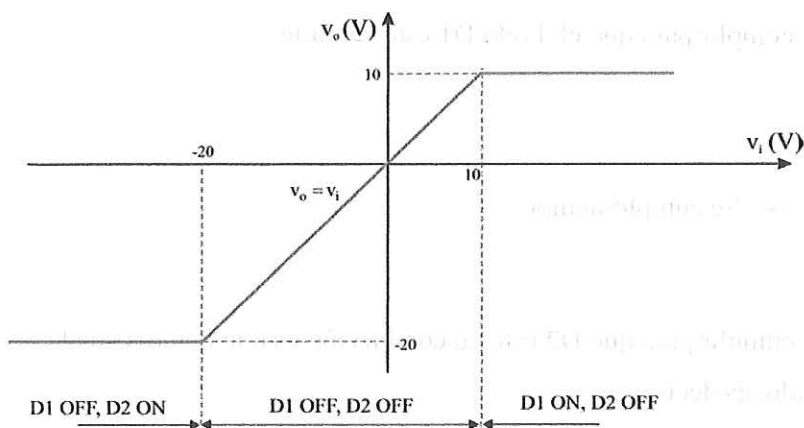


Se debería de cumplir que

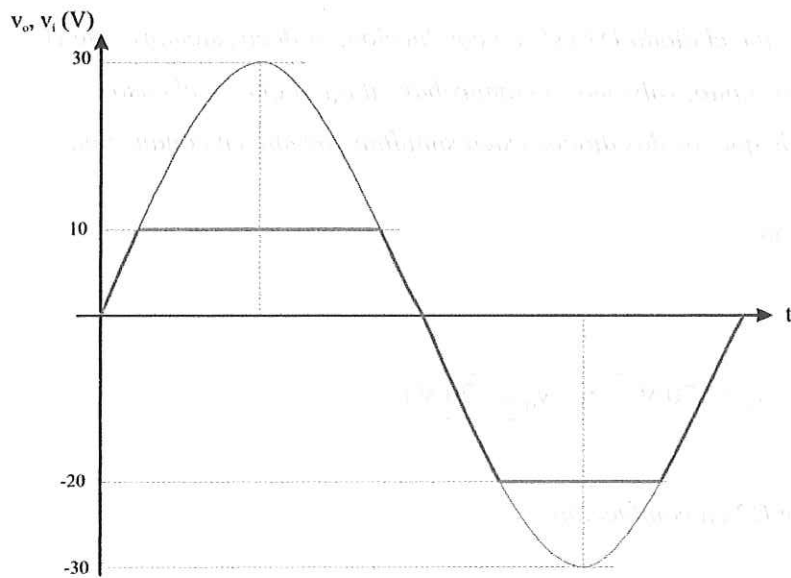
$$V_{R1} = -V_{R2}$$

Lo cual es imposible ($10 \neq -20$)

Dibujamos la curva de transferencia del circuito.



La tensión de salida será



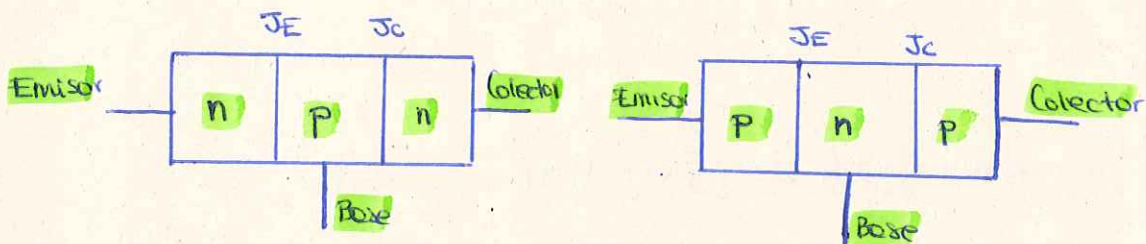
TEMA 2: EL TRANSISTOR

TRANSISTOR DE UNION BIPOLAR: Dispositivo electrónico con 3 zonas distintas, dando lugar a dos uniones pn. Cada zona dispone de un terminal, por lo que se trata de un dispositivo con 3 terminales.

Habitualmente se conoce como

BJT Bipolar Junction Transistor.

Hay dos tipos de **BJT**



transistor npn

predominan e^-

transistor pnp.

predominan los huecos.

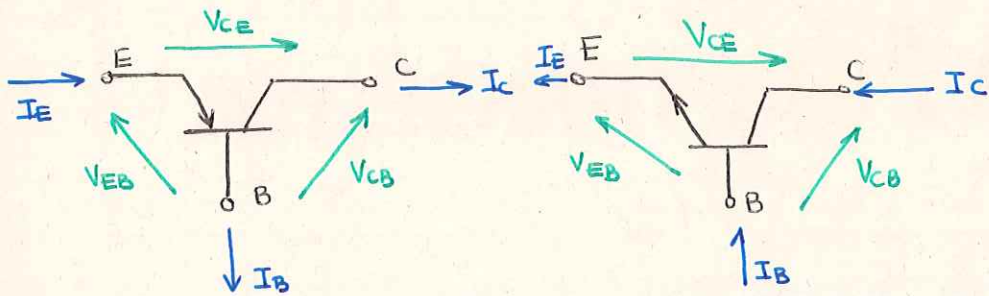
Aunque en los dos intervienen los dos tipos de portadores. Por eso se denominan BIPOLARES.

EMISOR: zona que emite portadores $\left\{ \begin{array}{l} e^- \text{ npn} \\ h^+ \text{ pnp} \end{array} \right.$ mayoritarios.

BASE: Zona muy estrecha que debe dejar pasar hacia el colector la mayoría de los portadores inyectados por el emisor.

COLECTOR: Zona encargada de recoger los portadores que inyectados por el emisor han atravesado la base.

Le corriente la controla con la base.



$$I_E = I_B + I_C$$

I_B muy pequeño en comparación con I_E y I_C

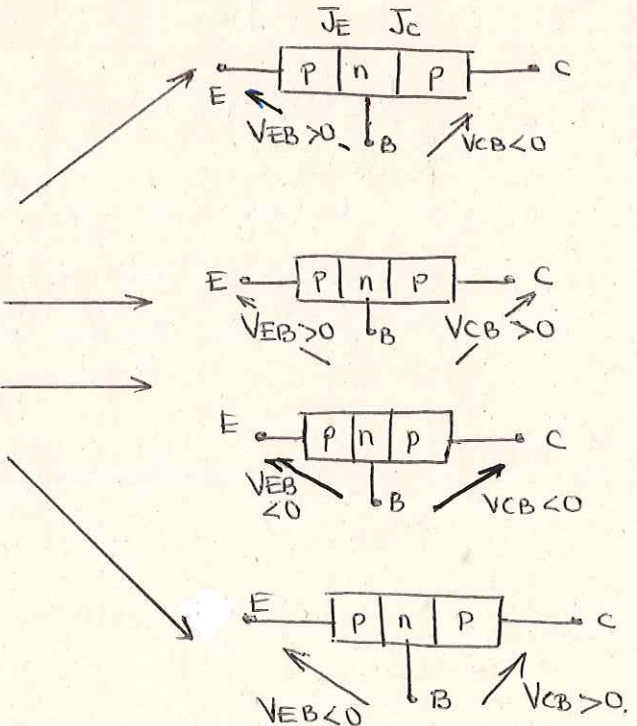
Esto se cumple en todos los transistores.

$$V_{CB} = V_{EB} + V_{CE}$$

ZONAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSISTOR. (pnp)

Amplificador
 Interruptor
 No tiene utilidad práctica.

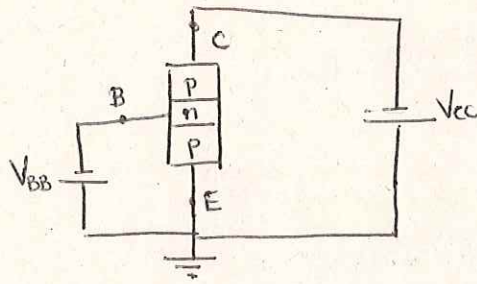
J_E	J_C	ZONA DE TRABAJO
DIRECTA	INVERSA	ACTIVA
DIRECTA	DIRECTA	SATURACIÓN
INVERSA	INVERSA	CORTE
INVERSA	DIRECTA	ACTIVA INVERSA



Se necesitan dos circuitos de polarización para polarizar las dos uniones.

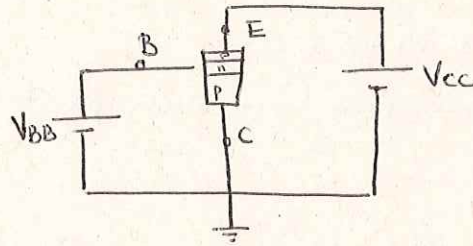
En función del terminal común a los dos circuitos surgen las distintas configuraciones.

Emisor común

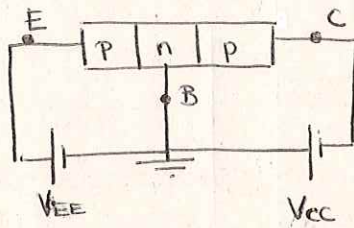


* las curvas de cada una de las configuraciones es distinta.

Colector común



Base común

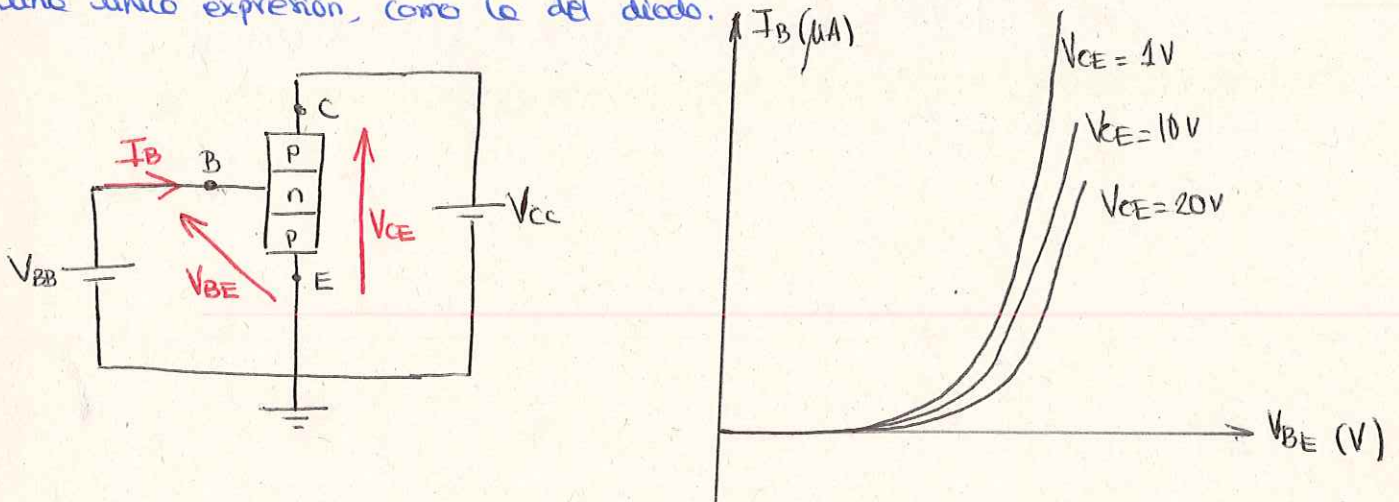


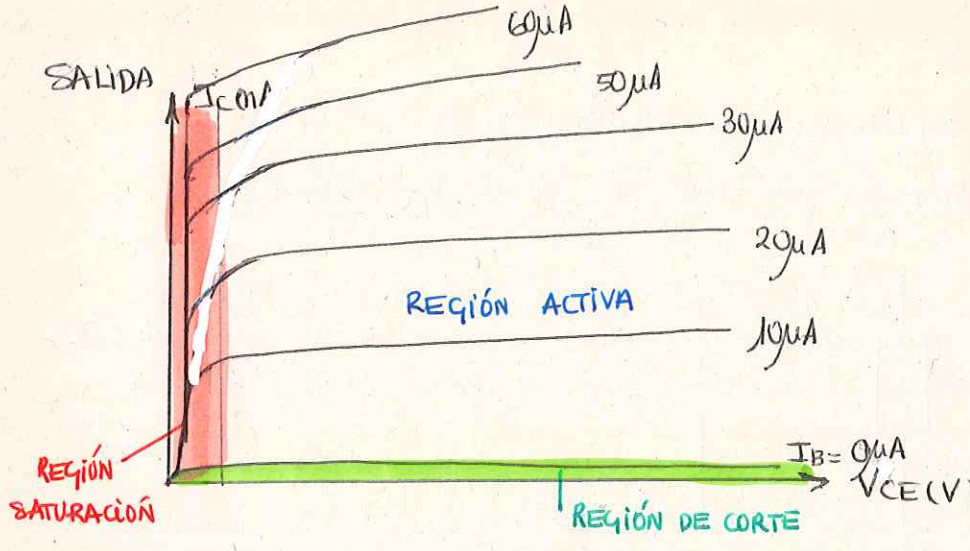
ECUACIÓN GENERAL TRANSISTOR:
$$I_C = \alpha_F I_{E0} \left(\exp \frac{V_{EB}}{V_T} \right) - I_{C0} \left(\exp \frac{V_{CB}}{V_T} - 1 \right)$$

CARACTERÍSTICAS DE LA ENTRADA Y LA SALIDA - EMISOR COMÚN

ENTRADA

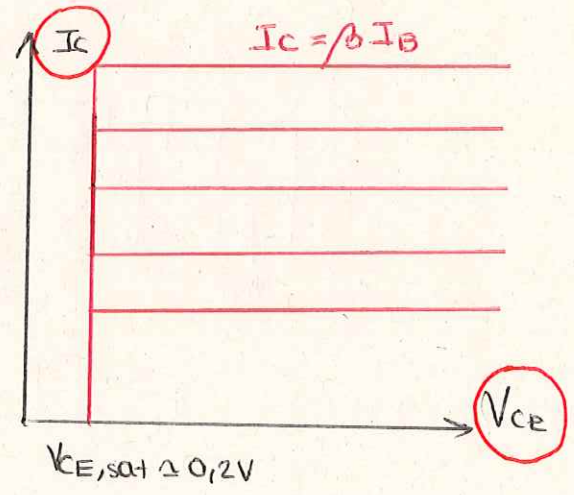
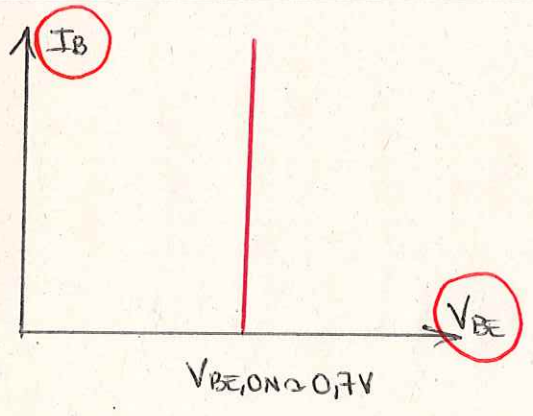
La corriente en la base y la tensión base emisor están relacionados por medio de la V_{CE} . Como están muy próximas entre sí, en la práctica se supondrán una única expresión, como la del diodo.





Region de saturación, las corrientes se vienen a cero
 El transistor en la zona activa se comporta como una fuente de intensidad.

MODELOS DE TRANSISTOR IDEAL



$$V_{BE} < V_{BE\ ON} \implies I_C = 0$$

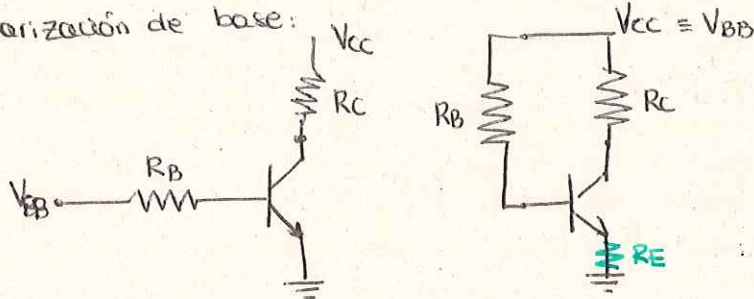
$$V_{BE} = V_{BE\ ON} \begin{cases} V_{CE} > V_{CE,\ sat} & I_C = \beta \cdot I_B \text{ ACTIVA} \\ V_{CE} < V_{CE,\ sat} & I_C < \beta \cdot I_B \text{ SATURACION} \end{cases}$$

POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR

Consiste en fijar el punto de trabajo en ausencia de señal de entrada.

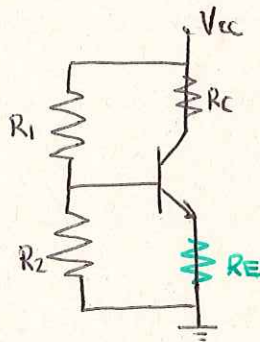
Hay que procurar un punto lo más estable posible.

Polarización de base:



Transistor como interruptor
CORTE
SATURACIÓN

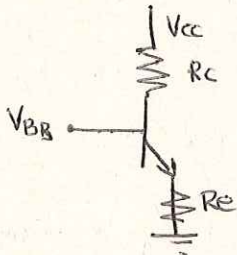
Polarización por divisor de tensión



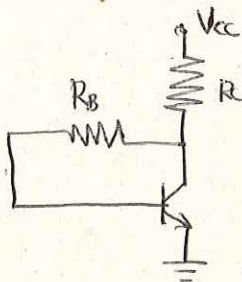
Para utilizar el transistor como amplificador.

RE: ventaja de poner RE, hace que el circuito sea más estable ante las variaciones de β .

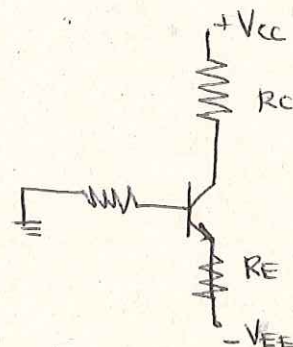
Polarización realimentación de emisor



Polarización por realimentación de colector



Polarización de emisor con dos fuentes de tensión



EL TRANSISTOR COMO AMPLIFICADOR

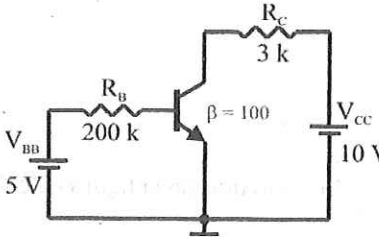
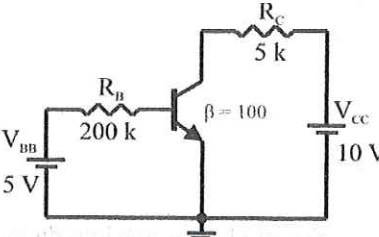
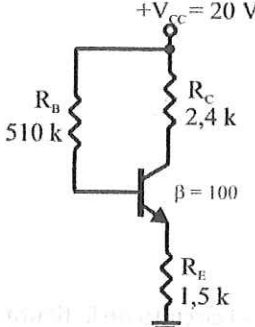
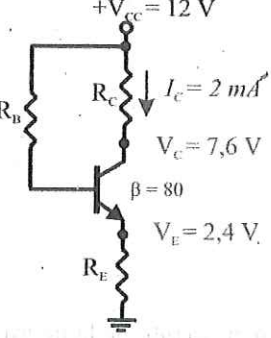
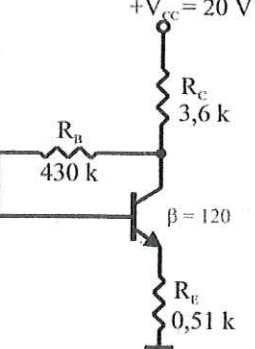
El punto Q tiene que estar en el medio, punto óptimo

Si nos salimos de la zona activa el transistor no amplifica y nos corta la señal.

<p>10 ✓</p>	<p>Calcular los valores de R_C y R_2.</p>	
<p>11</p>	<p>En el circuito de la figura calcular los valores de R_1, R_C y R_E para que el punto de funcionamiento del transistor sea $V_{CE} = 6\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$</p>	
<p>12 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_{CB}, V_C y V_E.</p>	
<p>13 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_{CB} y V_{BE}.</p>	

<p>14 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_C, V_E, V_{CB} y V_{BE}.</p>	
<p>15 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_{CB} y V_{BE}.</p>	

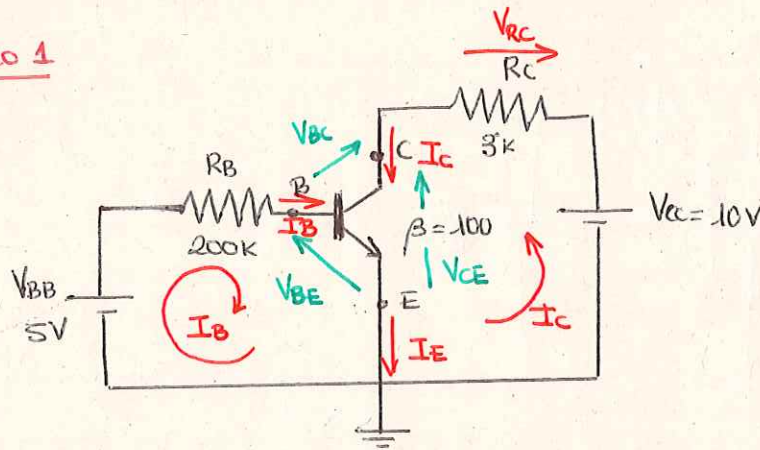
<p>6</p> <p>✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_C, V_E y β.</p>	
<p>7</p> <p>✓</p>	<p>Calcular el valor máximo de R_B para que el transistor esté en saturación.</p>	
<p>8</p> <p>✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_C, V_E y V_{CB}.</p>	
<p>9</p> <p>✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_C, V_E y V_{CB}.</p>	

<p>1 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE} y V_{CB}.</p>	
<p>2 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE} y V_{CB}.</p>	
<p>3 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_C y V_E.</p>	
<p>4 ✓</p>	<p>En el circuito de la figura calcular R_B, R_E, R_C, V_{CE} y V_B.</p>	
<p>5</p>	<p>En el circuito de la figura calcular I_B, I_C, I_E, V_{CE}, V_C y V_E.</p>	

1. $I_B = 21,5 \mu\text{A}$; $I_C = 2,15 \text{ mA}$; $I_E = 2,17 \text{ mA}$; $V_{CE} = 3,55 \text{ V}$; $V_{CB} = 2,8 \text{ V}$.
2. $I_B = 21,5 \mu\text{A}$; $I_C = 1,96 \text{ mA}$; $I_E = 1,98 \text{ mA}$; $V_{CE} = 0,2 \text{ V}$; $V_{CB} = -0,6 \text{ V}$.
3. $I_B = 29,2 \mu\text{A}$; $I_C = 2,9 \text{ mA}$; $I_E = 2,93 \text{ mA}$; $V_C = 13 \text{ V}$; $V_E = 4,4 \text{ V}$.
4. $R_B = 356 \text{ k}\Omega$; $R_C = 2,15 \text{ k}\Omega$; $R_E = 1,18 \text{ k}\Omega$; $V_{CE} = 5,2 \text{ V}$; $V_B = 3,1 \text{ V}$.
5. $I_B = 16,5 \mu\text{A}$; $I_C = 1,98 \text{ mA}$; $I_E = 2 \text{ mA}$; $V_{CE} = 7,78 \text{ V}$; $V_C = 8,8 \text{ V}$; $V_E = 1,02 \text{ V}$.
6. $I_B = 24,1 \mu\text{A}$; $I_C = 2,73 \text{ mA}$; $I_E = 2,75 \text{ mA}$; $V_{CE} = 8,65 \text{ V}$; $V_C = 11,95 \text{ V}$; $V_E = 3,3 \text{ V}$; $\beta = 113$.
7. $R_B = 190 \text{ k}\Omega$
8. $I_B = 20 \mu\text{A}$; $I_C = 2 \text{ mA}$; $I_E = 2,02 \text{ mA}$; $V_{CE} = 8 \text{ V}$; $V_C = 8 \text{ V}$; $V_E = 0 \text{ V}$; $V_{CB} = 7,3 \text{ V}$.
9. $I_B = 26 \mu\text{A}$; $I_C = 2,6 \text{ mA}$; $I_E = 2,63 \text{ mA}$; $V_{CE} = 7,84 \text{ V}$; $V_C = 8,1 \text{ V}$; $V_E = 0,26 \text{ V}$; $V_{CB} = 7,14 \text{ V}$.
10. $R_C = 0,8 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 105 \text{ k}\Omega$.
11. $R_1 = 34 \text{ k}\Omega$; $R_C = 4 \text{ k}\Omega$; $R_E = 1 \text{ k}\Omega$.
12. $I_B = 0,7 \text{ mA}$; $I_C = 2,08 \text{ mA}$; $I_E = 2,78 \text{ mA}$; $V_{CE} = 0,2 \text{ V}$; $V_C = 5,76 \text{ V}$; $V_E = 5,56 \text{ V}$; $V_{CB} = -0,6 \text{ V}$.
13. $I_B = I_C = I_E = 0$; $V_{CE} = 15 \text{ V}$; $V_{CB} = 20 \text{ V}$; $V_{BE} = -5 \text{ V}$
14. $I_B = 9,2 \mu\text{A}$; $I_C = 0,92 \text{ mA}$; $I_E = 0,93 \text{ mA}$; $V_{CE} = -6,1 \text{ V}$; $V_C = -5,4 \text{ V}$; $V_E = 0,7 \text{ V}$; $V_{CB} = -5,4 \text{ V}$.
15. $I_B = 50 \mu\text{A}$; $I_C = 5 \text{ mA}$; $I_E = 5,05 \text{ mA}$; $V_{CE} = -5 \text{ V}$; $V_{BE} = -0,7 \text{ V}$; $V_{CB} = -4,3 \text{ V}$.

- 1. $I_1 = 21,2 \text{ mA}; I_2 = 2,12 \text{ mA}; I_3 = 2,12 \text{ mA}; V_{12} = 2,12 \text{ V}; V_{13} = 2,12 \text{ V}; V_{23} = 2,12 \text{ V}$
- 2. $I_1 = 21,2 \text{ mA}; I_2 = 1,98 \text{ mA}; I_3 = 1,98 \text{ mA}; V_{12} = 0,1 \text{ V}; V_{13} = 0,1 \text{ V}; V_{23} = 0,1 \text{ V}$
- 3. $I_1 = 29,2 \text{ mA}; I_2 = 2,92 \text{ mA}; I_3 = 2,92 \text{ mA}; V_{12} = 13 \text{ V}; V_{13} = 13 \text{ V}; V_{23} = 13 \text{ V}$
- 4. $R_1 = 356 \text{ k}\Omega; R_2 = 2,12 \text{ k}\Omega; R_3 = 1,13 \text{ k}\Omega; V_{12} = 2,12 \text{ V}; V_{13} = 2,12 \text{ V}; V_{23} = 2,12 \text{ V}$
- 5. $I_1 = 18,2 \text{ mA}; I_2 = 1,98 \text{ mA}; I_3 = 1,98 \text{ mA}; V_{12} = 2,12 \text{ V}; V_{13} = 2,12 \text{ V}; V_{23} = 2,12 \text{ V}$
- 6. $I_1 = 28,1 \text{ mA}; I_2 = 2,81 \text{ mA}; I_3 = 2,81 \text{ mA}; V_{12} = 11,92 \text{ V}; V_{13} = 11,92 \text{ V}; V_{23} = 11,92 \text{ V}$
- 7. $R_1 = 190 \text{ k}\Omega$
- 8. $I_1 = 20 \text{ mA}; I_2 = 2 \text{ mA}; I_3 = 2 \text{ mA}; V_{12} = 2 \text{ V}; V_{13} = 2 \text{ V}; V_{23} = 2 \text{ V}$
- 9. $I_1 = 26 \text{ mA}; I_2 = 2,6 \text{ mA}; I_3 = 2,6 \text{ mA}; V_{12} = 2,6 \text{ V}; V_{13} = 2,6 \text{ V}; V_{23} = 2,6 \text{ V}$
- 10. $R_1 = 0,8 \text{ k}\Omega; R_2 = 10,5 \text{ k}\Omega$
- 11. $R_1 = 34 \text{ k}\Omega; R_2 = 4 \text{ k}\Omega; R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
- 12. $I_1 = 0,7 \text{ mA}; I_2 = 2,08 \text{ mA}; I_3 = 2,08 \text{ mA}; V_{12} = 0,2 \text{ V}; V_{13} = 2,08 \text{ V}; V_{23} = 2,08 \text{ V}$
- 13. $I_1 = 15 \text{ mA}; I_2 = 1,5 \text{ mA}; I_3 = 1,5 \text{ mA}; V_{12} = 1,5 \text{ V}; V_{13} = 1,5 \text{ V}; V_{23} = 1,5 \text{ V}$
- 14. $I_1 = 0,2 \text{ mA}; I_2 = 0,2 \text{ mA}; I_3 = 0,2 \text{ mA}; V_{12} = -0,1 \text{ V}; V_{13} = -0,1 \text{ V}; V_{23} = -0,1 \text{ V}$
- 15. $I_1 = 20 \text{ mA}; I_2 = 2 \text{ mA}; I_3 = 2 \text{ mA}; V_{12} = 2 \text{ V}; V_{13} = 2 \text{ V}; V_{23} = 2 \text{ V}$

EJERCICIO 1



Supongamos que el transistor trabaje en la zona activa

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

$$V_{CE} > V_{CE,sat} \Rightarrow 0,2V \longrightarrow \text{ZONA ACTIVA}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$V_{BC} + V_{BE} = V_{CE}$$

Resuelvo 1 malla:

$$V_{BB} - I_B \cdot R_B - V_{BE} = 0$$

$$\frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = I_B = \frac{5V - 0,7V}{200} = 0,0215 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 0,0215 \text{ mA} = 2,15 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C = 2,15 \text{ mA} + 0,0215 \text{ mA} = 2,1715 \text{ mA}$$

Resuelvo 2 malla

$$V_{CC} - V_{RC} - V_{CE} = 0$$

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} = 0$$

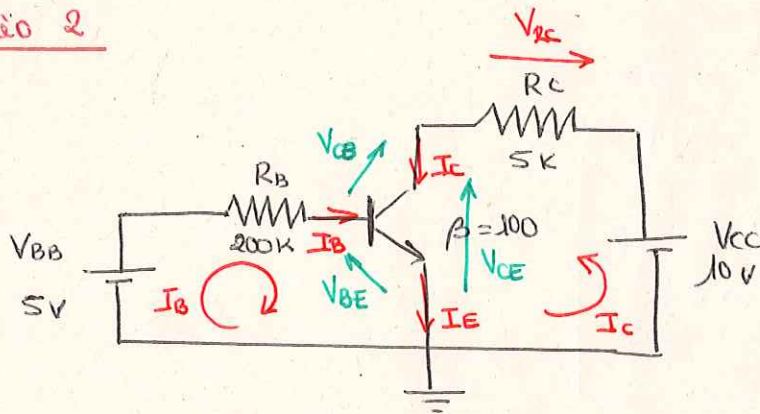
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 10 - 2,15 \cdot 3 = 3,55 \text{ V}$$

Se verifica que
 $V_{CE} > V_{CE,sat}$ TRABAJA
EN LA ZONA ACTIVA

$$V_{BE} + V_{BC} = V_{CE}$$

$$V_{BC} = V_{CE} - V_{BE} = 3,55 - 0,7 = 2,85 \text{ V}$$

ESERCICIO 2



Suposición: trabaja en la zona activa

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

$$V_{CE} > V_{CE,sat} = 0,2V$$

$$I_C = I_B \cdot \beta$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$$

Resolvemos 1 malla:

$$V_{BB} - I_B \cdot R_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0,7}{200} = 0,0215 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 0,0215 = 2,15 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 2,1715 \text{ mA}$$

Resolvemos 2 malla:

$$V_{CC} - V_{CE} - I_C \cdot R_C = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 10 - 2,15 \cdot 5 = -0,75 \text{ V}$$

$V_{CE} < V_{CE,sat} \approx 0,2V$ El transistor trabaja en la zona DE **SATURACIÓN**.

$$V_{BE} = 0,8V$$

$$V_{CE} \approx 0,2V$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = -0,6V$$

Resuelvo 1 malla:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0,8}{200} = 0,021 \text{ mA}$$

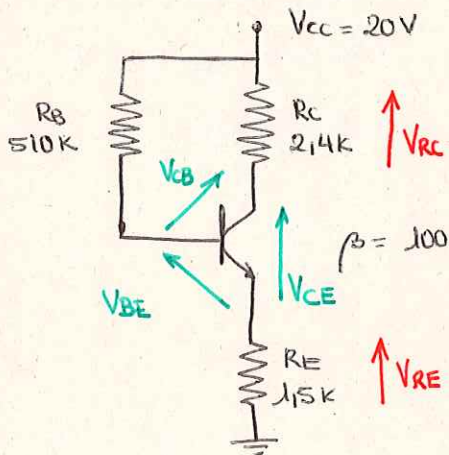
Resuelvo 2 malla

$$V_{CC} - V_{CE} - I_C \cdot R_C = 0$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{10 - 0,2}{5} = 1,96 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C = 1,96 + 0,021 = 1,981 \text{ mA}$$

ESERCIZIO 3



Hipotesis:

El transistor trabaja en la zona activa

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$V_{CE} > V_{CE, \text{sat}} \approx 0,2 \text{ V}$$

$$I_C = \beta I_B$$

Calculo los dos ramos.

1. ramo.

$$V_{CC} - R_B \cdot I_B - R_E \cdot I_E - V_{BE} = 0$$

$$V_{CC} - R_B \cdot I_B - R_E I_B (1 + \beta) - V_{BE} = 0$$

$$20 - 510 I_B - 1515 I_B - 0,7 = 0$$

$$19,3 = 661,5 I_B$$

$$I_B = 0,029 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 2,92 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B (1 + \beta) = 0,029 \cdot (1 + 100) = 2,95 \text{ mA}$$

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

2. ramo

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} - I_E \cdot R_E = 0$$

$$20 - 2,92 \cdot 214 - 2,95 \cdot 15 = V_{CE}$$

$$V_{CE} = 8,57 \text{ V}$$

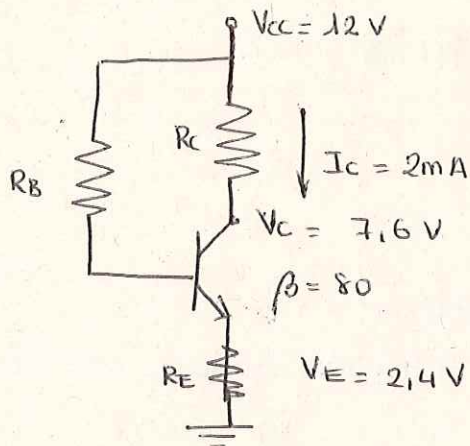
Verifico la condición de zona ACTIVA

$$V_{BE} + V_{CB} = V_{CE} \rightarrow V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 7,867 \text{ V}$$

$$V_C = I_E \cdot R_E + V_{CE} = 2,95 \cdot 1,5 + 8,57 = 13V$$

$$V_E = 2,95 \cdot 1,5 = 4,4V$$

EJERCICIO 4



HIPÓTESIS: Suponemos que el transistor se encuentre trabajando en la zona activa

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

$$V_{CE} > V_{CEsat} \approx 0,2V$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_C = 2mA$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2mA}{80} = 0,025mA$$

$$I_E = I_C + I_B = 2 + 0,025 = 2,025mA$$

$$V_E = I_E \cdot R_E \rightarrow R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{2,4}{2,025} = 1,185k\Omega$$

$$V_C - V_E = V_{CE} = 7,6 - 2,4 = 5,2V$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 5,2V - 0,7V = 4,5V > 0 \text{ se verifica la condición de zona activa.}$$

$$V_{CC} - I_B \cdot R_B - V_{BE} - V_E = 0$$

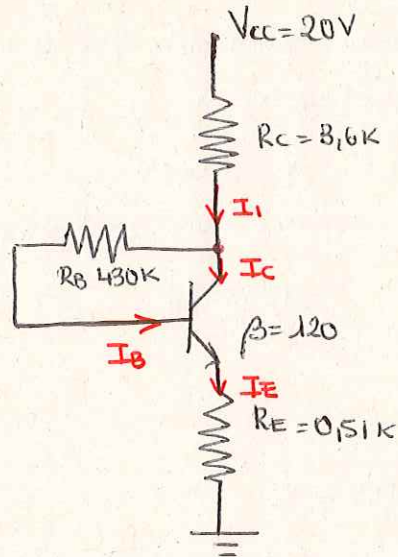
$$\frac{V_{CC} - V_{BE} - V_E}{I_B} = R_B = \frac{12 - 0,7 - 2,4}{0,025} = 356k\Omega$$

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_C = 0$$

$$\frac{V_{CC} - V_C}{I_C} = R_C = \frac{12 - 7,6}{2} = 2,2k\Omega$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 2,4 + 0,7 = 3,1V$$

EJERCICIO 5



Hipótesis: Supongo que el transistor trabaja en la zona Activo

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

$$V_{CE} > V_{CEsat} = 0,2V$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$V_{CC} - R_C \cdot (I_C + I_B) - I_B \cdot R_B - I_E \cdot R_E - V_{BE} = 0$$

$$V_{CC} - R_C \cdot I_B (\beta + 1) - I_B \cdot R_B - (\beta + 1) I_B R_E - V_{BE} = 0$$

$$-V_{BE} + V_{CC} = (3,6 \cdot 121 + 430 + 121 \cdot 0,51) I_B$$

$$I_B = 0,021 \text{ mA}$$

$$I_C = 2,5 \text{ mA}$$

$$I_E = 2,52 \text{ mA}$$

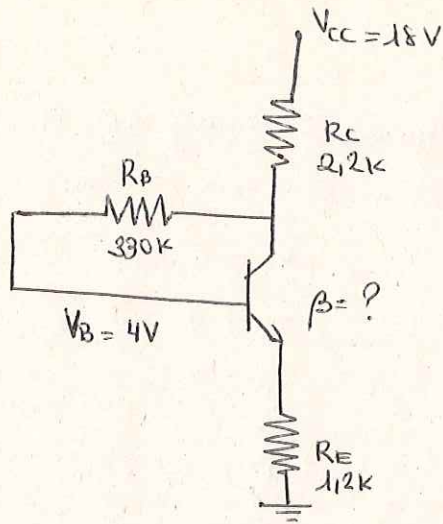
$$V_{CB} = I_B \cdot R_B = 0,021 \cdot 430 = 9,03 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE} = 9,03 + 0,7 = 9,73 \text{ V}$$

$$V_C = 9,75 \text{ V} + 2,52 \cdot 0,51 = 10,3154 \text{ V}$$

$$V_E = 2,52 \cdot 0,51 = 1,29 \text{ V}$$

ESERCIZIO 6



Hipotesis: Suponemos que el circuito está trabajando en la zona ACTIVA

$$V_{BE} = 0,7\text{V}$$

$$V_{CE} > V_{CE, \text{sat}} \approx 0,2\text{V}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = I_E \cdot R_E + V_{BE} = I_E \cdot 1,2 + 0,7 = 4$$

$$I_E = 2,75\text{mA}$$

$$18 - 2,2 \cdot 2,75 - V_{CE} - 2,75 \cdot 1,2 = 0$$

$$V_{CE} = 8,65\text{V}$$

se cumple la condición de ACTIVA

$$V_C = V_{CE} + V_E = V_{CE} + I_E \cdot R_E = 8,65 + 1,2 \cdot 2,75 = 11,95\text{V}$$

$$V_E = I_E \cdot R_E = 1,2 \cdot 2,75 = 3,3\text{V}$$

$$18 - 4 - I_B \cdot 330 - 2,75 \cdot 2,2 = 0$$

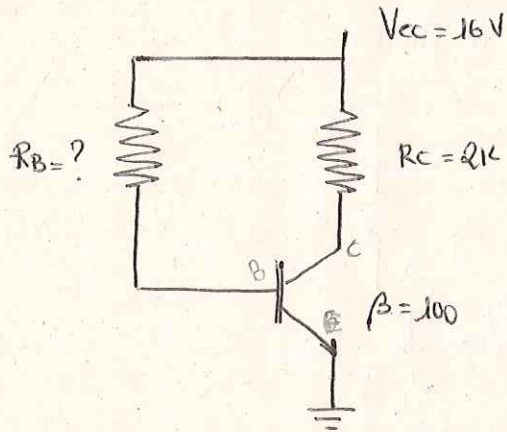
$$I_B = 0,024\text{mA}$$

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

$$\beta = \frac{I_E}{I_B} - 1 = \frac{2,75}{0,024} - 1 = 113,15$$

$$I_C = I_B \cdot \beta = 113,15 \cdot 0,024 = 2,72\text{mA}$$

EJERCICIO 7



Valor máximo de R_B para que el transistor esté en saturación.

Cuando el transistor está en saturación

$$V_{BE} = 0,8V$$

$$V_{CE} = V_{CE, sat} = 0,2V$$

$$16 - R_B \cdot I_B - 0,8 = 0$$

$$16 - R_C \cdot I_C - V_{CE} = 0 \rightarrow I_C = \frac{16 - V_{CE}}{R_C} = \frac{16 - 0,2}{2} = 7,9 \text{ mA}$$

En el valor límite se cumple que

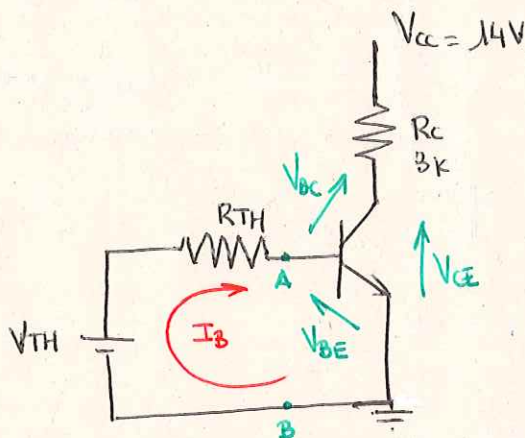
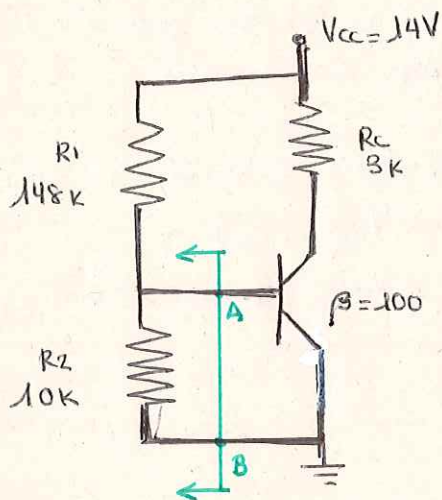
$$7,9 = I_C = \beta \cdot I_B = 100 I_B$$

$$I_B = 0,079 \text{ mA}$$

$$R_B = \frac{16 - 0,8}{0,079} = 192,4 \text{ k}\Omega$$

EJERCICIO 8

Entre los puntos A y B aplico el teorema de Thevenin.



· APRENDER ·

$$R_{TH} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (R_1 // R_2)$$

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

$$R_{TH} = \frac{10 \cdot 148}{10 + 148} = 9,37 \text{ k}\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{14 \cdot 10}{10 + 148} = 0,89 \text{ V}$$

Suponemos que el transistor se encuentra trabajando en la zona ACTIVA

$$V_{CE} > V_{CESAT} \approx 0,2 \text{ V}$$

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$I_C = \beta I_B$$

Soluciono por ramas:

$$V_{TH} = I_B \cdot R_{TH} + V_{BE} \rightarrow I_B = \frac{0,89 - 0,7}{9,37}$$

$$V_E = I_E \cdot R_E = 0 \text{ V}$$

$$I_B = 0,02 \text{ mA}$$

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

$$I_E = 2,02 \text{ mA}$$

$$14 - I_C \cdot R_C - V_{BC} - R_{TH} \cdot I_B - V_{TH} = 0.$$

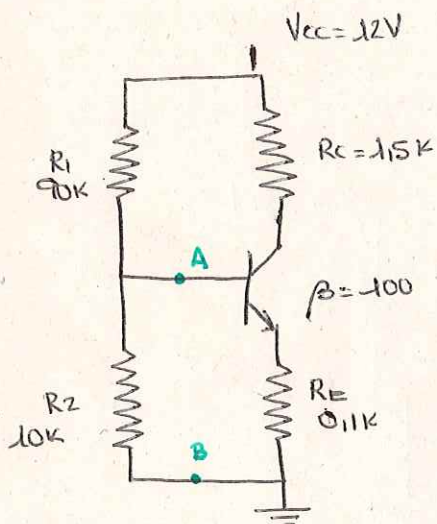
$$14 - I_C \cdot R_C - V_{CE} = 0$$

$$14 - 2,3 = V_{CE} = 8V$$

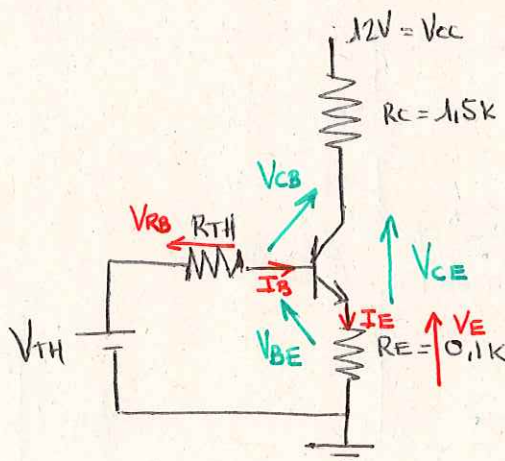
$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 7,3V$$

$$V_C = V_E + V_{CE} = 8V$$

ESERCICIO 9



Aplica Thevenin entre los puntos A y B



$$R_{TH} (R_1 // R_2) = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 90}{10 + 90} = 9k\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{V_{cc}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = 1,2V$$

Suponemos que el transistor se encuentra trabajando en la ZONA ACTIVA

$$V_{CE} > V_{CE, sat} \approx 0,2V$$

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

$$V_{TH} = R_{TH} \cdot I_B + 0,7 + R_E \cdot I_B \cdot (\beta + 1)$$

$$I_B = \frac{1,2 - 0,7}{9 + 0,1 \cdot 101} = 0,0263 mA$$

$$I_C = 2,62 mA$$

$$I_E = 2,64 mA$$

$$12 - R_c \cdot I_c - V_{CE} - R_E \cdot I_E = 0$$

$$12 - 15 \cdot 2,62 - V_{CE} - 0,1 \cdot 2,64 = 0$$

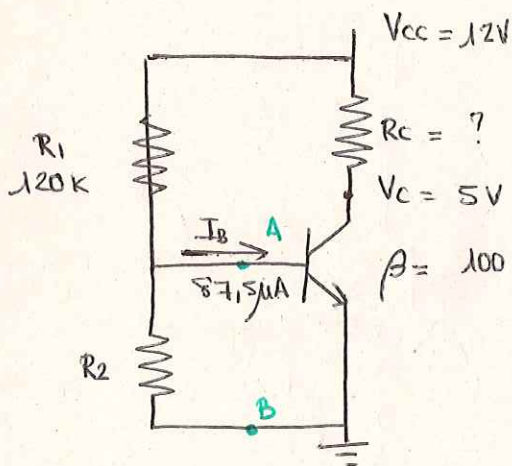
$$V_{CE} = 7,8 \text{ V}$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 7,8 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 7,1 \text{ V}$$

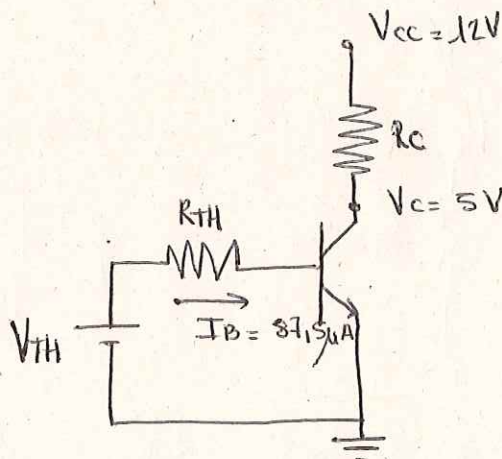
$$V_E = I_E \cdot R_E = 0,1 \cdot 2,64 = 0,264 \text{ V}$$

$$V_C = V_E + V_{CE} = 8,064 \text{ V}$$

ESERCIZIO 10



Aplico Thevenin entre los puntos A y B



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

$$R_{TH} = \frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1}$$

Suponemos que el transistor se encuentra trabajando en la ZONA ACTIVA

$$I_c = I_B \cdot \beta$$

$$V_{CE} > V_{CESAT} \approx 0,2$$

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$V_{TH} - I_B \cdot R_{TH} - 0,7 = 0$$

$$\frac{12 \cdot R_2}{120 + R_2} - 87,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{R_2 \cdot 120}{120 + R_2} = 0,7$$

$$12 \cdot R_2 - 10,5 R_2 = 84 + 0,7 R_2$$

$$0,8 R_2 = 84$$

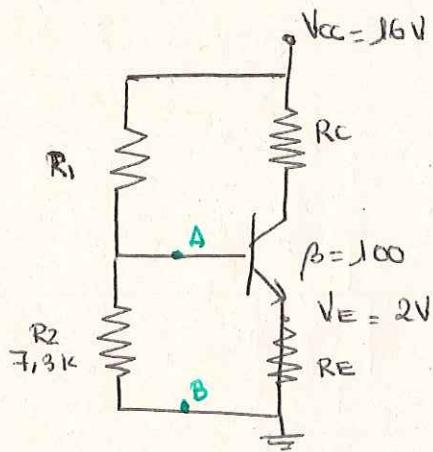
$$R_2 = 105 \text{ k}\Omega$$

$$12 - I_c R_c = 5$$

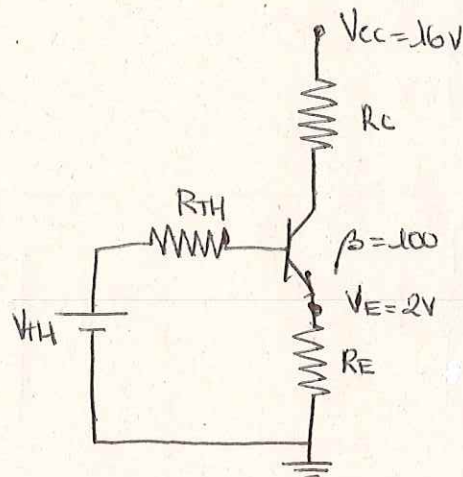
$$R_c = \frac{12 - 5}{100 \cdot 87,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_c = 0,8 \text{ k}\Omega$$

ESERCIZIO 11



Aplico Thevenin entre los puntos A y B



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

$$R_{TH} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

El transistor se encuentra en la zona activa

$$V_{CE} > V_{CE, sat} = 0,2 \text{ V}$$

$$V_{CE} = 6 \text{ V}$$

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

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{2 \text{ mA}}{\beta} = 0,02 \text{ mA}$$

$$16 - R_C \cdot \beta I_B - 6 - 2 = 0$$

$$16 - R_C \cdot 2 - 6 - 2 = 0 \rightarrow R_C = 4 \text{ k}\Omega$$

$$V_E = R_E \cdot I_E = R_E \cdot (I_B + I_C) = R_E (2 + 0,02) \rightarrow R_E = 999 \text{ k}\Omega \approx 1 \text{ k}\Omega$$

$$V_{TH} = R_{TH} \cdot I_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E$$

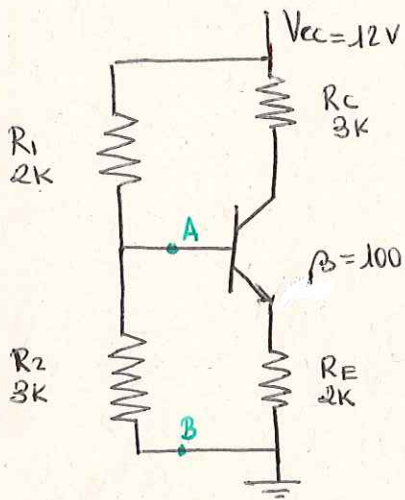
$$\frac{16 \cdot 7,3}{7,3 + R_1} = \frac{7,3 \cdot R_1}{7,3 + R_1} \cdot 0,02 + 0,7 + 2$$

$$16 \cdot 7,3 - 7,3 \cdot R_1 \cdot 0,02 = 2,7 (7,3 + R_1)$$

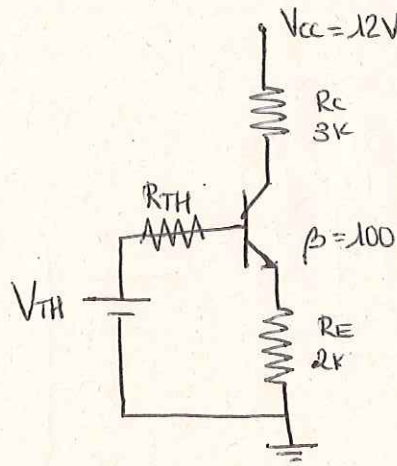
$$97,09 = 2,846 R_1$$

$$R_1 = 34,11 \text{ k}\Omega$$

EJERCICIO 12



Aplico Thevenin entre los puntos A y B



$$R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ k}\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 \cdot 3}{2 + 3} = 7,2 \text{ k}\Omega$$

Suponemos que el transistor trabaja en la zona ACTIVA

$$I_C = \beta I_B$$

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

$$V_{CE} > I_{CESAT} \approx 0,2 \text{ V}$$

$$V_{TH} - I_B \cdot 1,2 - 0,7 - 2 \cdot I_B (\beta + 1) = 0$$

$$7,2 - 0,7 = (1,2 + 2 \cdot 101) I_B$$

$$I_B = 0,032 \text{ mA}$$

$$I_C = 3,2 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C = 3,232 \text{ mA}$$

$$12 - 3,2 \cdot 3 - V_{CE} - 2 \cdot 3,232 = 0$$

$$V_{CE} = 12 - 3,2 \cdot 3 - 2 \cdot 3,232 = -4,064 < V_{CESAT} \text{ el transistor se encuentra en SATURACIÓN.}$$

EN SATURACIÓN

$$V_{CE} = 0,2 \text{ V}$$

$$V_{BE} = 0,8 \text{ V}$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = -0,6 \text{ V}$$

$$V_{CC} - R_C \cdot I_C - V_{CB} - I_B \cdot R_{TH} - V_{TH} = 0$$

$$I_E = I_C + I_B$$

$$12 - I_C \cdot 3 - 0,2 - I_E \cdot 2 = 0$$

$$7,2 - 1,2 \cdot I_B - 0,8 - 2 \cdot I_E = 0$$

} 3 Ecuaciones, 3 incógnitas
Resuelvo el sistema.

$$12 - I_C \cdot 3 - 0,2 = 7,2 - 1,2 I_B - 0,8$$

$$5,4 - 3 I_C = -1,2 I_B$$

$$\boxed{-4,5 + 2,5 I_C = I_B}$$

$$\boxed{I_E = -4,5 + 3,5 I_C}$$

$$12 - 3 I_C - 0,2 + 9 - 7 I_C = 0$$

$$I_C = 2,08 \text{ mA}$$

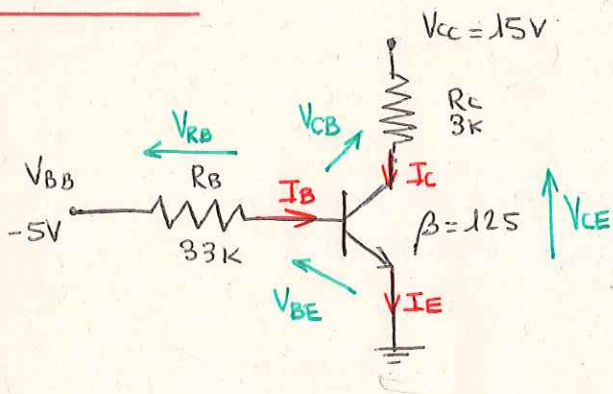
$$I_B = 0,7 \text{ mA}$$

$$I_E = 2,78 \text{ mA}$$

$$V_C = V_E + V_{CE} = 5,56 \text{ V} + 0,2 = 5,76 \text{ V}$$

$$V_E = R_E \cdot I_E = 5,56 \text{ V}$$

EJERCICIO 13



Suponemos que el transistor se encuentra trabajando en la ZONA ACTIVA.

$$I_C = \beta I_B$$

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

$$V_{CE} > V_{CSAT} \approx 0,2V$$

V_{BE} es negativo \Rightarrow Estamos en corte.

$$I_C = 0$$

$$V_{BE} = -5V$$

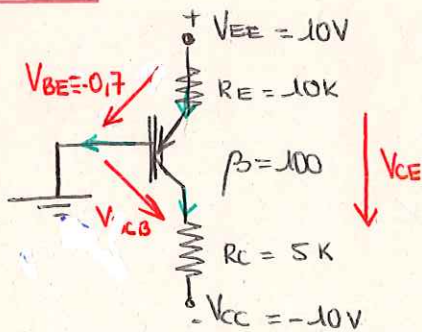
$$I_B = 0$$

$$V_{CE} = 15V$$

$$I_E = 0$$

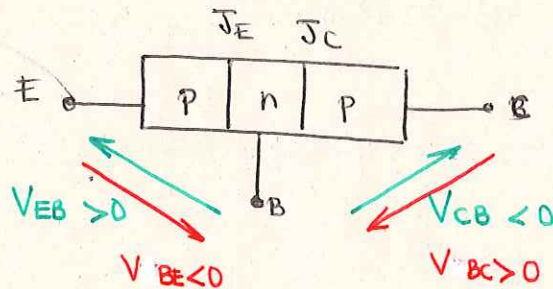
$$V_{CE} - V_{BE} = V_B = 15 - (-5) = 20V$$

EJERCICIO 14



Transistor pnp

Cuando estamos en la zona Activa en un transistor pnp



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

$$10 - I_E \cdot 10 + (-0,7) = 0$$

$$\frac{9,3}{10} = I_E = 0,93 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B (\beta + 1) = I_B \cdot 101 \rightarrow I_B = 0,0092 \text{ mA}$$

$$I_C = 0,92 \text{ mA}$$

$$10 - 10 \cdot 0,93 + V_{CE} - 5 \cdot 0,92 - (-10) = 0$$

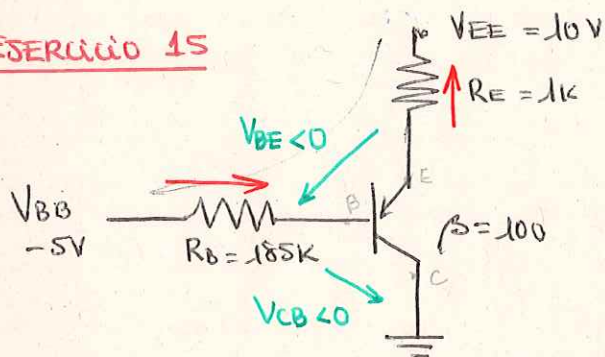
$$V_{CE} = -6,1 V$$

$$V_C = -10 + 5 \cdot 0,92 = -5,4 V$$

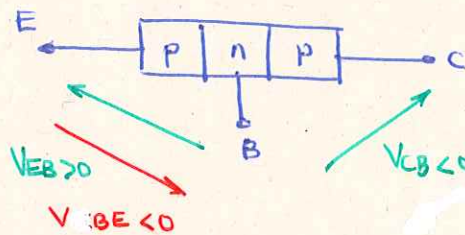
$$V_E = -5,4 + 6,1 = 0,7V$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = -6,1 - (-0,7) = -5,4V$$

ESERCIZIO 15



Se trata de un transistor pnp en la zona activa



Si suponemos que el transistor se encuentra trabajando en la zona activa

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

$$-10V - 101 \cdot I_B \cdot 1 - (-0,7) - I_B \cdot 185 - (-5) = 0$$

$$I_B = 0,055 \text{ mA}$$

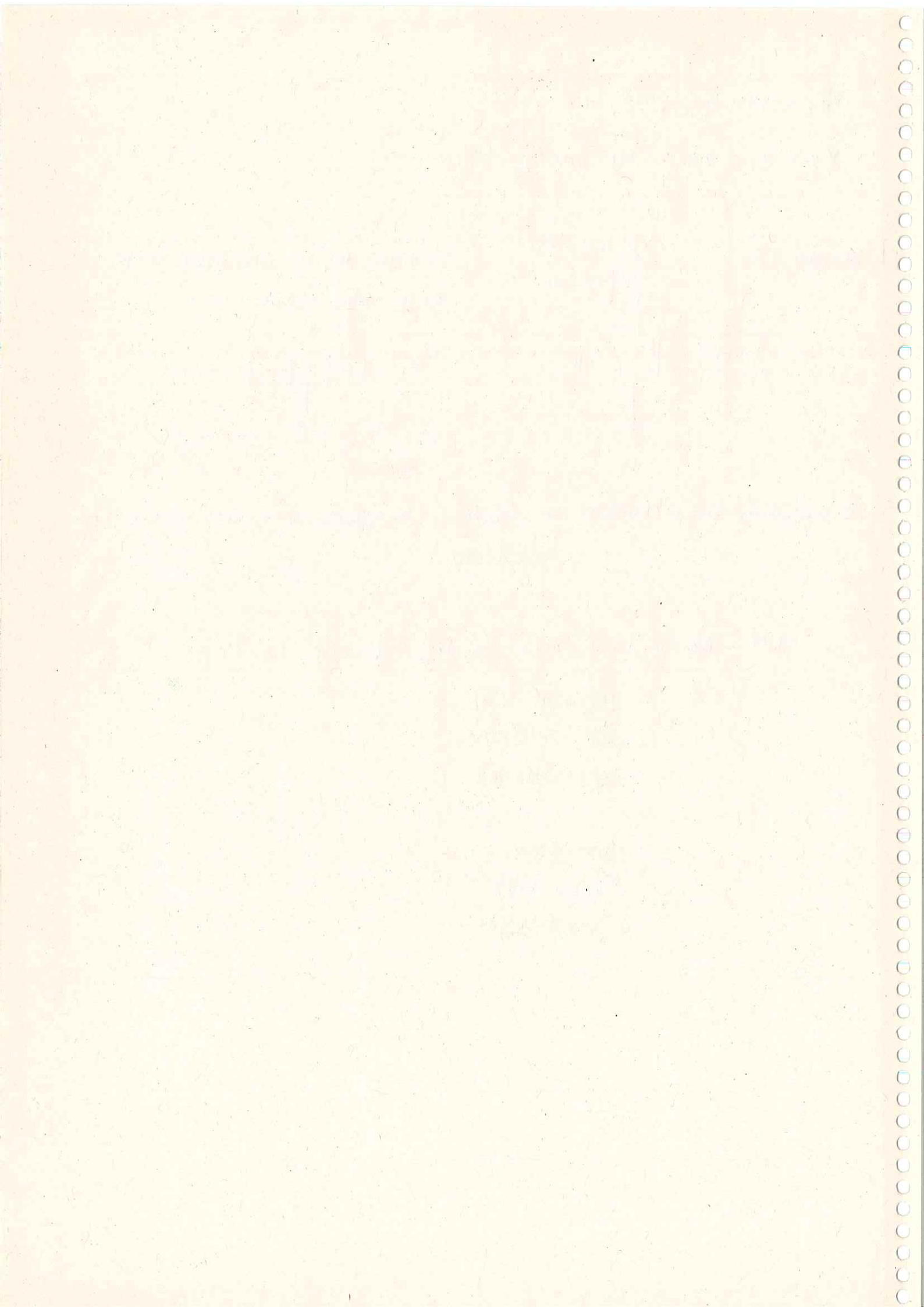
$$I_C = 5,45 \text{ mA}$$

$$I_E = 5,54 \text{ mA}$$

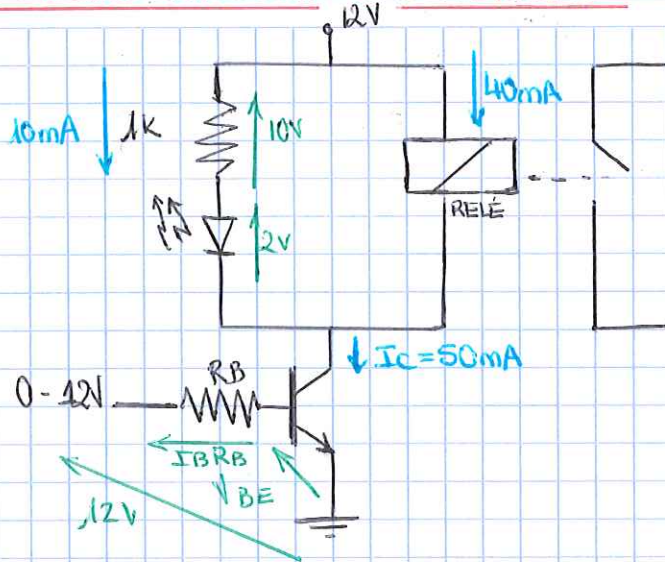
$$V_{CE} = -5V$$

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

$$V_{CB} = -4,3V$$



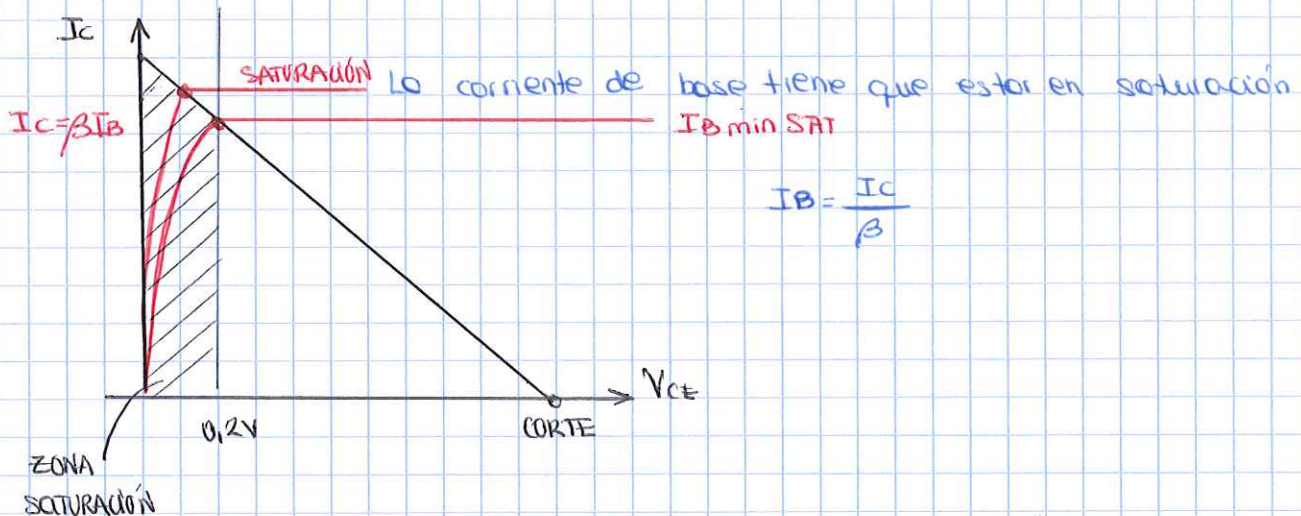
UTILIZAR TRANSISTOR COMO INTERRUPTOR



Utilizando un transistor como interruptor alimento de corriente al circuito.

Calcular la R_B necesaria para sacar la corriente. ¿Cómo? Tengo que saber que corriente sale al circuito.

El relé necesita una cierta corriente para empezar el funcionamiento. En el que usamos en lo práctico el fabricante específico que son necesarios 40mA para poner en funcionamiento el Relé.



¿Cuál es el β del transistor? $100 \leq \beta \leq 800$

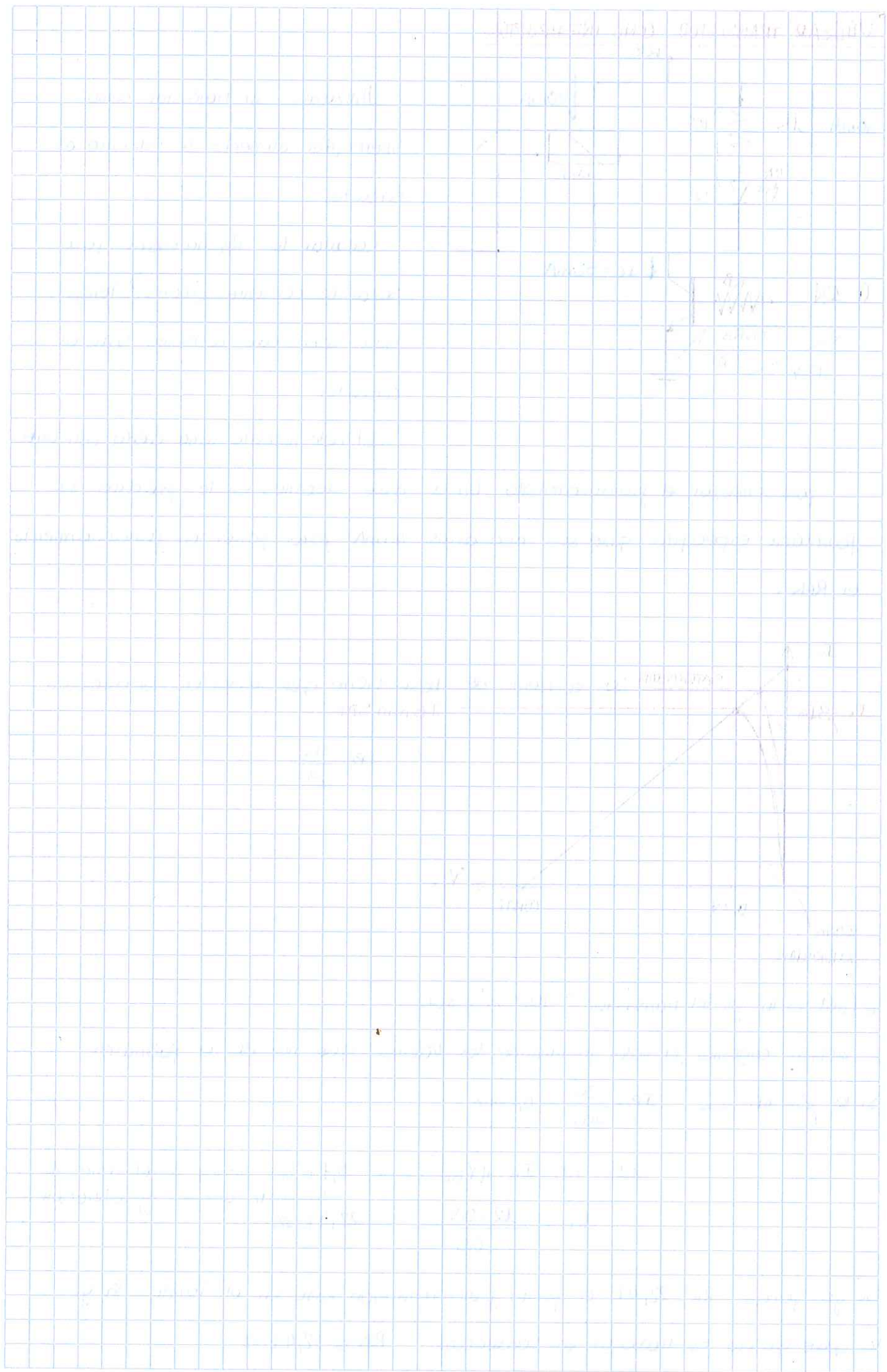
Siempre cogemos el valor mínimo de los valores que nos da el fabricante.

Si el $\beta = 100 \rightarrow I_B = \frac{50}{100} = 0,5 \text{ mA}$

$12 = R_B \cdot I_B + V_{BE} \rightarrow 0,7 \text{ o } 0,8$ estoy en el límite de la zona activa y saturación

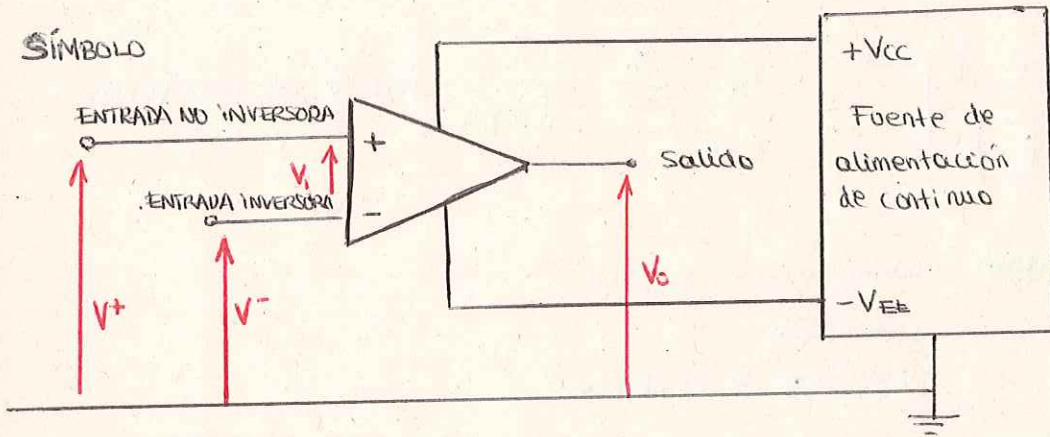
$R_B = \frac{12 - 0,8}{0,5} = 22,4 \text{ k}\Omega$

Si yo pongo $R_B = 22,4 \text{ k}\Omega$ el punto funcionamiento está en el límite. Si yo lo que quiero es trabajar en saturación $R_B \leq 22,4 \text{ k}\Omega$



TEMA 3: AMPLIFICADOR OPERACIONAL

SÍMBOLO



Necesitamos alimentar al circuito.

$$V_i = V^+ - V^-$$

$$A = \frac{V_o}{V_i} \text{ ganancia del amplificador}$$

$$V_o = A \cdot V_i = A (V^+ - V^-)$$

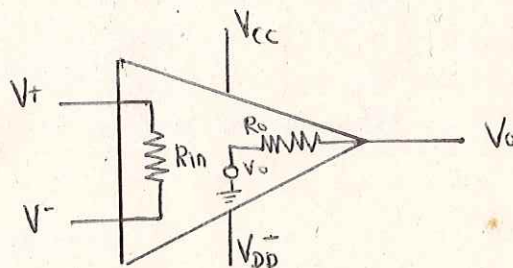
ENTRADA NO INVERSORA

si $V^+ = \text{cte}$ $\left\{ \begin{array}{l} V^- \uparrow \Rightarrow V_o \downarrow \\ V^- \downarrow \Rightarrow V_o \uparrow \end{array} \right.$

ENTRADA INVERSORA

si $V^- = \text{cte}$ $\left\{ \begin{array}{l} V^+ \uparrow \Rightarrow V_o \uparrow \\ V^+ \downarrow \Rightarrow V_o \downarrow \end{array} \right.$

Amplificador de tensión



En un amplificador de tensión

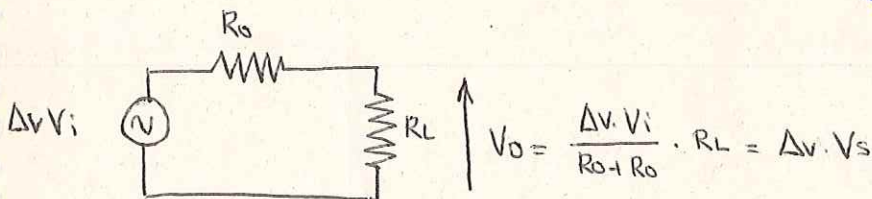
interesa una baja R_o

Alta R_i

Alta A_v

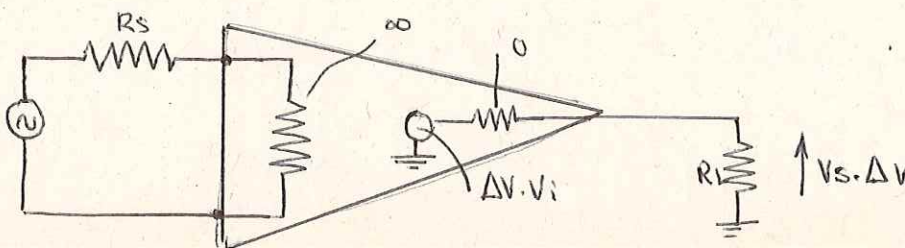


En un amplificador operacional esto se cumple a la perfección.



Situación ideal

$$V_i = V_s$$

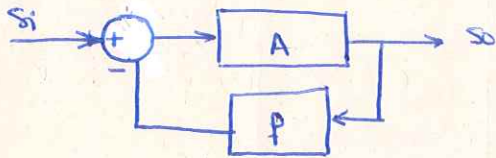


Amplificador no realimentado



$$A = \frac{S_o}{S_i}$$

Amplificador realimentado



$$A_f = \frac{S_o}{S_i} = \frac{A}{1 + fA} \quad \text{función de transferencia}$$

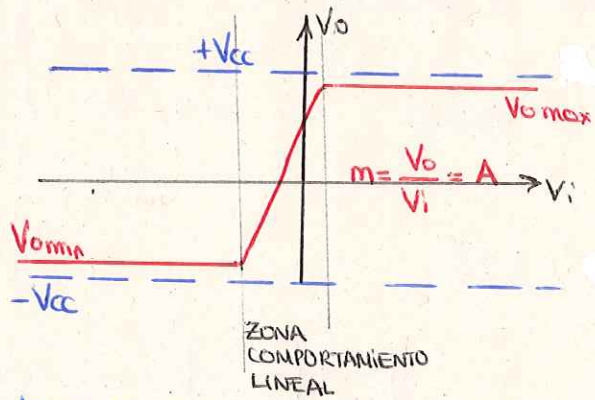
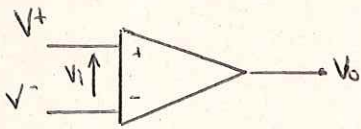
Si $A_f > 0$ realimentación negativa

Estabiliza
Disminuye la ganancia

Si $A_f < 0$ realimentación positiva

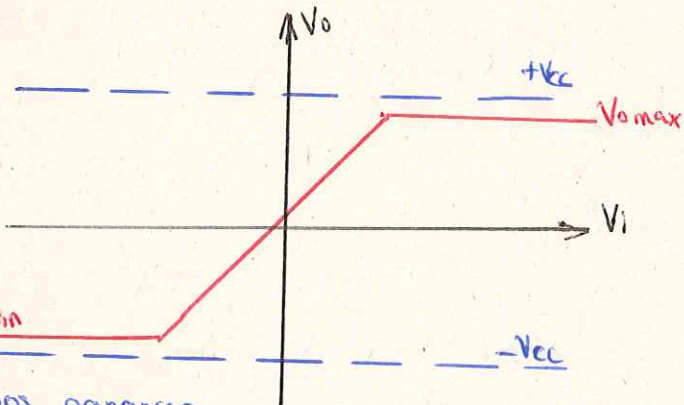
Inestabiliza
Aumenta la ganancia.

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

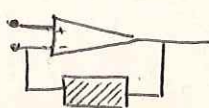


La curva no pasa por 0 \Rightarrow Tensión de Voffset.

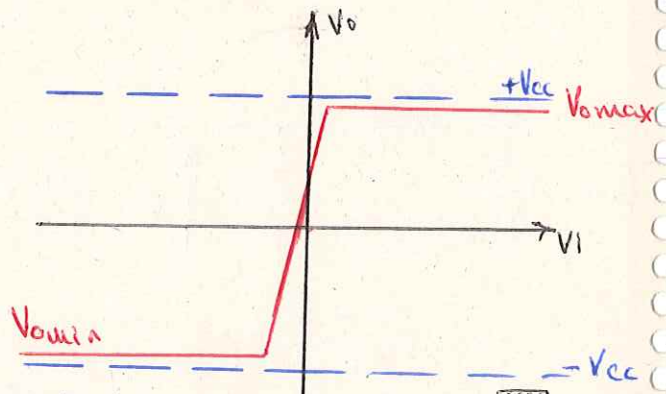
Realimentación negativa



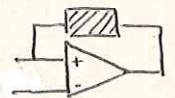
Menos ganancia.
Tenemos una zona de trabajo mucho más grande para obtener Vo en función de Vi.



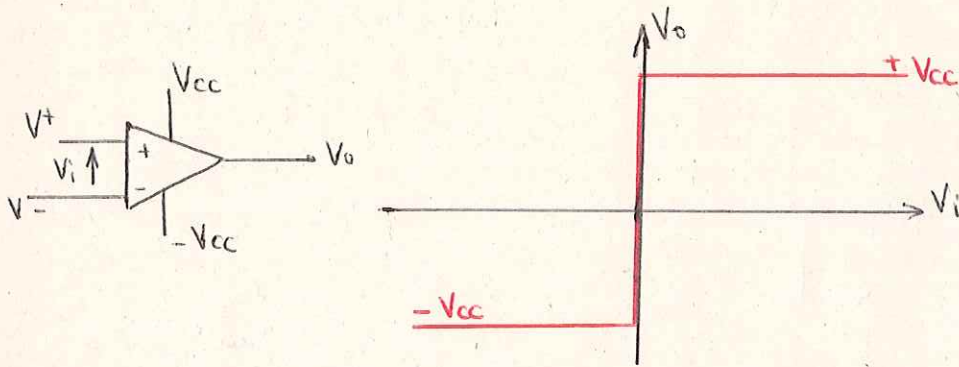
Realimentación positiva



Aumenta la ganancia.
No podemos trabajar en la zona de régimen lineal.



AMPLIFICADOR OPERACIONAL IDEAL



Impedancia infinita (entrada) $R_i = \infty$

Impedancia nula (salida) $R_o = 0$

Ganancia diferencial infinita $A_v = \infty \Rightarrow \left(\frac{V_o}{V_i} = \infty \right)$

Margen dinámico $\pm V_{cc}$

CNRR : Common Mode Rejection Ratio = $\frac{G_d}{G_c} = \frac{\text{ganancia diferencial}}{\text{ganancia modo común}} = \infty$

Anchura de banda infinito

Tensión offset nula.

Ruido nulo

tiempo. conmutación nulo

Corrientes polarización nulas.

$$V_o = G_d \cdot V_d + G_c \cdot V_c$$

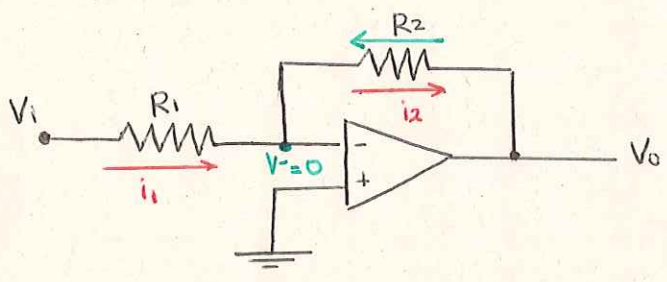
$$V_d = V^+ - V^-$$

$$V_c = \frac{V^+ + V^-}{2}$$

CIRCUITOS EN RÉGIMEN LINEAL

(Aprender cada tipo)

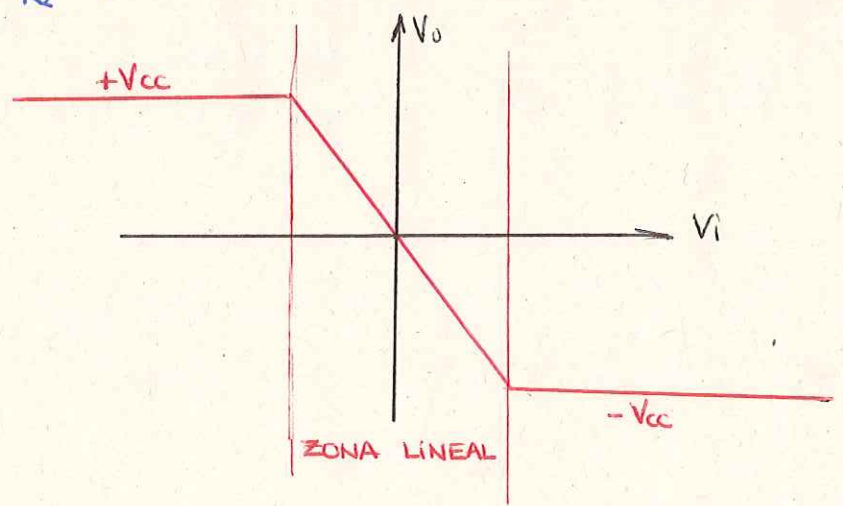
AMPLIFICADOR DE TENSIÓN INVERSOR



Aplicamos cortocircuito virtual: situamos los dos terminales a la misma tensión
 Impedancia de entrada $\infty \Rightarrow$ No hay corriente de entrada

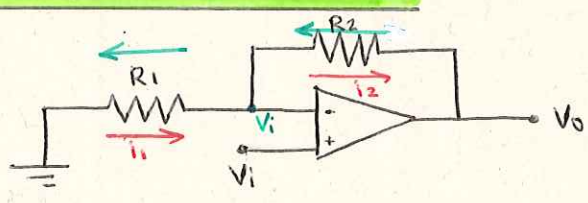
$$\begin{cases} i_1 = i_2 \\ V^+ = V^- \rightarrow V^- = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_1 = \frac{V_i}{R_1} \\ i_2 = \frac{-V_o}{R_2} \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{V_i}{R_1} = -\frac{V_o}{R_2} \end{array} \right. \quad \boxed{V_o = -\frac{V_i R_2}{R_1}}$$



AMPLIFICADOR DE TENSIÓN NO INVERSOR

izda-dcha
 \rightarrow

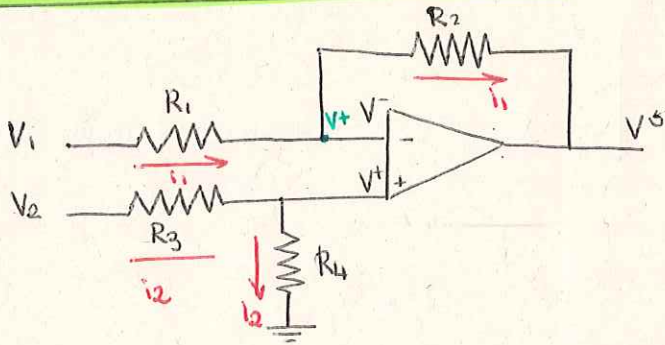


Aplico cortocircuito virtual
 $V^- = V^+ \Rightarrow V^- = V_i$
 Impedancia de entrada infinita.

$$\begin{cases} i_1 = \frac{0 - V_i}{R_1} = -\frac{V_i}{R_1} \\ i_2 = \frac{V_i - V_o}{R_2} \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} i_1 = i_2 \Rightarrow -\frac{V_i}{R_1} = \frac{V_i - V_o}{R_2} \Rightarrow -V_i R_2 = V_i R_1 - V_o R_1 \\ i_1 = i_2 \end{array} \right. \quad \boxed{V_o = \frac{V_i (R_1 + R_2)}{R_1}}$$

↑ nota

AMPLIFICADOR DE TENSION DIFERENCIAL



Aplicamos cortocircuito virtual

$$V^+ = V^-$$

Impedancia entrada infinito

$$I_B^+ = I_B^- = 0$$

$$V^+ = i_2 \cdot R_4$$

$$i_2 = \frac{V_2 - V^+}{R_3} = \frac{V_2 - i_2 \cdot R_4}{R_3} \Rightarrow i_2 \cdot R_3 + i_2 \cdot R_4 = V_2$$

$$i_2 = \frac{V_2}{R_3 + R_4} \Rightarrow V^+ = \frac{V_2}{R_3 + R_4} \cdot R_4$$

$$i_1 = \frac{V_1 - V^+}{R_1} = \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{R_1}$$

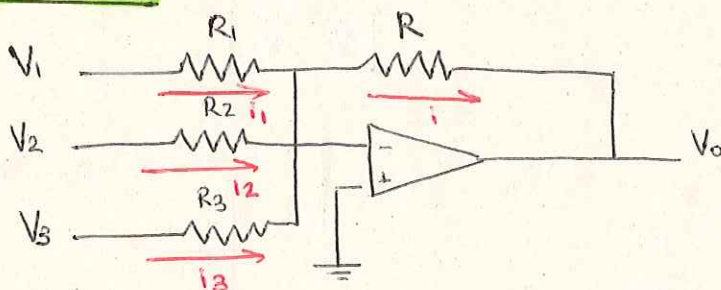
$$i_1 = \frac{V^+ - V_0}{R_2}$$

$$(V_1 - V^+) R_2 = (V^+ - V_0) R_2$$

$$R_2 V_1 + V_0 R_1 = V^+ (R_1 + R_2) = \frac{V_2}{R_3 + R_4} \cdot R_4 (R_1 + R_2)$$

$$V_0 = \frac{V_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{R_1} (R_1 + R_2) - \frac{R_2}{R_1} V_1$$

SUMADOR INVERSOR



Cortocircuito virtual

$$V^+ = V^- \Rightarrow V^- = 0$$

Impedancia entrada infinito.

$$I_B^+ = I_B^- = 0$$

$$i_1 = \frac{V_1}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

$$i = \frac{-V_0}{R}$$

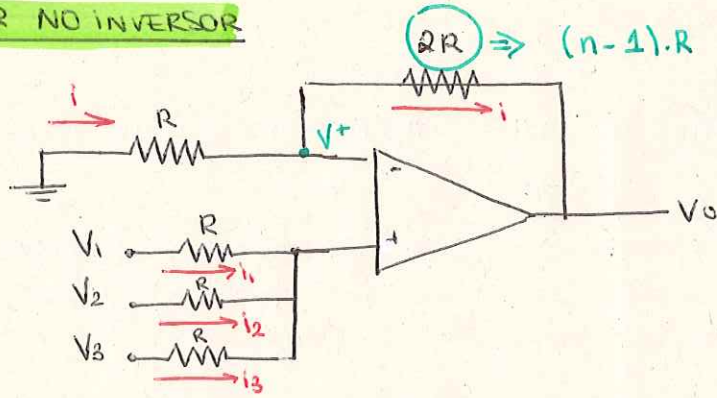
$$i = i_1 + i_2 + i_3 \Rightarrow$$

$$-\frac{V_0}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}$$

$$V_0 = - \left(\frac{R}{R_1} V_1 + \frac{R}{R_2} V_2 + \frac{R}{R_3} V_3 \right)$$

La tensión de salida es una combinación lineal de las tensiones de entrada.

SUMADOR NO INVERSOR



Aplico cortocircuito virtual
 $V^+ = V^-$
 Impedancia entrada infinita
 $I_B^+ = I_B^- = 0$

$n = \text{número de entradas}$

$$i_1 = \frac{V_1 - V^+}{R}$$

$$i_2 = \frac{V_2 - V^+}{R}$$

$$i_3 = \frac{V_3 - V^+}{R}$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 = \frac{V_1 - V^+}{R} + \frac{V_2 - V^+}{R} + \frac{V_3 - V^+}{R}$$

$$3V^+ = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V^+ = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

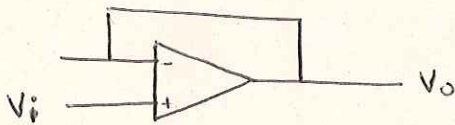
$$i = \frac{V^+ - V_0}{2R}$$

$$i = \frac{0 - V^+}{R}$$

$$\frac{V^+ - V_0}{2R} = -\frac{V^+}{R} \Rightarrow 3V^+ = V_0$$

$$V_0 = V_1 + V_2 + V_3$$

SEGUIDOR DE TENSIÓN

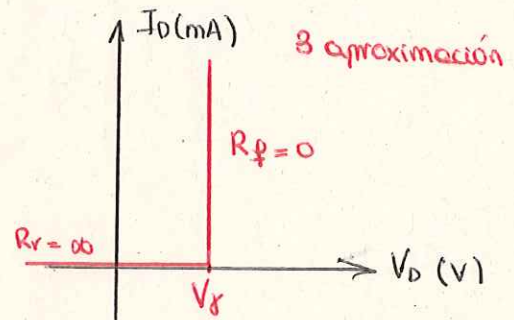
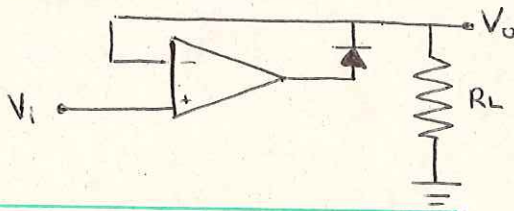


Aplico cortocircuito virtual

$$V^+ = V^-$$

$$V_0 = V_i$$

DIODO DE PRECISIÓN



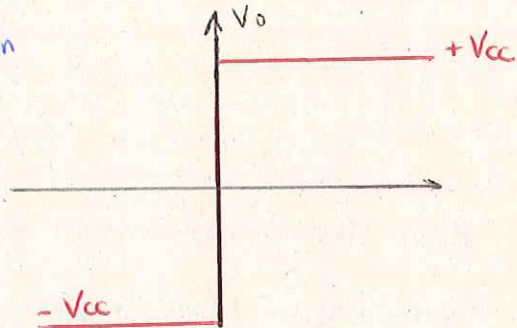
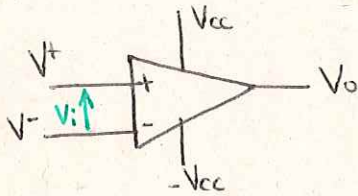
Diodo en corte: $V_i \leq 0 \Rightarrow V_0 = 0$

Diodo en conducción: $V_i \geq 0 \Rightarrow V_0 = V_i$

CIRCUITOS EN RÉGIMEN NO LINEAL

COMPARADOR

Se trata de un circuito sin realimentación



Compara las dos tensiones de la entrada.

$$V_o = \begin{cases} +V_{cc} \\ -V_{cc} \end{cases}$$

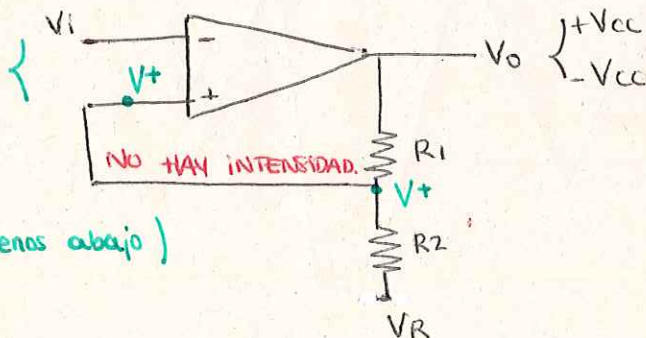
V_o puede tomar dos valores o $+V_{cc}$ o $-V_{cc}$

Si $V_i > 0 \quad V^+ > V^- \Rightarrow V_o = +V_{cc}$

Si $V_i < 0 \quad V^+ < V^- \Rightarrow V_o = -V_{cc}$

DISPARADOR (TRIGGER) DE SCHMITT

Compara ambas



(Arriba menos abajo)

Si $V_i < V^+ \Rightarrow V_o = +V_{cc}$

Si $V_i > V^+ \Rightarrow V_o = -V_{cc}$

Si $V_o = +V_{cc} \Rightarrow V_i$

Si $V_o = -V_{cc} \Rightarrow V_2$

$$\frac{V^+ - V_R}{R_2} = i$$

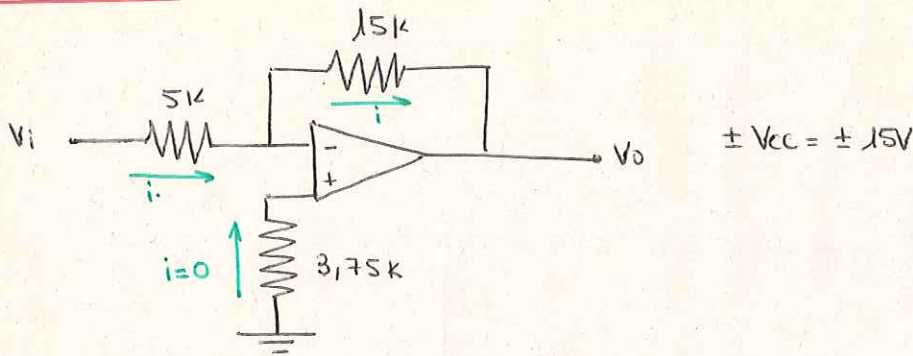
$$\frac{V_o - V^+}{R_1} = i$$

$$R_1(V^+ - V_R) = R_2(V_o - V^+)$$

$$V^+(R_1 + R_2) = R_1 V_R + R_2 V_o$$

$$V^+ = \frac{R_1 V_R + R_2 V_o}{R_1 + R_2}$$

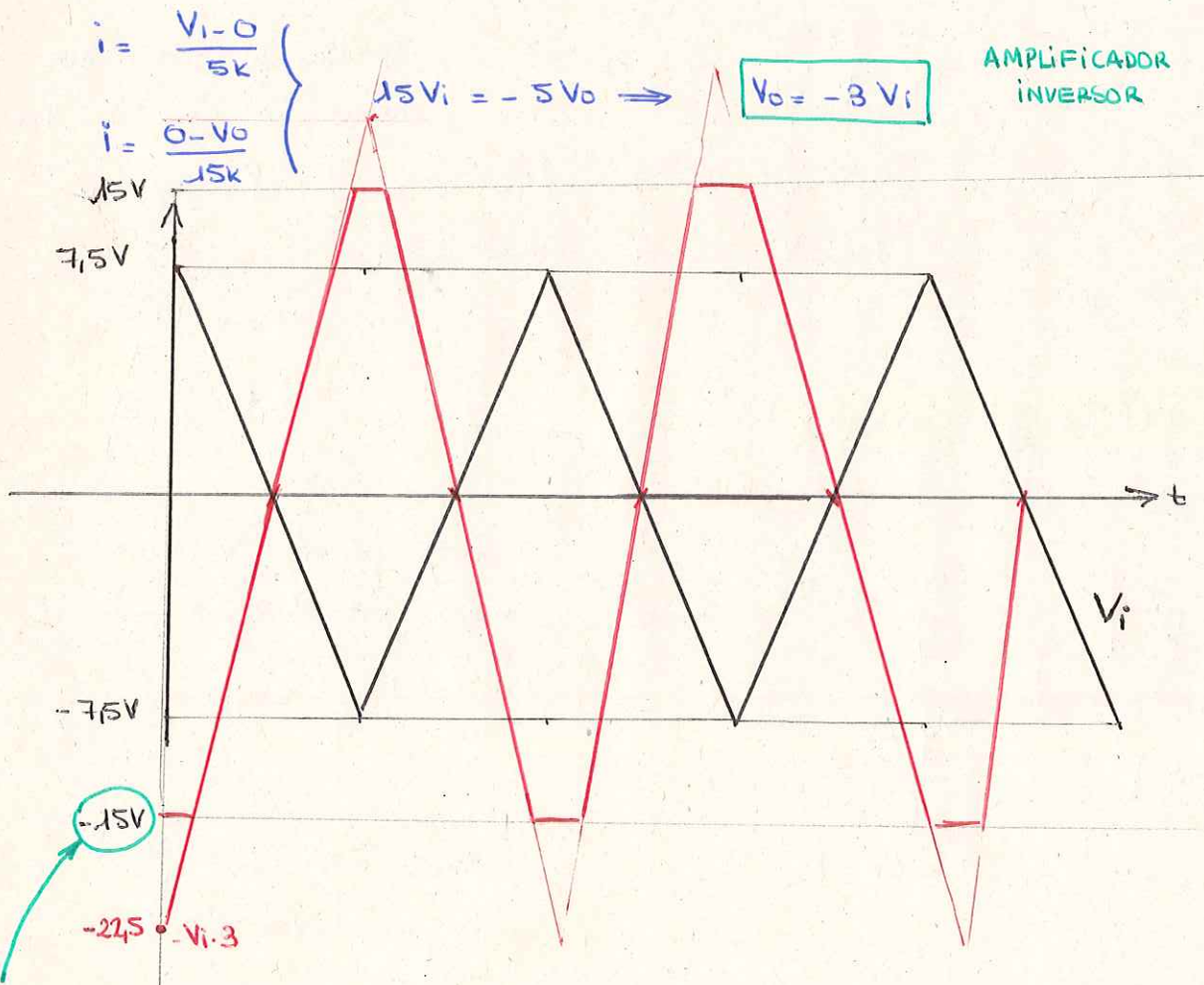
ESERCICIO 3



Régimen lineal: Aplico cortocircuito virtual $\Rightarrow V^+ = V^-$

Impedancia entrada infinita $\Rightarrow I_B^- = I_B^+ = 0$.

$$V^+ = 0 \Rightarrow V^- = 0$$

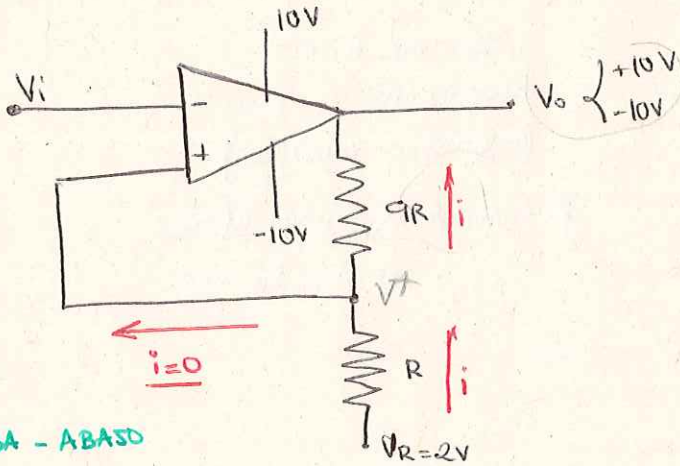


No puedo amplificar más de lo que me dan por eso se recorta en 15 y no puedo llegar a los 22,5 que tendríamos.

Los picos son al revés por ser inversora $(-3V_i)$

Cuando $V_i = 7,5V$ nuestra señal V_o amplificado zero $-22,5V$ (no puede ser porque se corta en 15V)

EJERCICIO 1



ARRIBA - ABAJO

Régimen no lineal realimentación positivo, disparador.

Condición impedancias entrada infinita

$$I_B^+ = I_B^- = 0$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{V_o - V^+}{9R} &= i \\ \frac{V^+ - V_R}{R} &= i \end{aligned} \right\}$$

$$V_o \cdot R - V^+ \cdot R = V^+ \cdot 9R - 2V \cdot 9R$$

$$V_o = V^+ \cdot 10 - 2 \cdot 9 = V^+ \cdot 10 - 18$$

$$V^+ = \frac{V_o + 18}{10}$$

si $V_o = 10 \Rightarrow V^+ = 2,8$

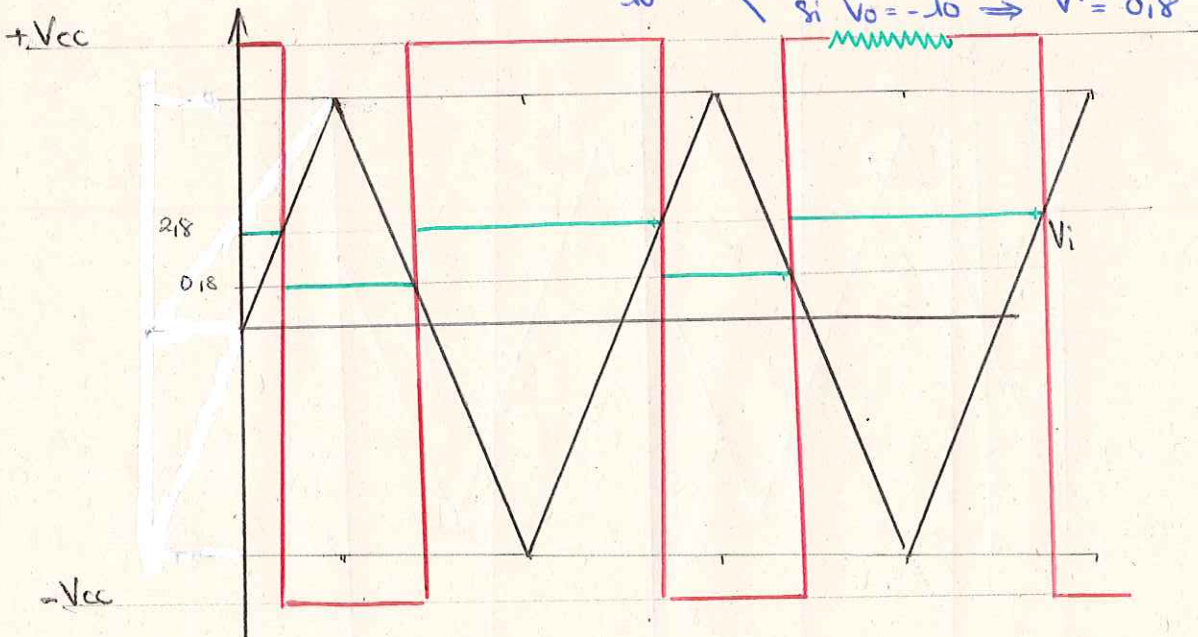
si $V_o = -10 \Rightarrow V^+ = 0,8$

$V^+ < V_i \Rightarrow V_o = -V_{cc}$

$V^+ = 0,8$

$V^+ > V_i \Rightarrow V_o = +V_{cc}$

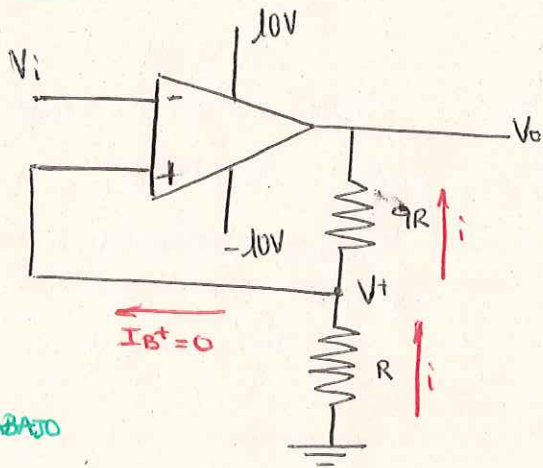
$V^+ = 2,8$



$V_i > V^+ \Rightarrow V_o = -V_{cc} \Rightarrow V^+ = 0,8 V$

$V_i < V^+ \Rightarrow V_o = +V_{cc} \Rightarrow V^+ = 2,8 V$

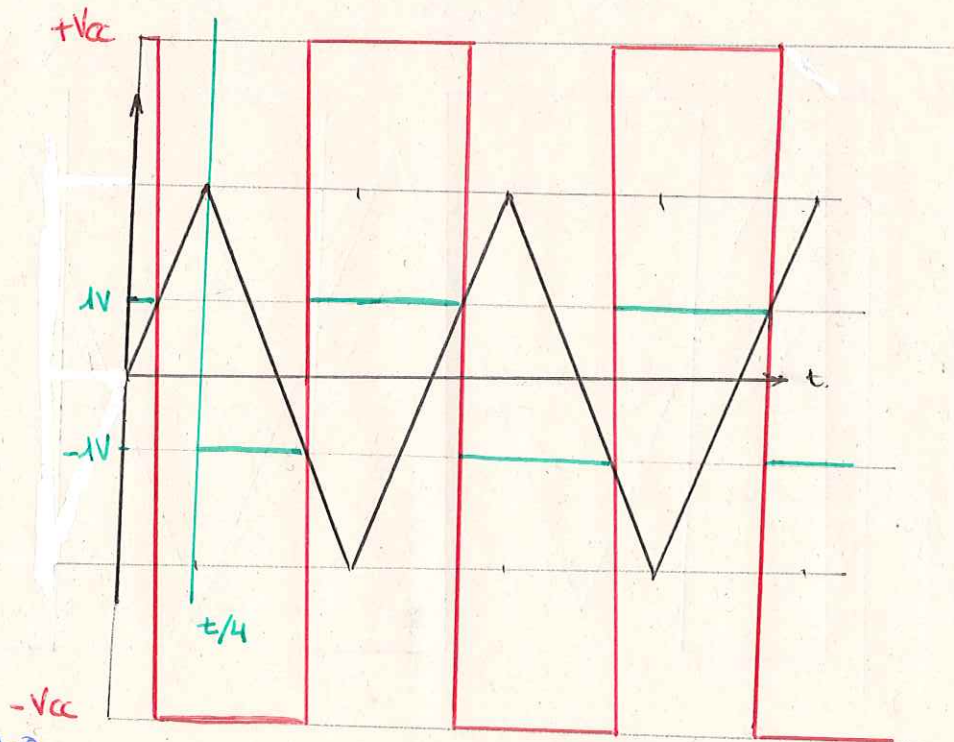
EJERCICIO 2



Circuito no lineal
 Realimentación positiva
 Disparador (Trigger).
 Resistencia entrada infinito
 $I_B^+ = I_B^- = 0$

ARRIBA - ABAJO

$$\left. \begin{aligned} \frac{V_o - V^+}{9R} &= i \\ \frac{V^+ - 0}{R} &= i \end{aligned} \right\} \begin{aligned} V_o R - V^+ R &= V^+ 9R \rightarrow V^+ = \frac{V_o}{10} \end{aligned} \begin{cases} \text{Si } V_o = +V_{cc} \Rightarrow V^+ = 1 \\ \text{Si } V_o = -V_{cc} \Rightarrow V^+ = -1 \end{cases}$$



En el instante $t=0$

La salida V_o puede ser $+V_{cc}$ o $-V_{cc}$ ($+1$ o -1) pero no estoy seguro de cual de los dos.

¿Que hago? Me voy a otro punto (un pico) en el que puedo avanzar

por ejemplo en $t/4$

$V_i > V^+ \Rightarrow$ Relleno el principio por simetría

$$V_i > V^+ \quad V_o = -V_{cc} \Rightarrow V_o = -V_{cc} \Rightarrow V^+ = -1V$$

$$V_i < V^+ \quad V_o = +V_{cc} \Rightarrow V_o = +V_{cc} \Rightarrow V^+ = 1V$$

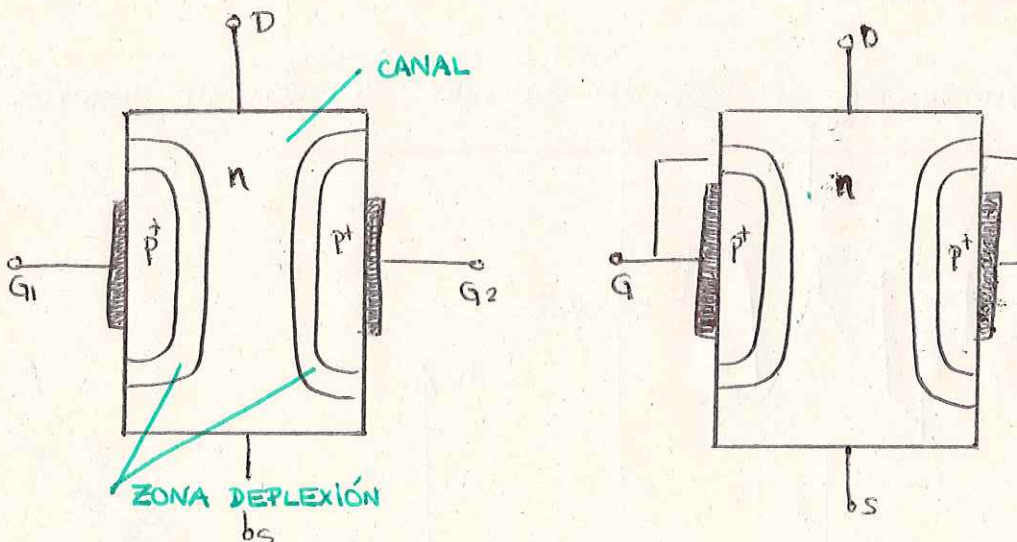
TEMA 4: FETs

COMPARACIÓN FET BJT

- | FET
mm | BJT
mm |
|---|------------------------------|
| • Controlado por tensión | • Controlado por corriente |
| • Canal n y canal p | • npn pnp |
| • Unipolar | • Bipolar |
| • Mayor estabilidad frente a la Temperatura | |
| • MOSFET más pequeños | • Similar al tamaño del JFET |
| • Se pueden conectar como R y C | |

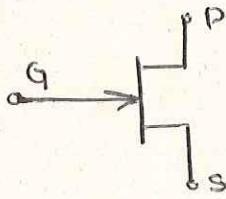
TRANSISTORES DE UNIÓN DE EFECTO CAMPO

JFET

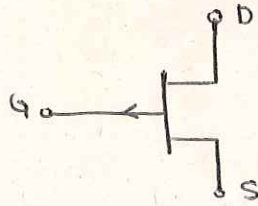


- D: DRENADOR Terminal por el que salen los portadores
- S: FUENTE Terminal por el que entran los portadores
- G: PUERTA Controla la corriente de los portadores

Símbolos

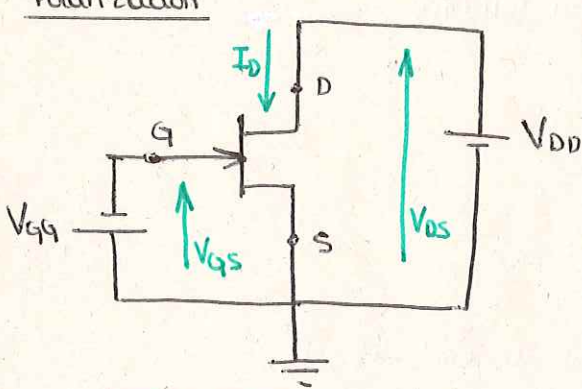


Canal n

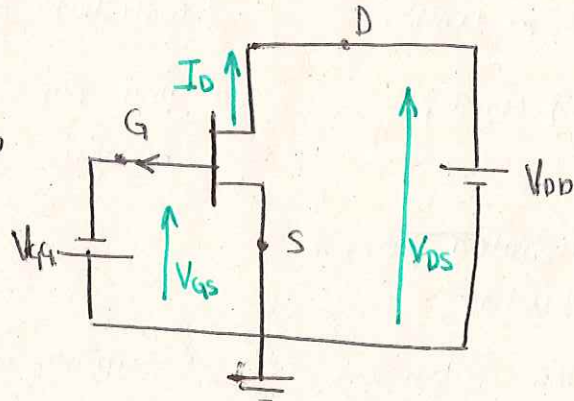


Canal p

Polarización



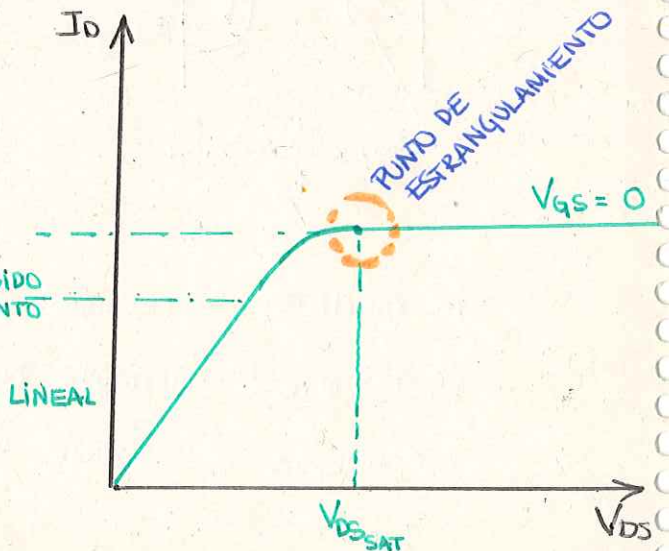
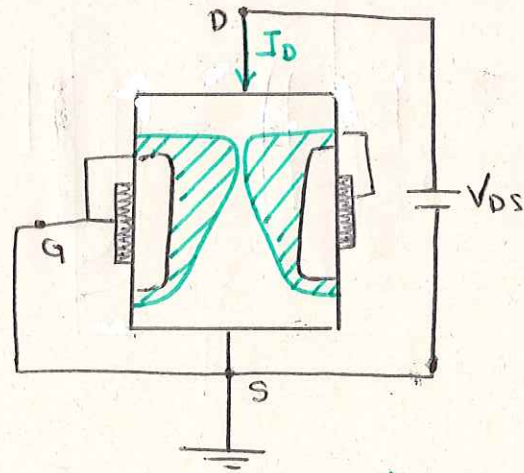
V_{ds} positiva
 V_{gs} negativa
 I_D positiva (entrante)



V_{ds} negativa
 V_{gs} positiva
 I_D negativa (saliente)

Influencia de V_{ds}

- El canal se estrecha más del lado del drenador; la zona de deplexión aumenta.

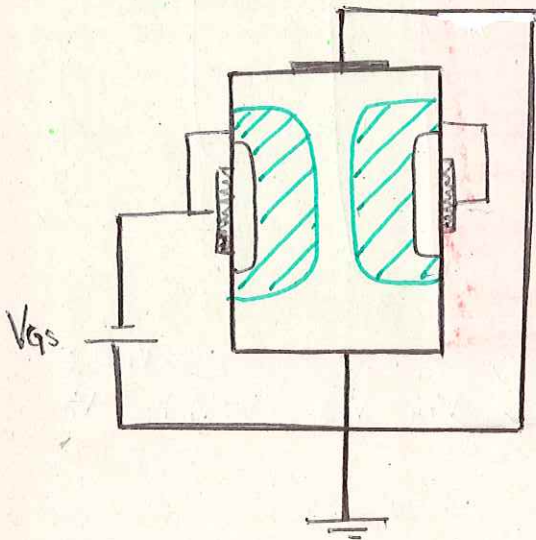


CAIDA DE PENDIENTE DEBIDO AL ESTRECHAMIENTO DEL CANAL

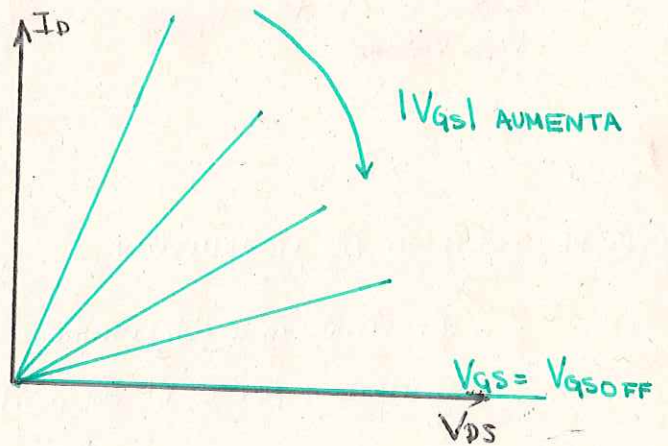
V_{DSAT} : Se da justo cuando ambas zonas de deplexión se juntan.

Influencia V_{GS}

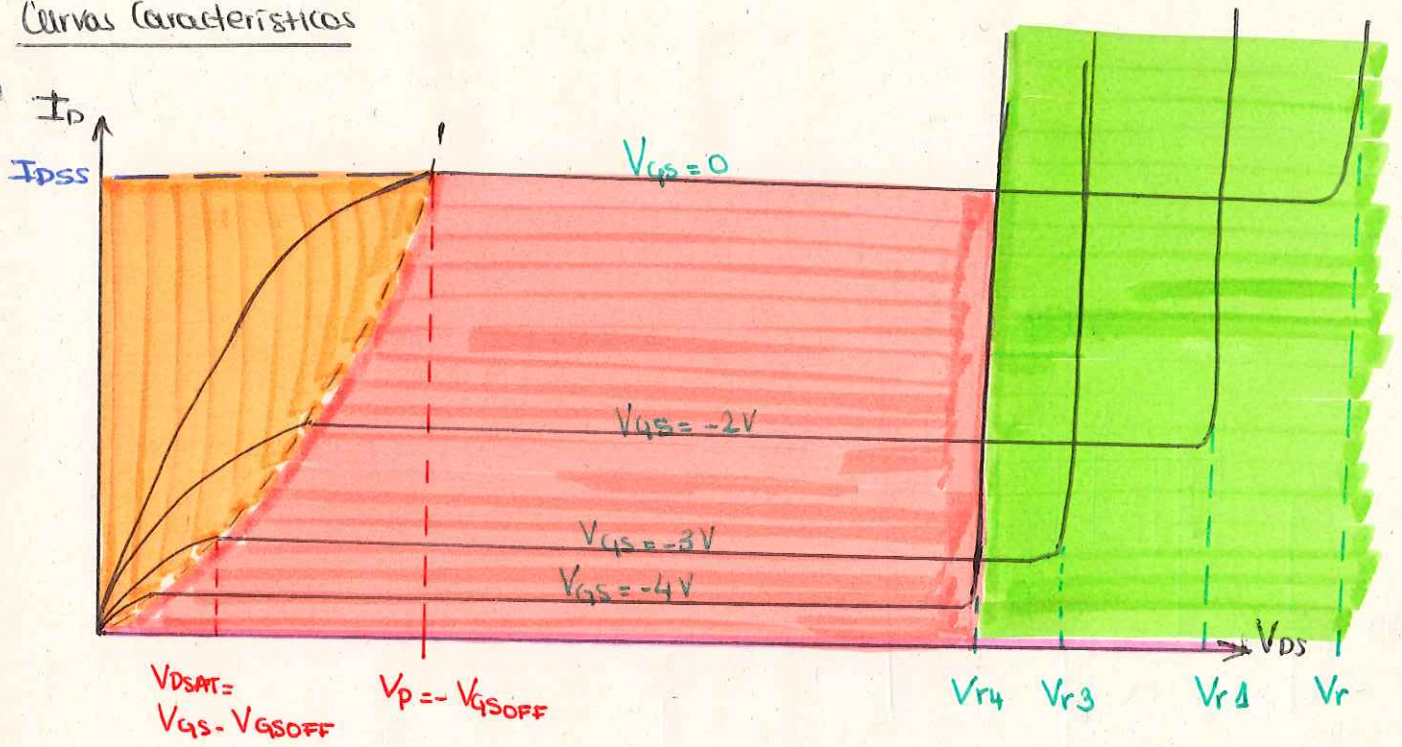
• Con V_{GS} se modula la anchura del canal.



• Cuando $V_{GS} = V_{GS\text{OFF}}$ se produce la estrangulación total del canal con independencia de la tensión V_{DS} aplicada.



Curvas Características



ZONA DE CORTE O NO CONDUCCIÓN

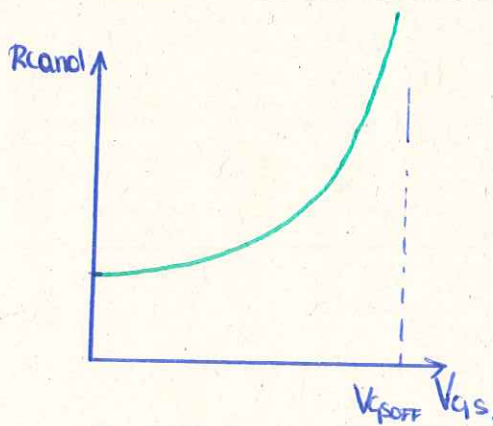
$$V_{GS} \leq V_{GS\text{OFF}}$$

El canal está completamente cerrado, por lo que no hay ninguna corriente por el dispositivo.

ZONA OHMICA O DE NO SATURACIÓN

$$V_{DS} \leq V_{DSAT} = V_{GS} - V_{GS\text{OFF}}$$

Cuando $V_{GS} = V_{GS\text{OFF}}$ la resistencia del canal es infinita, no circula corriente



ZONA DE SATURACIÓN O DE CORRIENTE CONSTANTE

$$V_{DS} \geq V_{DSAT} = V_{GS} - V_{GS\text{OFF}}$$

I_D es independiente de la tensión V_{DS}

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

APRENDER

ZONA DE RUPTURA $V_{DQ} \gg V_r$

El JFET se rompe cuando en la unión pn hacia la zona del drenador se supera el valor de la tensión inverso máximo V_r

$$V_{DS} = V_{DQ} + V_{GS}$$

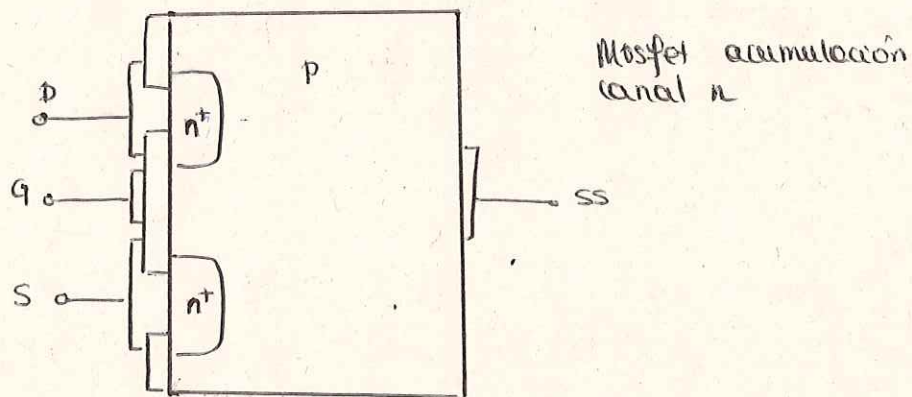
$$V_{DS_{\text{captura}}} = V_r + V_{GS}$$

MOSFET Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

Hay dos grandes tipos de MOSFET

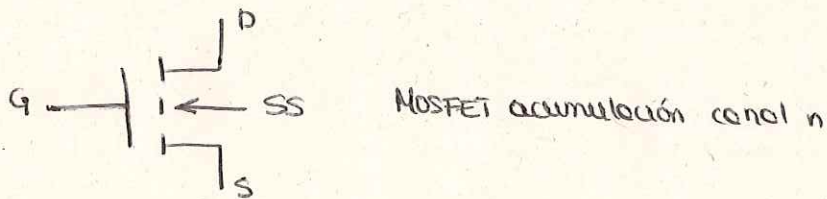
- MOSFET de acumulación o enriquecimiento
- MOSFET de depleción o empobrecimiento

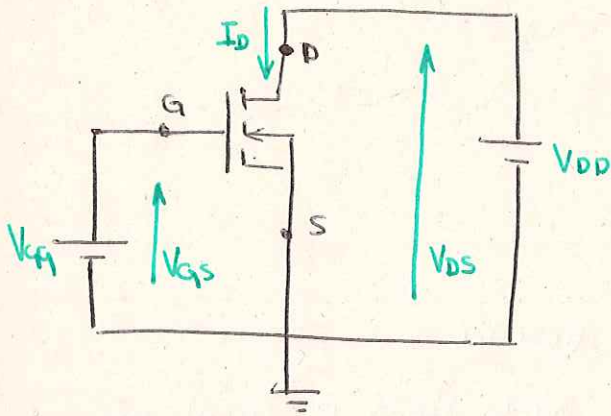
MOSFET DE ACUMULACIÓN



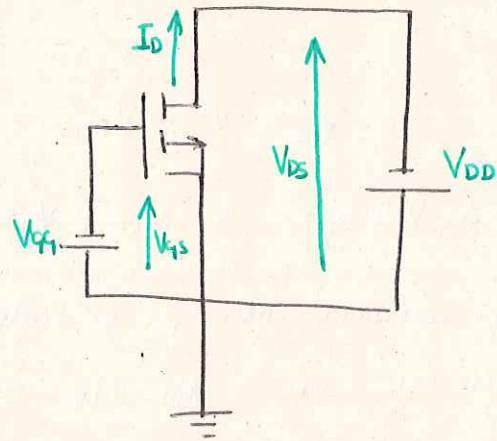
Lo puerta está aislado electricamente del dispositivo

No hay conexión eléctrica entre la puerta y el sustrato





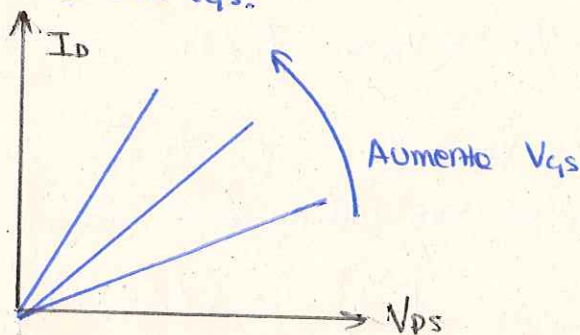
V_{DS} positivo
 V_{GS} positivo
 I_D positivo (entrante)



V_{DS} negativo
 V_{GS} negativo
 I_D negativa (saliente)

Influencia de V_{GS}

- Si $V_{GS} = 0$ al aplicar una tensión V_{DS} no circula "ninguna" corriente
 - Si $V_{GS} > 0$ aparece un campo eléctrico que lleva a los e^- hacia la zona de la puerta
 - En la zona de la puerta se acumulan e^- formándose un canal entre el drenador y la fuente
 - El canal será más ancho cuanto mayor sea V_{GS} ; con la tensión V_{GS} se modula la anchura del canal.
 - Cuando $V_{DS} = 0 \Rightarrow V_{GS} = V_{GD}$ el canal es simétrico.
 - No basta con $V_{GS} > 0$. Debe superar una tensión umbral $V_T = V_{GS(th)}$
- Una vez formado el canal si aplicamos una tensión V_{DS} aparecerá una corriente I_D .
- Para valores de V_{DS} pequeños el dispositivo se comporta como una resistencia variable con V_{GS} .



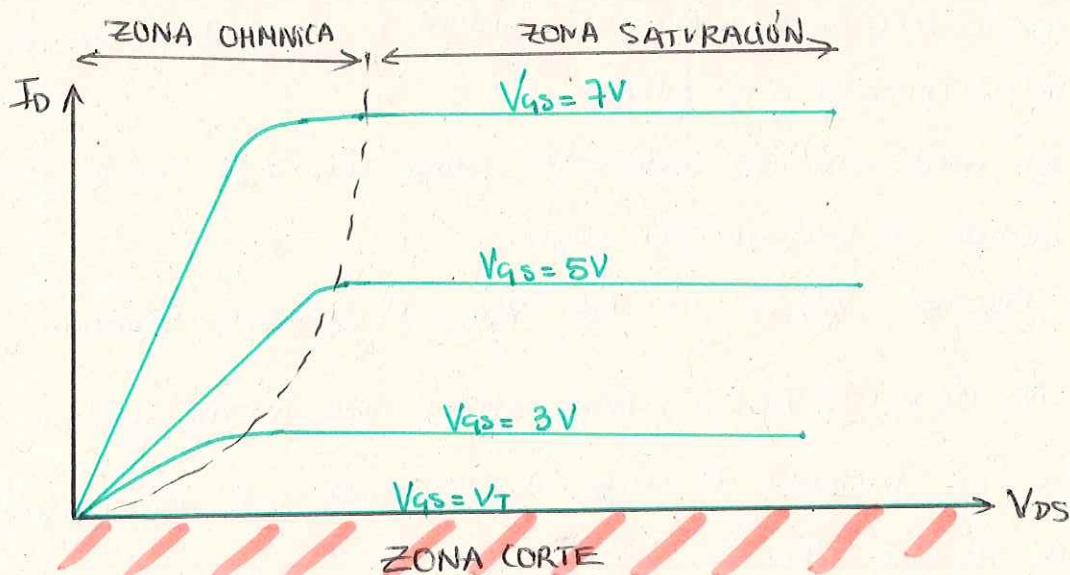
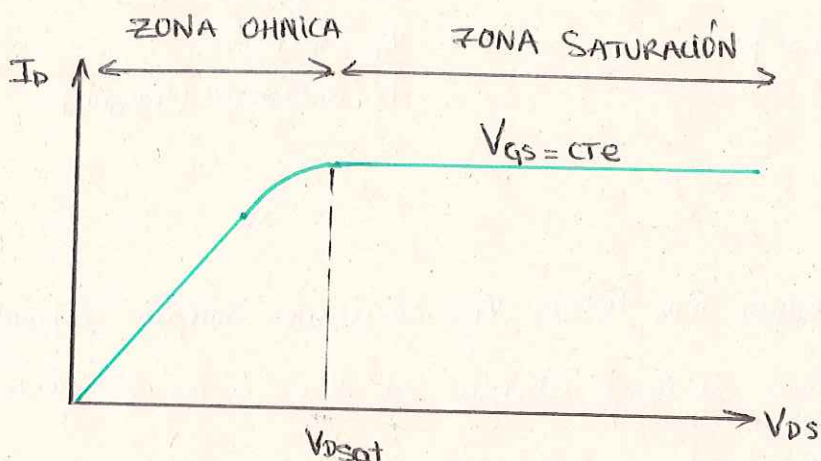
Influencia V_{DS}

$$V_{DS} = V_{GS} - V_{GD}$$

$$\text{Si } V_{DS} > 0 \Rightarrow V_{GD} < V_{GS}$$

El canal se estrecha más por el lado del drenador

Cuanto mayor sea V_{DS} , V_{GD} será menor, y por lo tanto el canal más estrecho.



ZONA CORTE $V_{GS} \leq V_T \Rightarrow$ El canal no está formado ; no circula corriente

ZONA OHMICA $V_{DS} \leq V_{DSAT} = V_{GS} - V_T$

ZONA DE SATURACIÓN $V_{DS} \geq V_{DSAT} = V_{GS} - V_T$

I_D es independiente de la tensión V_{DS}

$$I_D = K (V_{GS} - V_T)^2$$

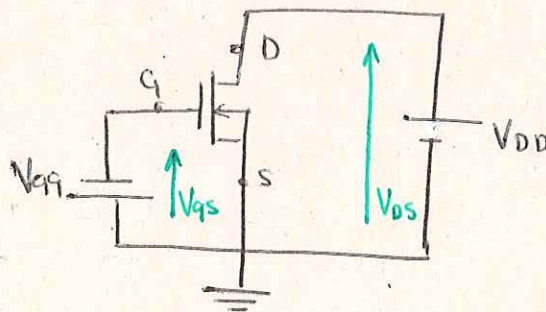
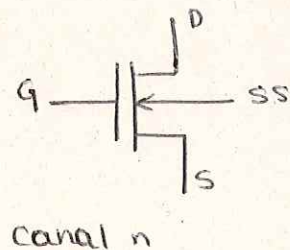
ZONA DE RUPTURA

Los MOSFET pueden romper por dos motivos:

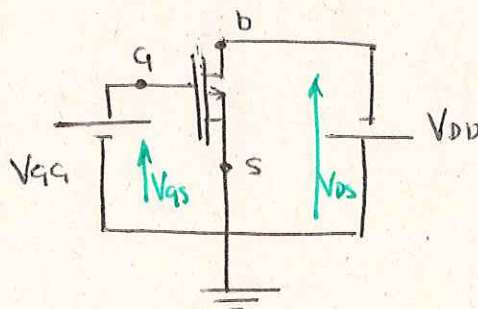
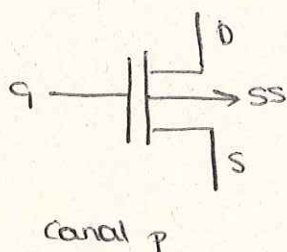
- 1: Se perfora el dieléctrico ($V_{DS} > DATO$)
- 2: Porque la unión pn del lado del drenador (polarizado en inverso) se supera el valor de la tensión de ruptura para dicha unión. La ruptura se da cuando $V_{DS} > V_r$ (Independientemente del valor de V_{GS})

MOSFET DE DEPLEXIÓN

Es un mosfet de acumulación con el canal ya formado por lo que permite V_{GS} negativos y positivos



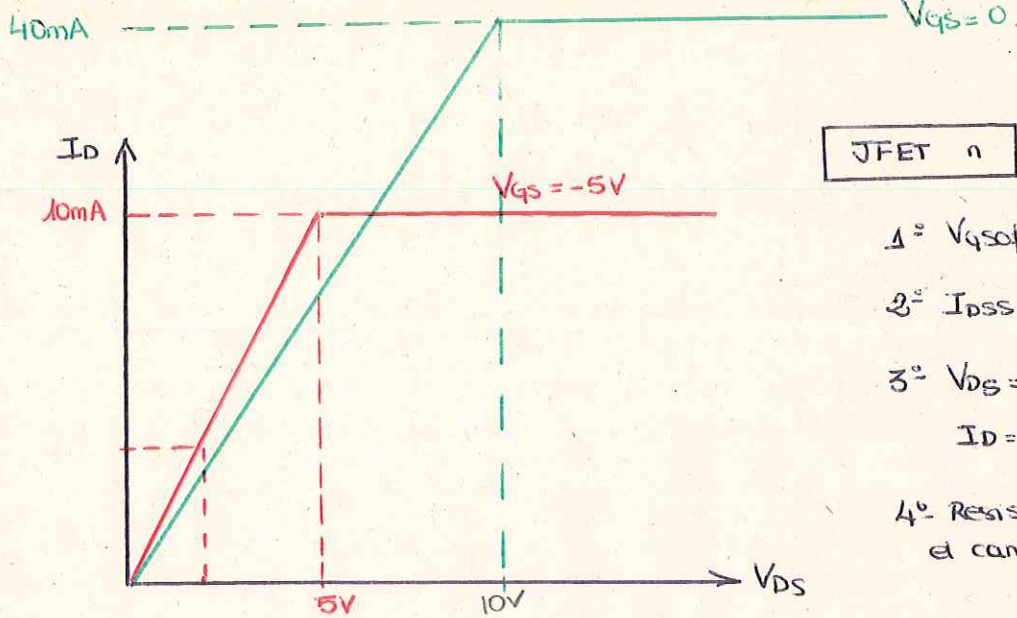
V_{DS} positivo
 V_{GS} negativo o positivo
 I_D positivo



V_{DS} negativo
 V_{GS} positivo o negativo
 I_D negativo

- Si $V_{GS} > 0$ se atraen más electrones \Rightarrow FUNCIONA COMO UN MOSFET ACUMULACIÓN
- Si $V_{GS} < 0$ se repelen los electrones de la zona y el canal se estrecha. Si seguimos disminuyendo V_{GS} podemos hacer que el canal desaparezca por completo. Esto se logra cuando V_{GS} alcanza el valor de V_{GSOFF}
 V_{GS} modula la anchura del canal.

Un MOSFET de Deplexión puede funcionar en un rango muy pequeño de la forma de acumulación, ya que la corriente toma función exponencial y a pequeños cambios de V_{gs} la corriente se dispara.



JFET n

- 1° $V_{GSoff} = -10V$
- 2° $I_{DSS} = 40mA$
- 3° $V_{DS} = 2V \rightarrow I_D = ?$
 $I_D = 4mA$
- 4° Resistencia que presenta el canal.

$$V_{DSSat} = V_{GS} - V_{GSoff}$$

$$5 = -5 - V_{GSoff} \rightarrow V_{GSoff} = -10V$$

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

$$10 = I_{DSS} \left(1 - \frac{-5}{-10} \right)^2 \rightarrow I_{DSS} = 40mA$$

$$\frac{10 \rightarrow 5}{x \rightarrow 2} \rightarrow \frac{20}{x} = x = 4mA$$

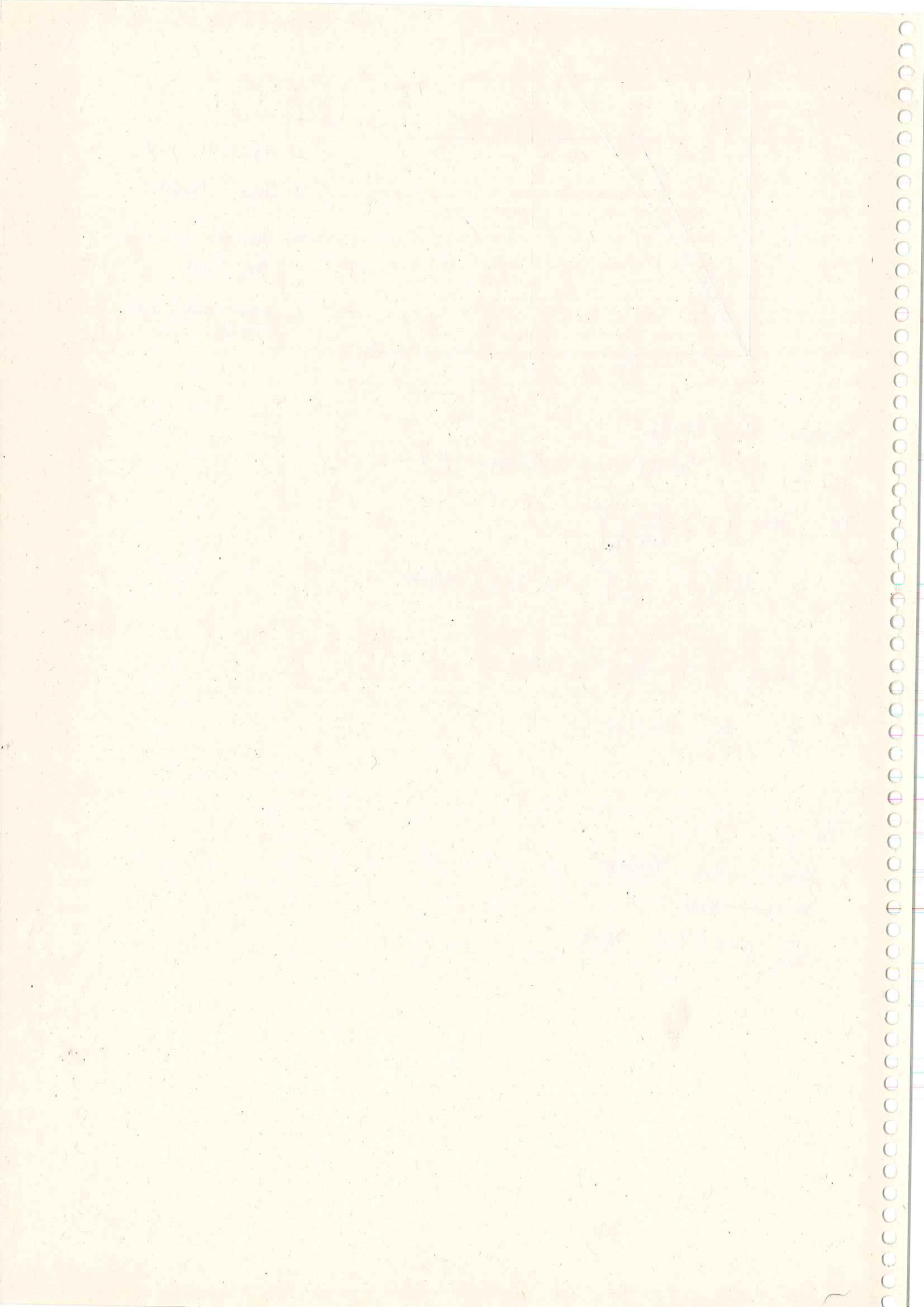
$$R = \frac{V}{I} = \frac{5}{10 \cdot 10^{-3}} = 500 \Omega$$

Si $V_{GS} = 0$.

$$V_{DSSat} = V_{GS} - V_{GSoff}$$

$$V_{DSSat} = 10V$$

$$I_D = 40 (1 - 0)^2 = 40mA$$



TEMA 5: INTRODUCCIÓN A LA ELECTRONICA DIGITAL

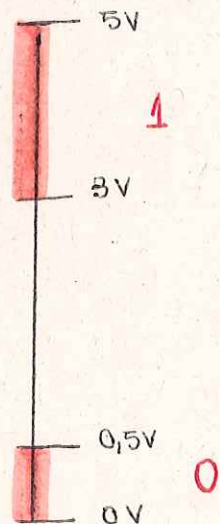
PASO DEL MUNDO ANALÓGICO AL DIGITAL

Señal analógica \longrightarrow muestreo de la señal analógica \longrightarrow cuantización de la señal \longrightarrow codificación

Los ceros "0" y los "1" representan los dos posibles valores de tensión existentes en electrónica digital

"1" \longrightarrow Nivel alto \longrightarrow Hay tensión

"0" \longrightarrow Nivel bajo \longrightarrow No hay tensión



SISTEMAS NUMÉRICOS

Numeración decimal: Cualquier número puede expresarse en función de potencias de 10 (base 10)

$$a_{n-1} 10^{n-1} + a_{n-2} 10^{n-2} + \dots + a_1 10^1 + a_0 10^0$$

a_i son los números del 0-9

Con n cifras podemos expresar 10^n combinaciones

$$\text{si } n=3 \longrightarrow 1000 \text{ combinaciones (0-999)}$$

Numeración octal (base 8): 0 1 2 3 4 5 6 7

Numeración hexadecimal (base 16): 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F

Numeración binaria, Sistema binario: Cualquier número puede expresarse en función (sistema de base 2) de potencias de 2.

$$a_{n-1} \cdot 2^{n-1} + a_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0$$

Los a_i son los números 1 o 0 denominados **BITS**

$$1011011_2 = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 45_{10}$$

n cifras pueden expresar 2^n combinaciones.

PASO DECIMAL A BINARIO: Se divide el número decimal sucesivamente por 2 y se van cogiendo los restos

$$\begin{array}{r} 49 \text{ } | \text{ } 2 \\ \underline{2} \text{ } 24 \\ \textcircled{1} \text{ } \text{ } | \text{ } 2 \\ \underline{0} \text{ } 12 \\ \textcircled{0} \text{ } \text{ } | \text{ } 2 \\ \underline{0} \text{ } 6 \\ \textcircled{0} \text{ } \text{ } | \text{ } 2 \\ \underline{0} \text{ } 3 \\ \textcircled{0} \text{ } \text{ } | \text{ } 2 \\ \underline{1} \text{ } 1 \\ \textcircled{1} \end{array}$$

$$49_{10} = 10001_2$$

CÓDIGO BCD (BINARY CODED DECIMAL): Cada dígito decimal se expresa en grupos de 4 bits

0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

$$49_{10} = 10001_2 = \underbrace{0100}_{4} \underbrace{1001}_{9} \text{ BCD}$$

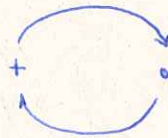
ALGEBRA DE BOOLE

Se aplica a dos elementos $\{0, 1\}$

Hay dos operaciones

Suma + OR
Producto . AND
Y la negación NOT

PRINCIPIO DE DUALIDAD: Si una expresión es cierta en el álgebra de Boole también será cierta su expresión dual.



$$A+0=A \longrightarrow A \cdot 1=A$$

AXIOMAS DEL ALGEBRA DE BOOLE

$$A+0=A \longrightarrow A \cdot 1=A$$

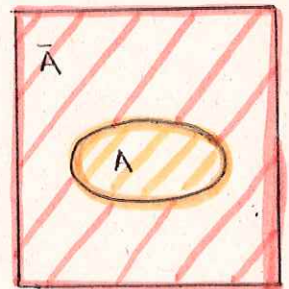
$$A+1=1 \longrightarrow A \cdot 0=0$$

$$A+A=A \longrightarrow A \cdot A=A$$

$$A+\bar{A}=1 \longrightarrow A\bar{A}=0$$

• INTERSECCIÓN

+ UNIÓN



TEOREMA DE LA ABSORCIÓN

$$A+AB=A \xrightarrow{\text{dem}} A \underbrace{(1+B)}_1 = A \cdot 1 = A$$

$$AB+A\bar{B}=A \xrightarrow{\text{dem}} A \underbrace{(B+\bar{B})}_1 = A \cdot 1 = A$$

PROPIEDAD DISTRIBUTIVA :

$$A \cdot (B+C) = AB+AC \longrightarrow A+BC = (A+B) \cdot (A+C)$$

$$\longrightarrow (A+B)(A+C) = A+AC+AB+BC = A(\underbrace{1+C+B}) + BC = A+BC$$

PROPIEDAD ASOCIATIVA:

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

TEOREMA DE MORGAN

El inverso de la suma es igual al producto de los inversos

$$\overline{A+B+C} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \longrightarrow \overline{A \cdot B \cdot C} = \overline{A+B+C}$$

FUNCIONES LÓGICAS

FORMAS CANÓNICAS O ESTÁNDAR: toda función lógica se puede expresar como suma de productos donde, en cada uno de los sumandos aparezcan todas las variables de la función.

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

$$A(B + \bar{B}) + BC(A + \bar{A}) = AB + A\bar{B} + BCA + BC\bar{A} = AB(C + \bar{C}) + A\bar{B}(C + \bar{C}) + BCA + BC\bar{A} =$$

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

111 110 101 100 011

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

Los términos repetidos se eliminan

se ordenan de ABC todos los términos

$$f(ABC) = ABC + AB\bar{C} + A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC = \sum m(3, 4, 5, 6, 7)$$

CADA UNO DE LOS TÉRMINOS SE DENOMINAN

MINTERMS (miniterminos)

Los **MINTERMS** se numeran asignando 1 cuando la variable está sin negar y 0 cuando la variable está negada.

Tabla de la verdad:

$$f = A + BC$$

MINTERMS

$$\begin{matrix} A = 1 \\ \bar{A} = 0 \end{matrix}$$

A	B	C	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

2³ combinaciones

FORMAS CANÓNICAS O ESTÁNDAR: toda función lógica se puede expresar como producto de sumas donde en cada uno de los factores aparezcan todas las variables de la función.

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

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

Se eliminan los términos repetidos

$$f(A, B, C) = \underbrace{(A+B+C)}_{000} \underbrace{(A+B+\bar{C})}_{001} \underbrace{(A+\bar{B}+C)}_{010} \text{--- MAX TERM (MAX TÉRMINOS)}$$

$$f(A, B, C) = A + BC = \underbrace{\prod}_{\text{producto}} M(0, 1, 2)$$

$A = 0$
$\bar{A} = 1$

Los MAXTERMS se enumeran asignando 0 cuando la variable está sin negar y 1 cuando la variable está negada.

DIAGRAMAS DE KARNAUGH

Reglas de utilización:

Todos los minterms deben estar incluidos

Cada agrupación debe incluir el mayor número de compartimentos posibles.

Las agrupaciones se deben formar con número de minterms potencias de 2

Las agrupaciones son rectangulares de lados potencias de dos.

ORDEN

Señalamos los elementos que no pueden combinarse con otros.

Señalamos elementos que únicamente se pueden agrupar con otro elemento.

Elegimos elementos que se pueden asociar con otros 3 siempre que no hayan sido seleccionados los 4 elementos del grupo.

Si algún elemento se queda sin agrupar, se puede agrupar con otro arbitrariamente.

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

C \ AB	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	1	1	1

A

lo que tienen en común

$$f(A,B,C) = A\bar{B} + AC + BCD + \bar{D}$$

CD \ AB	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01			1	1
11		1	1	1
10	1	1	1	1

$\bar{A}\bar{B}$

$$f(A,B,C,D) = BCD + \bar{A}\bar{B} + \bar{D}$$

Ejercicio: Simplificar funciones con el Álgebra de Boole y el Diagrama de Karnaugh

$$\begin{aligned}
 f(A,B,C,D) &= \bar{A}BC + (\bar{B} + \bar{C})(\bar{B} + \bar{D}) + \overline{A+C+D} = \bar{A}BC + \bar{B}\bar{B} + \bar{B}\bar{D} + \bar{B}\bar{C} + \bar{C}\bar{D} + \overline{A+C+D} \\
 &= \bar{B}(\underbrace{AC + 1 + \bar{D} + \bar{C}}_1) + \bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{C}\bar{D} = \bar{B} + \bar{C}\bar{D}(1 + \bar{A}) = \bar{B} + \bar{C}\bar{D}
 \end{aligned}$$

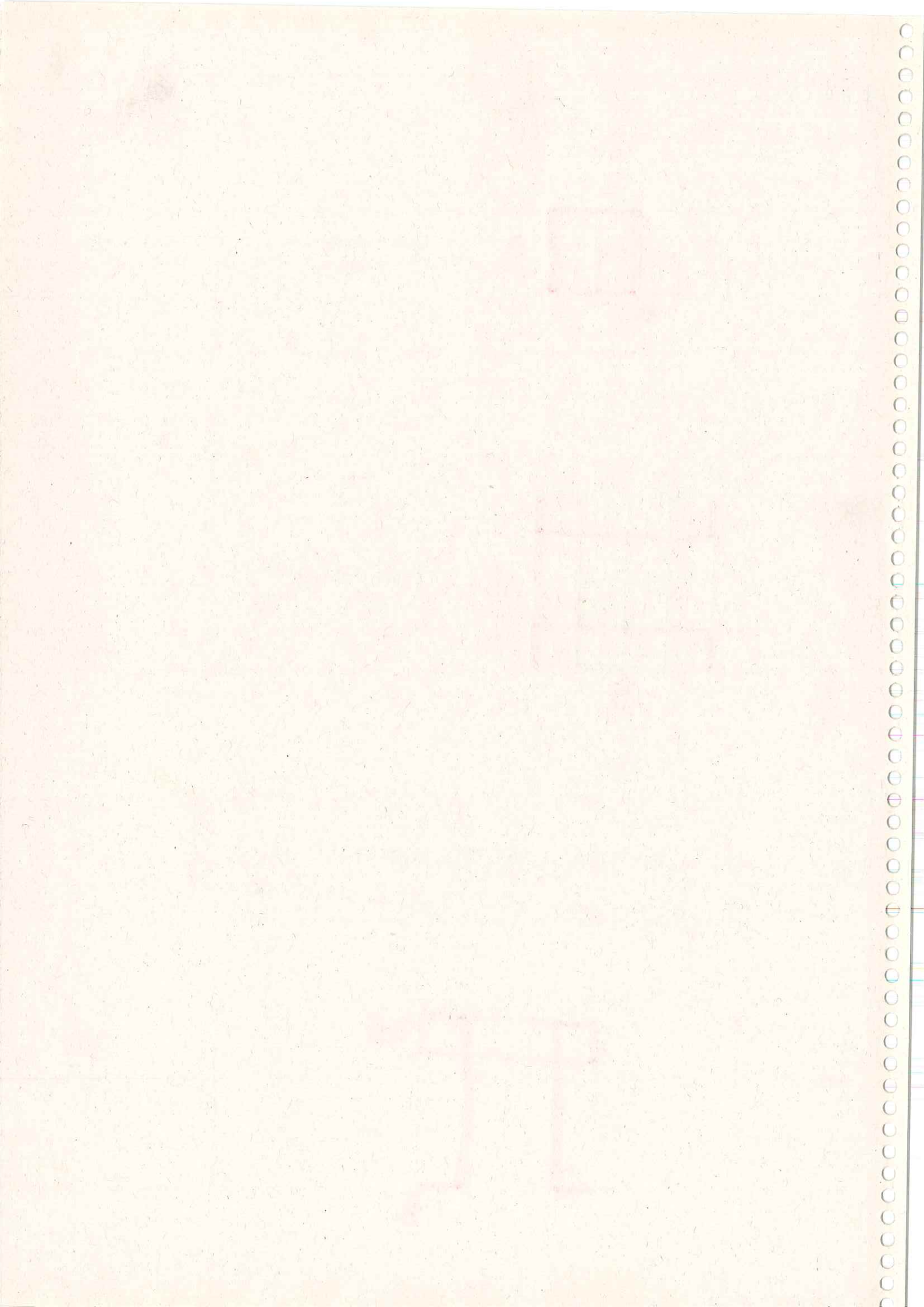
CD \ AB	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1			1
11	1			1
10	1			1

$\bar{C}\bar{D}$

\bar{B}

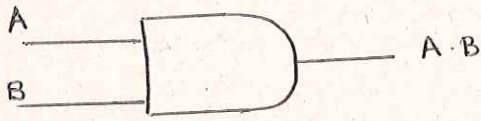
0000
0100
1100
1000
0001
0001
0010
1001
1011
1010

miniterms



PUERTAS LÓGICAS

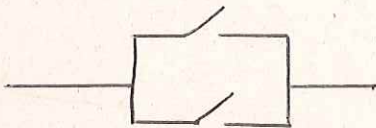
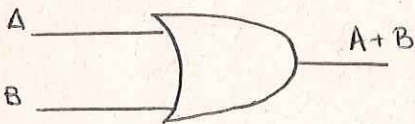
PUERTA AND



dos interruptores seguidos (serie)

A	B	A · B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

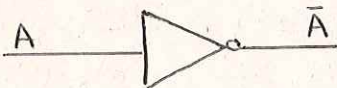
PUERTA OR



dos interruptores en paralelo

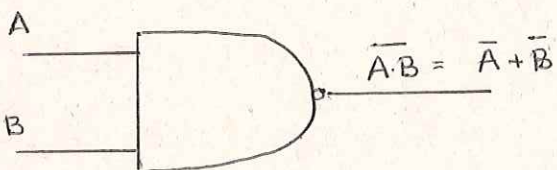
A	B	A + B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

PUERTA NOT



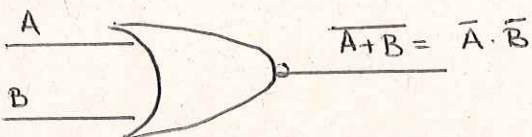
A	\bar{A}
0	1
1	0

PUERTA NAND



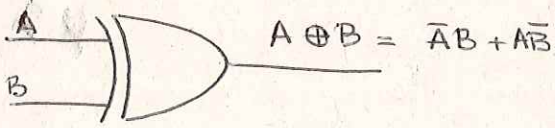
A	B	$\overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

PUERTA NOR



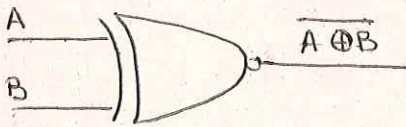
A	B	$\overline{A + B}$
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

PUERTA OR-EXCLUSIVE (XOR)



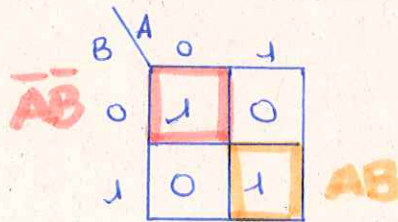
A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

PUERTA NOR-EXCLUSIVE (XNOR)

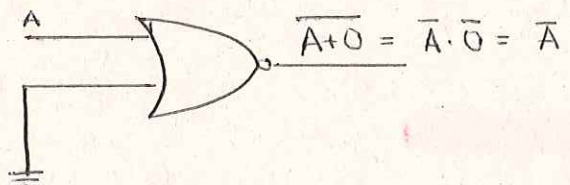
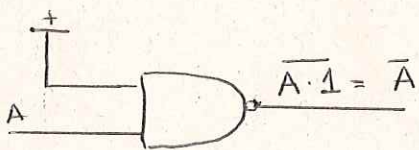
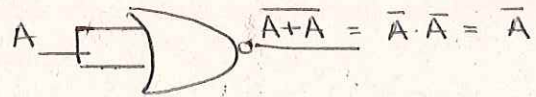
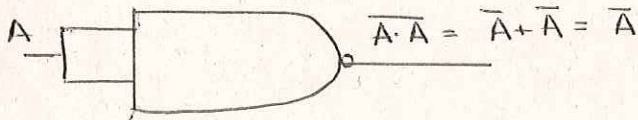


A	B	$\overline{A \oplus B}$
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

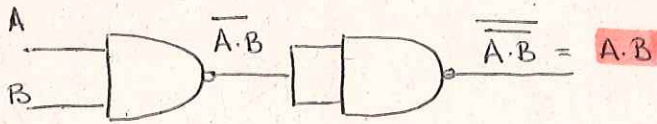
$A \oplus B = \overline{\overline{A \oplus B}} = \overline{A \odot B} = AB + \bar{A}\bar{B}$



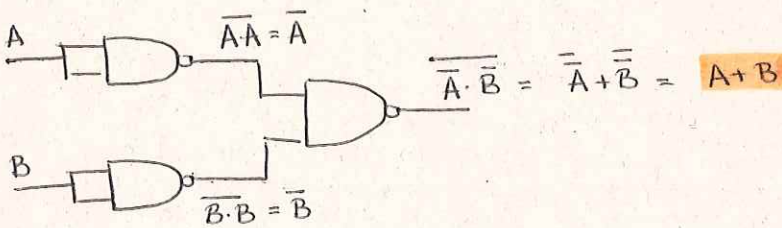
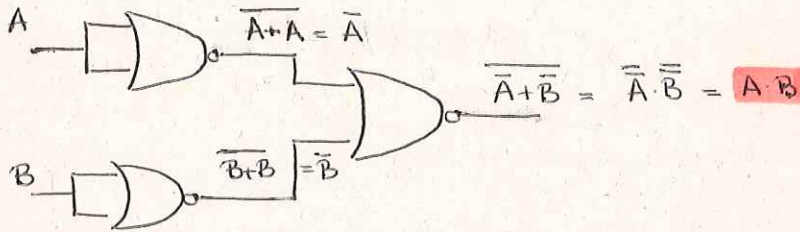
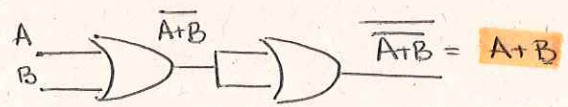
SUFICIENCIA DE LAS PUERTAS NAND Y NOR: Cualquier función lógica se puede implementar usando únicamente puertas NAND o puertas NOR.



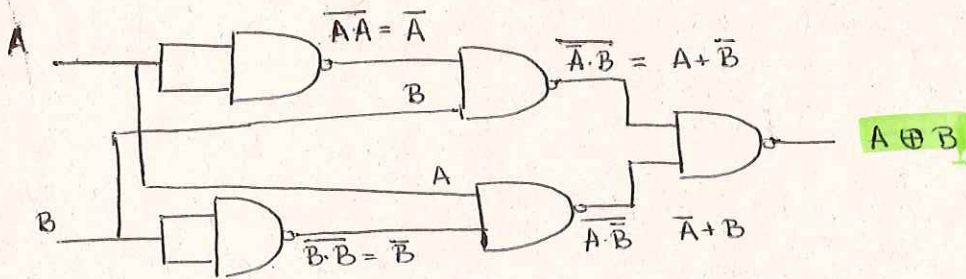
PUERTA AND



PUERTA NOR

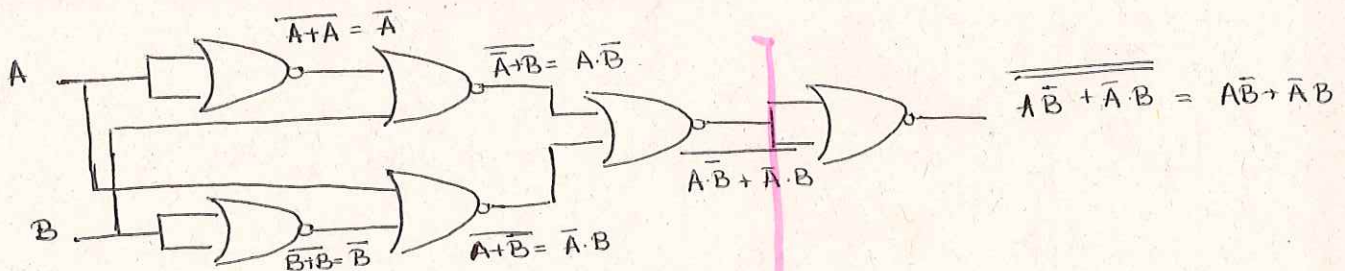


PUERTA OR-EXCLUSIVE

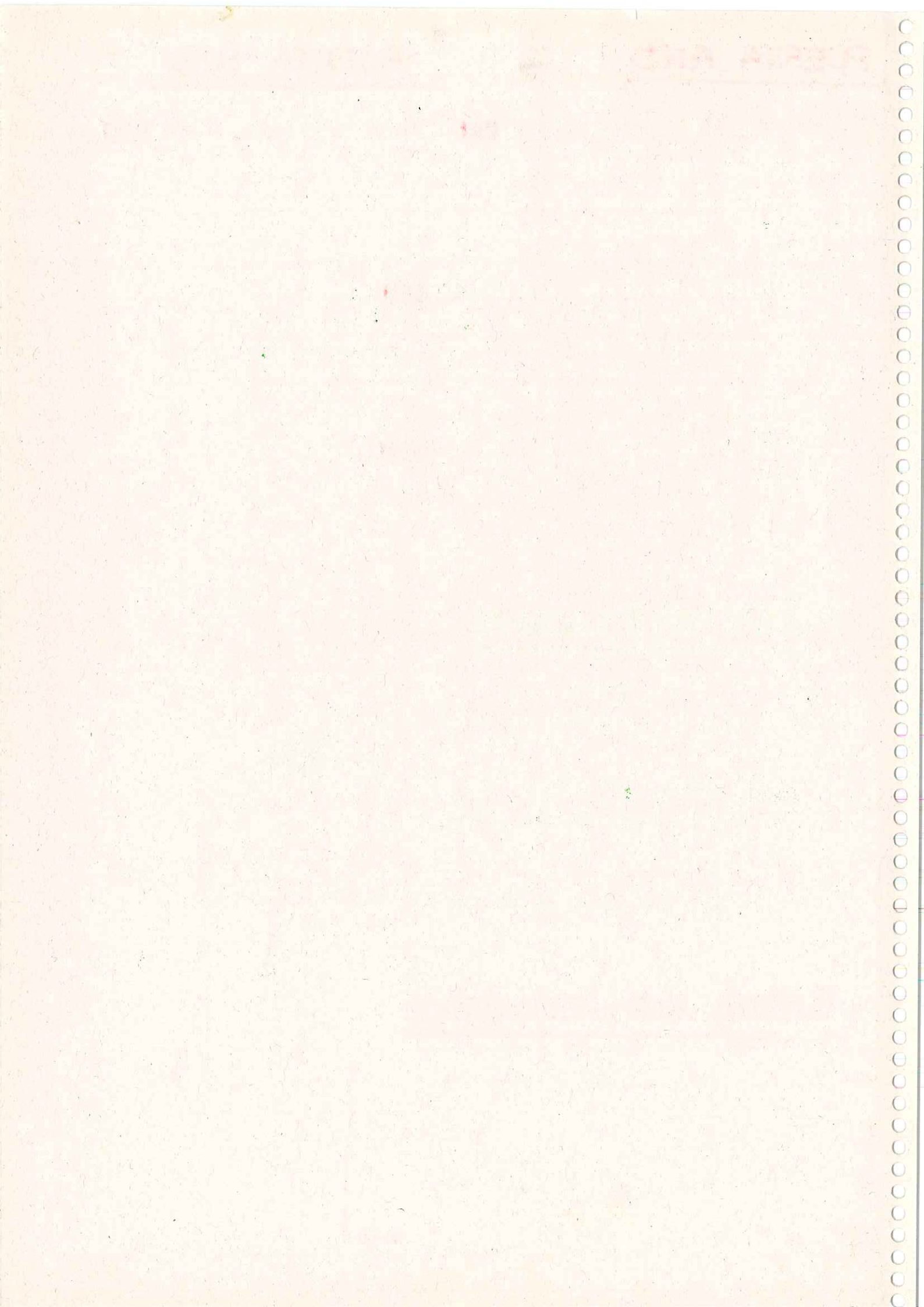


$$(A + \overline{B})(\overline{A} + B) = \overline{(A + \overline{B})} + \overline{(\overline{A} + B)} = \overline{A} \cdot \overline{\overline{B}} + \overline{\overline{A}} \cdot \overline{B} = \overline{A} B + A \overline{B}$$

PUERTA NOR-EXCLUSIVE



hasto aquí funciona como una puerta NOR-EXCLUSIVE



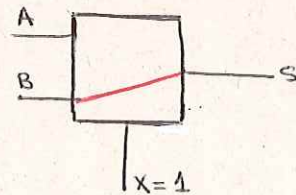
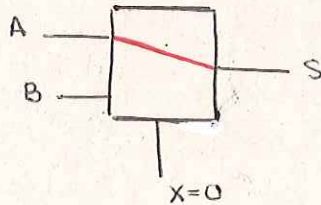
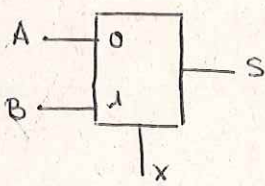
TEMA 6: LÓGICA COMBINACIONAL

MULTIPLICADOR

Un multiplexor es un circuito combinacional con 2^n entradas,
1 salida
n variables de control

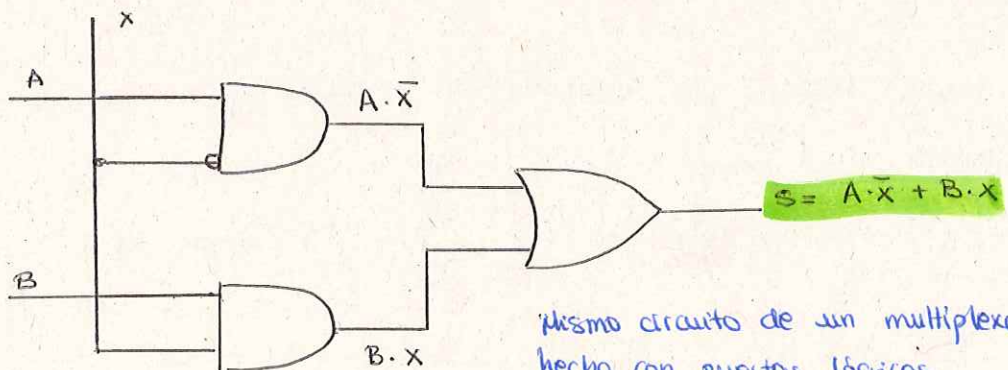
Es como un conmutador donde vamos a elegir una de las entradas y la conectamos con la salida. La entrada elegida la elige mediante un número binario de n variables de control.

MUX 2:1

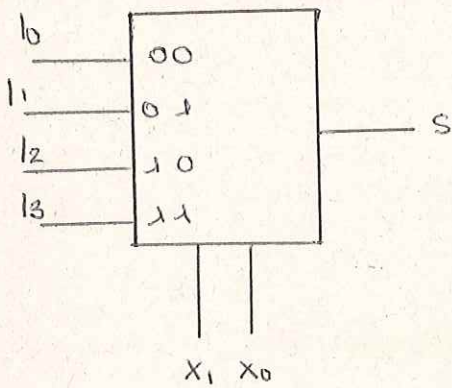


X	S
0	A
1	B

Con puertas lógicas:

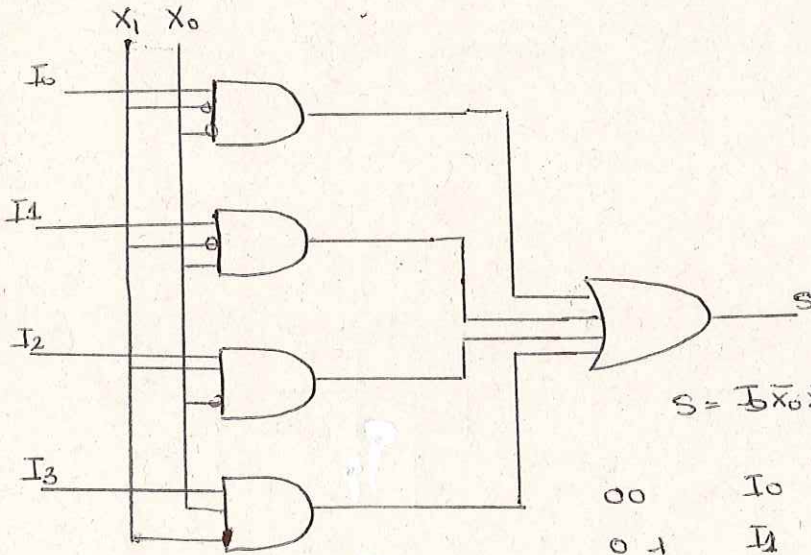


MUX: 4:4



X ₁	X ₀	S
0	0	I ₀
0	1	I ₁
1	0	I ₂
1	1	I ₃

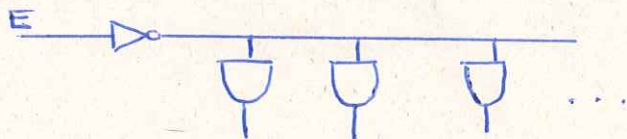
Hecho con puertas lógicas.



$$S = I_0 \bar{X}_0 \bar{X}_1 + I_1 X_0 \bar{X}_1 + I_2 \bar{X}_0 X_1 + I_3 X_0 X_1$$

00	I ₀	} se cumple.
01	I ₁	
10	I ₂	
11	I ₃	

Lo entrada enable habilita que el multiplexor funcione y me permite conectar en varios. Si pongo un 1 en el enable, me da igual lo que ponga en el resto de las entradas, la salida es cero. [Todas las puertas lógicas conectadas al enable.

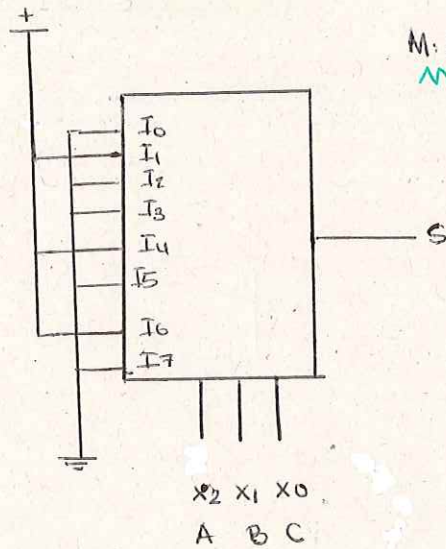


$$F = \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C}$$

A	B	C	F	
0	0	0	0	I_0
0	0	1	1	I_1
0	1	0	0	I_2
0	1	1	0	I_3
1	0	0	1	I_4
1	0	1	0	I_5
1	1	0	1	I_6
1	1	1	0	I_7

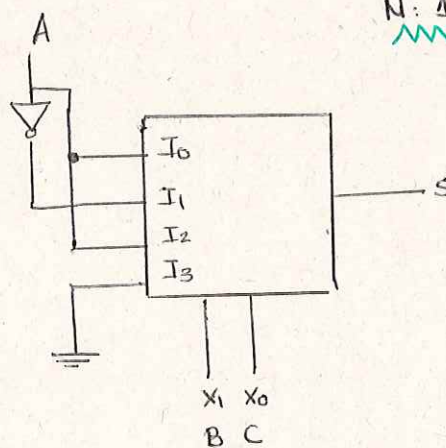
B	C	F
0	0	A
0	1	\bar{A}
1	0	A
1	1	0

CON UN MULTIPLEXOR DE n SEÑALES DE CONTROL SE PUEDEN HACER FUNCIONES DE $n+1$ VARIABLES.



M: 1:8

EQUIVALENTE
 como los valores
 de B y C
 y nivel F(A)



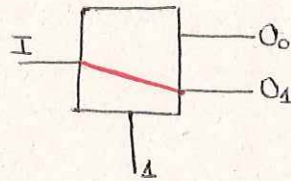
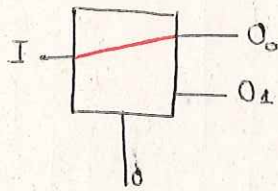
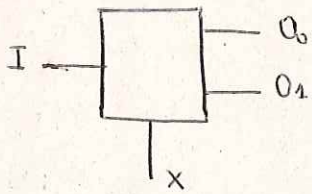
N: 1:4

DEMULTIPLEXOR

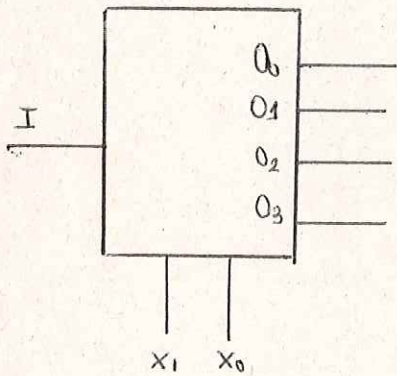
Circuito combinacional con

- J entrada
- 2^n salidas
- n variables de control

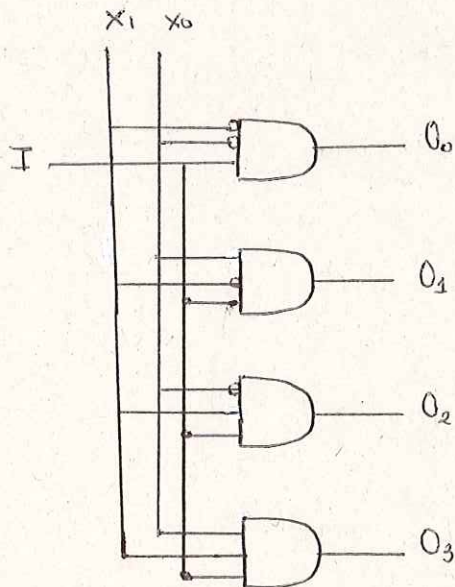
Con las variables de control conectamos una salida a la entrada.



X	O ₀	O ₁
0	I	0
1	0	I



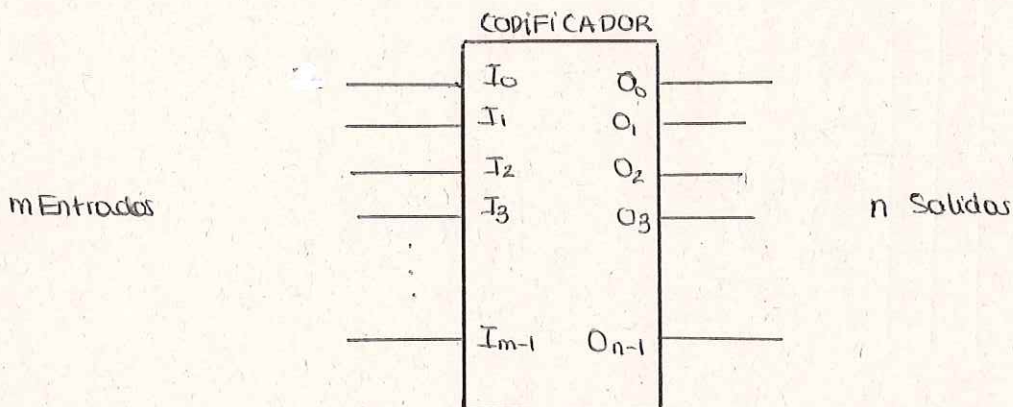
X ₁	X ₀	O ₃	O ₂	O ₁	O ₀
0	0	0	0	0	I
0	1	0	0	I	0
1	0	0	I	0	0
1	1	I	0	0	0



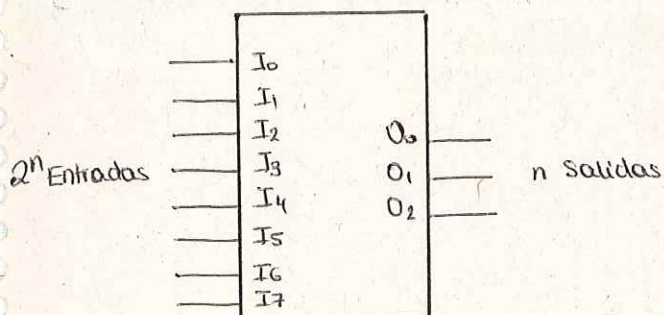
CODIFICADOR

Circuito combinacional con m entradas
 n salidas

Si hay una entrada activa, a la salida aparece el código asignado a dicha entrada.
 Puede haber tantos tipos como códigos.

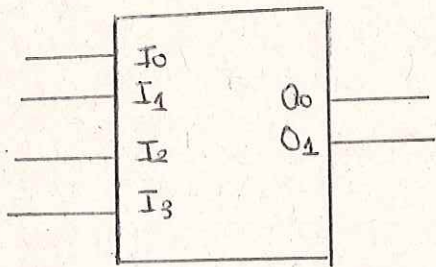


CODIFICADOR DECIMAL A BINARIO NATURAL

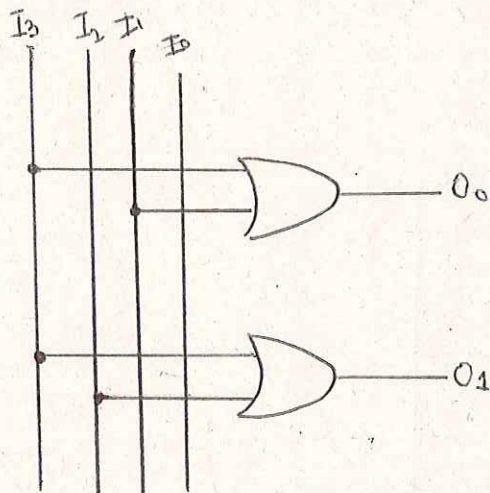


I_7	I_6	I_5	I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	O_2	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Si hay más de una entrada activa → Codificador de prioridad



I_3	I_2	I_1	I_0	O_1	O_0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1



$$O_0 = I_1 + I_3$$

$$O_1 = I_2 + I_3$$

CODIFICADOR DE PRIORIDAD

Caso especial de codificador: responde a la pregunta de qué pasa si se activan dos señales a la vez. Tiene en cuenta la entrada más alta independientemente de lo que valgan las entradas de numeración más pequeña.

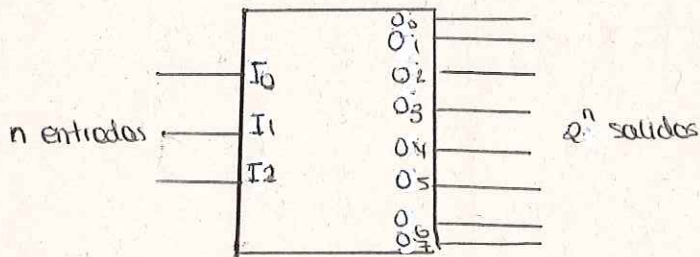
I_7	I_6	I_5	I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	O_2	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	X	0	0	1
0	0	0	0	0	1	X	X	0	1	0
0	0	0	0	1	X	X	X	0	1	1
0	0	0	1	X	X	X	X	1	0	0
0	0	1	X	X	X	X	X	1	0	1
0	1	X	X	X	X	X	X	1	1	0
1	X	X	X	X	X	X	X	1	1	1

X: no importa

DECODIFICADOR

Realizo la opción inversa que el codificador.

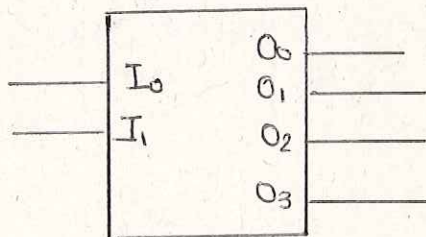
Para una combinación dada de n entradas activo una de sus 2^n salidas (para binario natural a decimal).



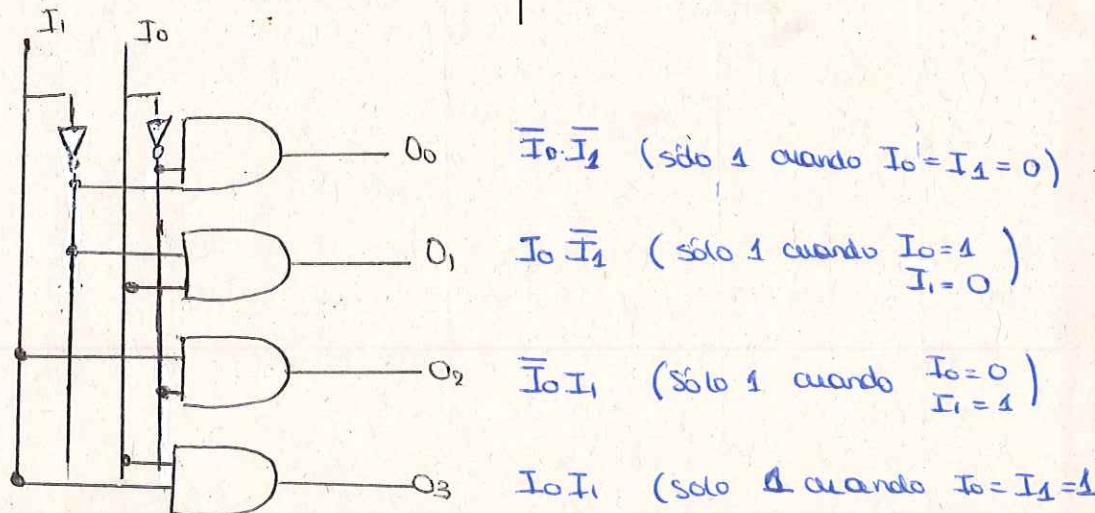
I_2	I_1	I_0	O_7	O_6	O_5	O_4	O_3	O_2	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Para una determinada combinación de un número binario se me activa la salida correspondiente de ese número en decimal.

DECODIFICADOR BINARIO NATURAL DECIMAL



I_1	I_0	O_3	O_2	O_1	O_0
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0



$\bar{I}_0 \cdot \bar{I}_1$ (sólo 1 cuando $I_0 = I_1 = 0$)

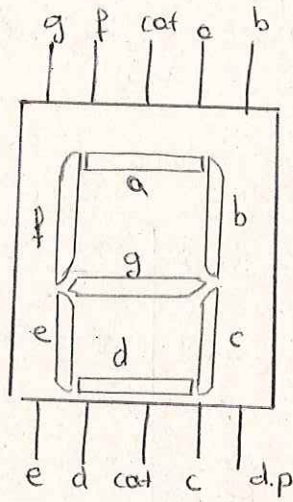
$\bar{I}_0 \cdot I_1$ (sólo 1 cuando $I_0 = 1$
 $I_1 = 0$)

$I_0 \cdot \bar{I}_1$ (sólo 1 cuando $I_0 = 0$
 $I_1 = 1$)

$I_0 \cdot I_1$ (sólo 1 cuando $I_0 = I_1 = 1$)

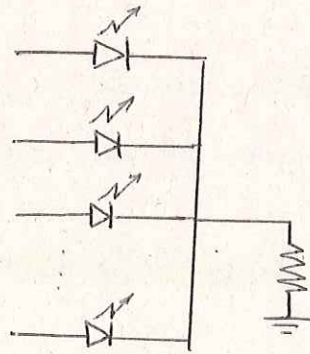
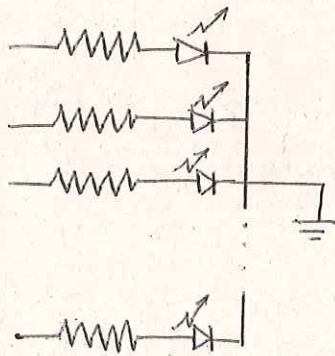
CONVERTIDOR DE CÓDIGO

Display de 7 segmentos



Tipos
 / CATODO COMÚN
 \ ANODO COMÚN

Es imprescindible poner resistencias para limitar la corriente por los diodos



Todos los diodos lucen con igual intensidad siempre

Los diodos lucen con distinta intensidad dependiendo cuántos estén en ON.

LE	BI	LT	D	C	BA	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	□
0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6

8

9

rrrr rrr
 rr oo rrr
 oooooo oo
 oooooo o
 oooooo o
 oooooo o
 oooooo o
 oooooo o

oooo r
 tooo r
 oror r
 rror r
 oorr r
 rorr r
 orrr r
 rrrr r

xxxx

r r o
 r r o
 r r o
 r r o
 r r o
 r r o
 r r o
 r r o
 r r o

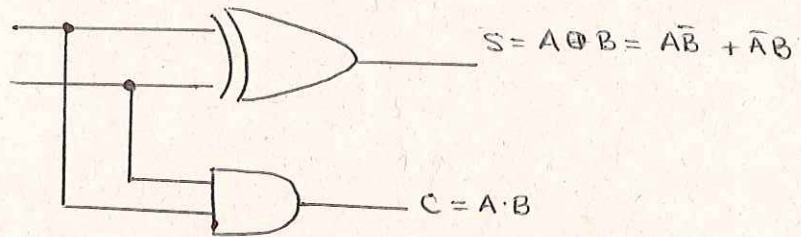
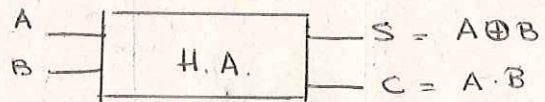
rrr

SUMADORES

SEMISUMADOR

Circuito que realiza la suma de dos bits **sin tener en cuenta la llevada**

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



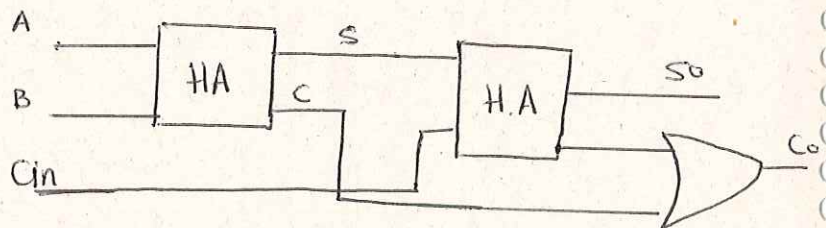
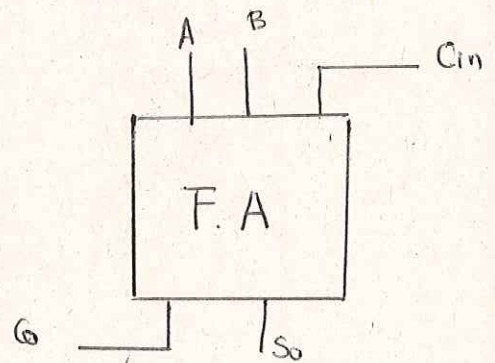
SUMADOR COMPLETO

Circuito que realiza la suma de dos bits teniendo en cuenta las llevadas

A	B	C _{in}	S ₀	C ₀
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

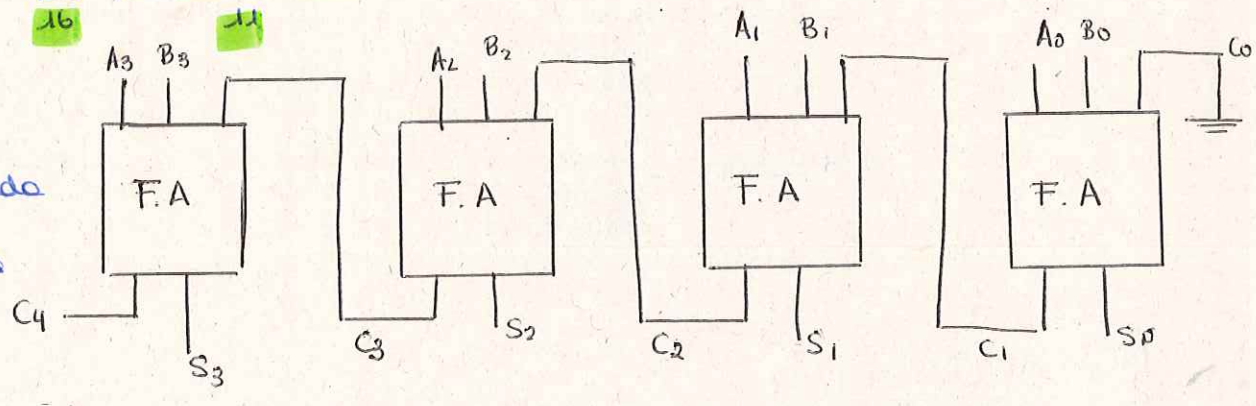
llevado del anterior

llevada de esta suma
cuando sumamos 1+1=0 C₀=1



SUMADOR DE 4 BITS

$$\begin{array}{r} A \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 14 \\ + B \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 13 \\ \hline 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = 27 \\ \text{16} \quad \text{11} \end{array}$$



Se pueden acoplar en cascada para sumar números de más bits.

ALU (ARITHMETIC LOGIC UNIT)

Circuito combinatorio que realiza operaciones aritméticas y/o lógicas dependiendo de unas variables de control.

LÓGICAS:

AND
NOR
NAND
NOT
OR

ARITMÉTICAS:

SUMAR
RESTAR
MULTPLICAR

M=0 FUNCIÓN LÓGICA

S_A	S_0	F_i	Comentario
0	0	$F_i = A_i$	Entrada A transferido a la salida
0	1	$F_i = \bar{A}_i$	Entrada A complementado y transferido
1	0	$F_i = A \oplus B$	XOR
1	1	$F_i = \overline{A \oplus B}$	XNOR

M=1 FUNCIÓN ARITMÉTICA y $C_i = 0$

S_A	S_0	F_i	Comentario
0	0	$F_i = A$	Entrada A transferido a la salida
0	1	$F_i = \bar{A}$	Complemento o uno de A
1	0	$F_i = A + B$	Suma de A y B
1	1	$F_i = \bar{A} + B$	Suma de B y el complemento o uno de A

M=1 (Función Aritmética) y C=1

S_A	S_0	F_i (Función Aritmética)	Comentario
0	0	$F_i = A_i + 1$	Incremento A
0	1	$F_i = \bar{A}_i + 1$	Complemento a dos de A
1	0	$F_i = A_i + B_i + 1$	Incremento lo sumo de A y B
1	1	$F_i = \bar{A}_i + B_i + 1$	Resta B - A

ASÍ SE RESTA EN
DIGITAL

TEMA 7: LÓGICA SECUENCIAL

En los circuitos Combinacionales, las salidas dependen directamente de los entradas.

En un circuito secuencial, la salida no depende solo de la entrada sino que también de lo que había antes en la salida. Son capaces de acordarse de lo que sucedió en un instante anterior, tienen memoria.

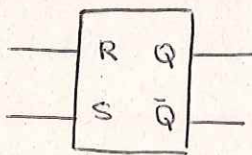
Como la información puede ser 0 ó 1, necesitamos un circuito BIESTABLE.

BIESTABLES ASÍNCRONOS

BIESTABLE: Célula de memoria capaz de almacenar un bit. Sólo tienen dos estados posibles (unidad mínima de memoria). Es capaz de permanecer indefinidamente en uno de sus dos estados posibles, aunque haya pasado la señal de excitación.

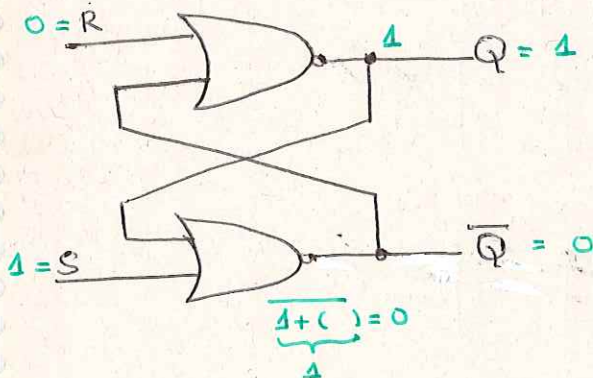
BIESTABLE = BÁSCULA = FLIP-FLOP = CERROJO

BIESTABLE RS (RESET SET)



R	S	Q_{n+1}	Comentario
0	0	Q_n	No cambia la salida en el instante siguiente tenemos lo mismo que en el anterior.
0	1	1	Set puesto a 1
1	0	0	Reset puesto a 0
1	1	---	Estado prohibido

Ejemplo:



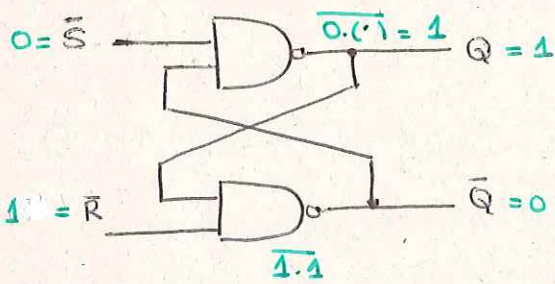
Q_n : salida en el estado actual

Q_{n+1} : Salida en el estado siguiente

RESET: PONER A 0

SET: PONER A 1

Con puertas NAND



\bar{S}	\bar{R}	Q_{n+1}	Comentario
0	0	---	Estado prohibido
0	1	1	Set = puesto a 1
1	0	0	Reset = puesto a 0
1	1	Q_n	No cambio salida

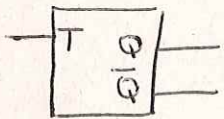
BIESTABLE JK (FLIP-FLOP JK)

Equivalente al set y al reset anterior y tiene como novedad que 1 1 (entrada) está permitido y la variable cambia de estado.

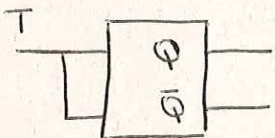
J	K	Q_{n+1}	Comentario
0	0	Q_n	No cambio la salida
0	1	0	Reset = puesto a 0
1	0	1	Set puesto 1
1	1	\bar{Q}_n	La variable cambia de estado.

Casos particulares del Flip Flop JK

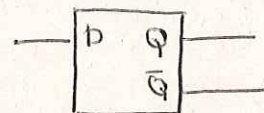
FLIP FLOP T



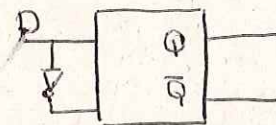
T	Q_{n+1}
0	Q_n
1	\bar{Q}_n



FLIP-FLOP D



D	Q_{n+1}
0	0
1	1



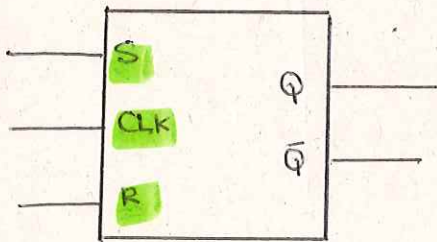
BIESTABLES SÍNCRONOS

En los Flip-Flop asíncronos, los cambios en la salida se producen en el mismo momento que cambian las entradas.

Si las entradas provienen de circuitos diferentes, posibles retrasos pueden dar lugar a estados no deseados.

En los circuitos síncronos se introduce una **señal de reloj CLK** que habilite las entradas del dispositivo de manera que todas las entradas actúen a la vez, **SÍNCRONIZADAS**.

FLIP FLOP SÍNCRONO



CLK	S	R	Q _{n+1}
0	x	x	Q _n
1	0	0	Q _n
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	---

No posible

Siempre que CLK sea 1 el Flip-Flop actúa como antes.

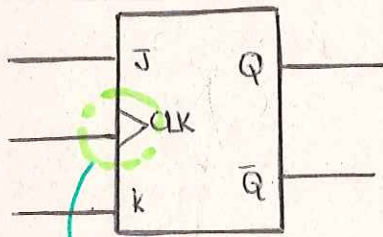
Flip-Flop activo por nivel (1): Así se denominan

si **CLK=0**: la salida se mantiene inalterada independientemente de las entradas.

No se suelen emplear los Flip-Flop activos por nivel porque presentan un pequeño problema cuando captan ruidos.

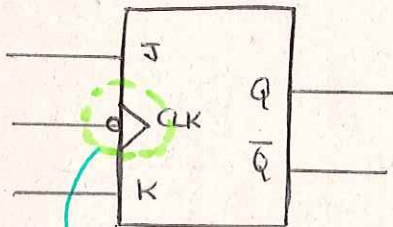


VARIANTE: FLIP FLOPS ACTIVADOS
POR FLANCO.



FLIP-FLOP
ACTIVADO POR
FLANCO ASCENDENTE

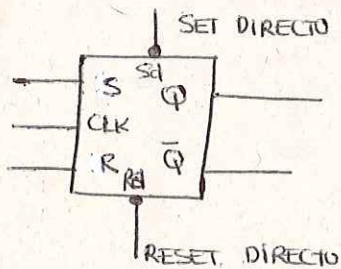
CLK	J	K	Q_{n+1}
	X	X	Q_n
	0	0	Q_n
	0	1	0
	1	0	1
	1	1	$\overline{Q_n}$



FLIP-FLOP
ACTIVADO POR
FLANCO DESCENDENTE

CLK	J	K	Q_{n+1}
	X	X	Q_n
	0	0	Q_n
	0	1	0
	1	0	1
	1	1	$\overline{Q_n}$

FLIP FLOP SINCRONO CON ENTRADAS ASINCRONAS



\overline{S}	\overline{R}	CLK	S	R	Q_{n+1}	Comentario
0	0	X	X	X	0	NO USADO
0	1	X	X	X	1	SET ASINCRONO
1	0	X	X	X	0	RESET ASINCRONO
1	1	0	X	X	Q_n	
1	1	1	0	0	Q_n	
1	1	1	0	1	0	
1	1	1	1	0	1	
1	1	1	1	1	---	NO USADO

REGISTROS Y CONTADORES

Registros de almacenamiento (Record Storage)

Registran o almacenan información binaria durante un cierto tiempo

Registro de n bits \rightarrow n flip-flops

Comparten CLK y entradas asíncronas

se utilizan para transferir, almacenar o recuperar información cuando se necesite.

Registros de desplazamiento (Shift Register)

Contadores

El circuito secuencial repite su estado cada cierto número de pulsos de reloj.

El número de estados por el que pasa antes de volver al estado inicial se denomina **MÓDULO DEL CONTADOR**

Dependiendo cómo se conecte el reloj:

- FUNCIONAMIENTO SÍNCRONO: todas las entradas CLK están conectadas entre sí.

- FUNCIONAMIENTO ASÍNCRONO: la entrada de CLK se conecta a la salida del flip-flop anterior.

Contador en anillo: Es un registro de desplazamiento circular. Se inicializa el contador en un estado por las entradas asíncronas y a continuación se deja que funcione síncronamente.

El circuito pasa por tantos estados como número de flip-flops.

Módulo = número de flip-flops.

	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	D_3	D_2	D_1	D_0	
$D_0 = Q_3$	0	0	0	1	0	0	1	0	} MÓDULO 4
$D_1 = Q_0$	0	0	1	0	0	1	0	0	
$D_2 = Q_1$	0	1	0	0	1	0	0	0	
$D_3 = Q_2$	1	0	0	0	0	0	0	1	

Contador Johnson (Contador conmutador en cola)

Similar al de anillo con la salvedad de que el último flip flop se conecta en la salida inversora.

	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	D_3	D_2	D_1	D_0
1. Reset a todos	0	0	0	0	0	0	0	1
$D_0 = \overline{Q_3}$	0	0	0	1	0	0	1	1
$D_1 = Q_0$	0	0	1	1	0	1	1	1
$D_2 = Q_1$	0	1	1	1	1	1	1	1
$D_3 = Q_2$	1	1	1	1	1	1	1	0
	1	1	1	0	1	1	0	0
	1	1	0	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0

MÓDULO DEL CONTADOR 8.
(8 estados)

Contador síncrono binario

Todos los flip-flops conectados a la misma señal de reloj.

ES un contador binario de módulo 2^n .

Se usan flip-flops T o JK conectados a modo de conmutación.



1. deitura / 1er apellido

2. deitura / 2º apellido

Izena / Nombre

Ikasturtea / Curso
3º

Taldea / Grupo

Titulazioa / Titulación
Grado en Ingeniería
en Tecnología Industrial

Ikasgaia / Asignatura

ELECTRÓNICA
GENERAL

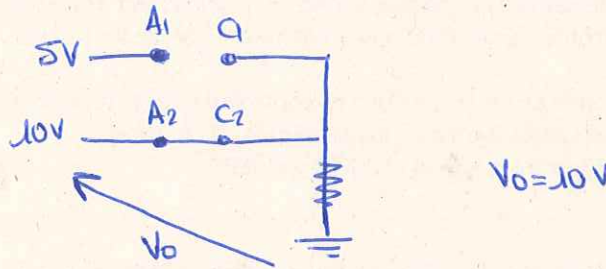
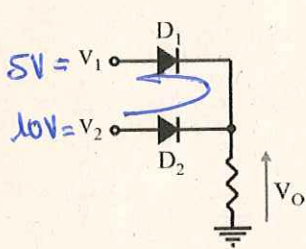
Data / Fecha

11 enero 2013

Kalifikazioa / Calificación

TEORIA (4 puntos)

En el circuito de la figura los diodos son ideales, $v_1 = 5\text{ V}$ y $v_2 = 10\text{ V}$.



(2) 1.- Calcular el valor de la tensión v_0 .

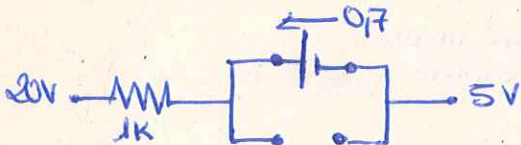
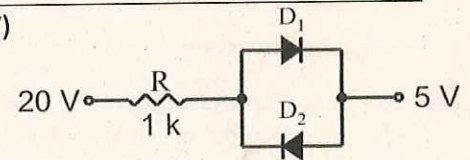
$v_0 = 10\text{ V}$

(1) 2.- Indicar el estado de los diodos D_1 y D_2 .

D_1 OFF
 D_2 ON

En el circuito de la figura ambos diodos son de silicio ($V_\gamma = 0,7\text{ V}$)

(2) 3.- Calcular el valor de la corriente que atraviesa la resistencia.



$20 - 0,7 - 5 - I_D \cdot 1\text{k} = 0$
 $I_D = 14,3\text{ mA}$

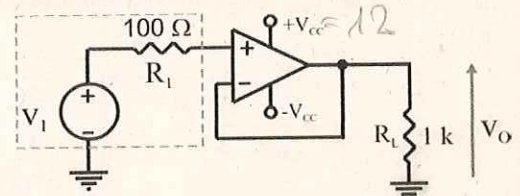
El amplificador operacional del circuito de la figura está alimentado a $\pm V_{cc} = \pm 12\text{ V}$

(1) 4.- ¿Cómo se conoce al amplificador operacional dispuesto de esta manera?

Seguidor de tensión

(1) 5.- Valor de la tensión v_0 si $v_1 = 5\text{ V}$

$v_0 = 5\text{ V}$



$I_B^+ = I_B^- = 0$
 $V^+ = V^- =$

(2) 6.- ¿Qué ventaja presenta este circuito frente a conectar directamente v_1 y R_1 a R_L ?

Si hiciésemos la conexión directa v_1 y v_0 solo serían iguales en el caso de que $R_1 \ll R_L$. Con el seguidor de tensión es independiente de las resistencias.

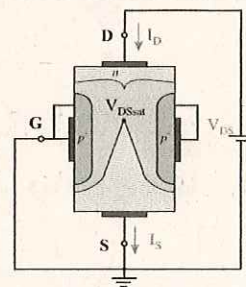
(1) 7.- Completar la siguiente tabla para un transistor BJT npn

Polarización Unión de emisor	Polarización Unión de colector	Zona de funcionamiento
Directa	Directa	SATURACION
Directa	Inversa	ACTIVA
Inversa	Directa	ACTIVA INVERSORA
Inversa	Inversa	CORTE

- (1) 8.- En referencia a los transistores de efecto de campo, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?
- Los transistores de efecto de campo se conocen como FET, *Field Effect Transistors*.
 - Su uso es reducido en electrónica, y se limita a la implementación de las puertas lógicas en circuitos digitales.
 - En ellos, la corriente que circula por el dispositivo es controlada por la tensión aplicada a uno de los terminales (la puerta), con respecto a otro de los terminales (la fuente).
 - Los dos tipos de FET más importantes son el MOSFET y el JFET.

(1) 9.- Con respecto al dispositivo de la figura, indicar qué afirmación es correcta:

- El dispositivo es un JFET de canal p.
- El dispositivo está polarizado en la región óhmica o lineal de funcionamiento.
- Si V_{DS} varía ligeramente, I_D prácticamente no varía.
- Si V_{GS} se hace muy negativo, I_D aumenta.



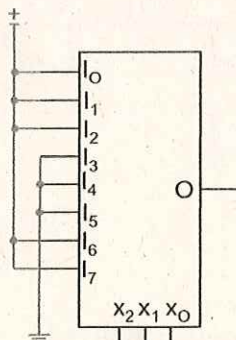
JFET canal n zona de saturación $V_{DS} \geq V_{DSsat} = V_{GS} - V_{GSoff}$

(1) 10.- Indicar qué dispositivo FET se encuentra polarizado en la región de saturación:

- JFET de canal n, con $V_{GS} = 1\text{ V}$
- MOSFET de acumulación y canal p, con $V_{GS} = 0\text{ V}$
- MOSFET de deplexión y canal n, con $V_{GS} = 1,5\text{ V}$ y $V_{DS} > V_{DSAT}$
- Ninguno de los anteriores.

JFET saturación $V_{DS} \geq V_{DSsat} = V_{GS} - V_{GSoff}$

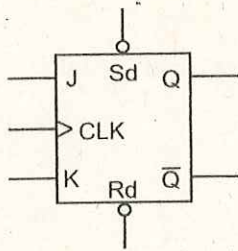
(2) 11.- En la figura aparece representado un multiplexor de 8:1. Rellenar los datos de la tabla



C	B	A	X_0	X_1	X_2		
0	0	1	I_1	A	B	C	O
0	0	0	I_2	0	1	0	1
0	1	0	I_3	1	0	0	1
0	1	1	I_4	1	1	0	0
1	0	0	I_5	0	1	1	1
1	0	1	I_6	1	1	1	1
1	1	0	I_7				
1	1	1	I_7				

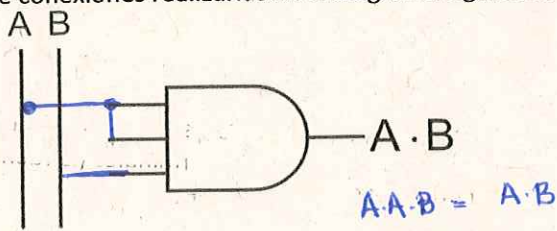
001
010
011

(1) 12.- Para el flip-flop de la figura, completar la tabla de la verdad adjunta:



J	K	Sd	Rd	Q_{n+1}
0	0	1	1	Q_n
0	0	1	0	0
1	0	0	1	1
1	1	1	1	\bar{Q}_n
0	1	0	1	1

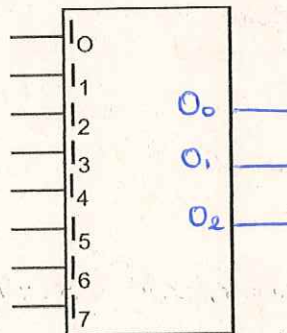
(1) 13.- Se desea realizar la operación lógica AND con dos variables A y B, pero únicamente se dispone de puertas AND de 3 entradas. Indicar que conexiones realizarías en el diagrama siguiente:



Se dispone de un codificador de decimal a binario natural. Si dispone de 8 entradas.

(1) 14.- ¿Cuántas salidas deberá tener?

Dibujarlas
 Entradas $2^n = 8$
 $n = 3$
 Salidas $n = 3$



(2) 15.- Completar la tabla de la verdad de dicho codificador.

Entradas								Salidas					
I_7	I_6	I_5	I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	O_2	O_1	O_0			
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1			
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0			
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1			
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0			
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1			



PROBLEMAS (6 puntos)

PROBLEMA 1. (2 puntos)

En el circuito de la figura, el transistor tiene una $\beta = 100$ y $|V_{BEon}| = 0,7$ V. Calcular:

$$I_B = 0,06 \text{ mA}$$

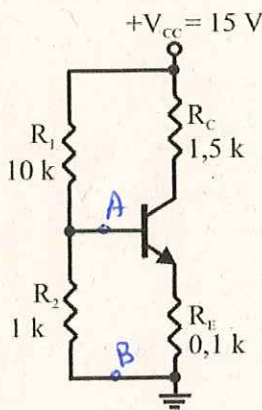
$$I_C = 6 \text{ mA}$$

$$I_E = 6,06 \text{ mA}$$

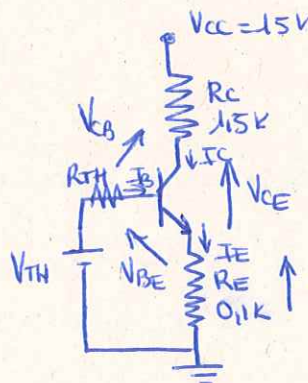
$$V_{CE} = 5,4 \text{ V}$$

$$V_{CB} = 4,7 \text{ V}$$

$$V_E = 0,606 \text{ V}$$



Aplico Thevenin entre los puntos A y B



$$R_{TH} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \cdot 10}{1 + 10} = 0,91 \text{ k}\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{15 \cdot 1}{1 + 10} = 1,36 \text{ V}$$

Suponemos que el transistor se encuentra trabajando en la ZONA ACTIVA

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

$$V_{CE} > V_{CEsat} \approx 0,2 \text{ V}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{TH} - I_B \cdot R_{TH} - V_{BE} - I_E \cdot R_E = 0$$

$$V_{TH} - I_B \cdot R_{TH} - V_{BE} - I_B (\beta + 1) \cdot R_E = 0$$

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + R_E (\beta + 1)} = \frac{1,36 - 0,7}{0,91 + 0,1 (100 + 1)} = 0,06 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 6 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 6,06 \text{ mA}$$

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} - I_E \cdot R_E = 0$$

$$V_{CE} = 15 - 1,5 \cdot 6 - 6,06 \cdot 0,1 = 5,4 \text{ V} > 0,2 \text{ V se cumple que está en la zona activa.}$$

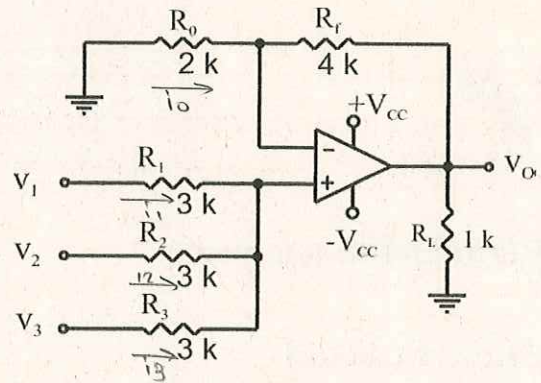
$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 5,4 - 0,7 = 4,7 \text{ V}$$

$$V_E = I_E \cdot R_E = 6,06 \cdot 0,1 = 0,606 \text{ V}$$

PROBLEMA 2. (2 puntos)

El amplificador operacional del circuito de la figura está alimentado a $\pm V_{cc} = \pm 10\text{ V}$.

1º.- Calcular la caída de tensión v_o en la resistencia R_L en función de las tensiones de entrada v_1, v_2 y v_3 .



$$V_O = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I_{B^+} = I_{B^-} = 0 \quad V^+ = V^-$$

$$\frac{-V^-}{R_0} = i_0$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{V_1 - V^+}{3} &= i_1 \\ \frac{V_2 - V^+}{3} &= i_2 \\ \frac{V_3 - V^+}{3} &= i_3 \end{aligned} \right\} i = i_1 + i_2 + i_3 = 0 = \frac{V_1 - V^+}{3} + \frac{V_2 - V^+}{3} + \frac{V_3 - V^+}{3} = 0 \Rightarrow \frac{V_1}{3} + \frac{V_2}{3} + \frac{V_3}{3} = V^+$$

$$\frac{V^+ - V_O}{4} = i_0 = \frac{-V^+}{2} \Rightarrow 2V^+ - 2V_O = -4V^+$$

$$6V^+ = 2V_O$$

$$3V^+ = V_1 + V_2 + V_3 = V_O$$

2º.- ¿Qué nombre recibe este circuito?

Sumador no inversor.

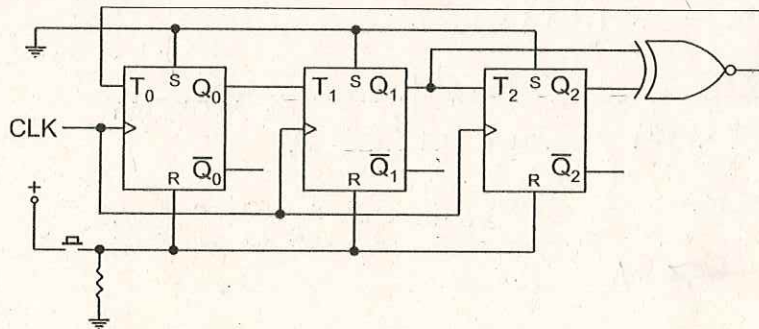
3º.- En el caso de que $v_1 = 3\text{ V}$, $v_2 = 4\text{ V}$ y $v_3 = 5\text{ V}$. Calcular el valor de la tensión v_o .

$$V_O = 10\text{ V}$$

$V_O = V_1 + V_2 + V_3 = 12\text{ V}$ no puede ser por saturación máximo valor 10v

PROBLEMA 3. (2 puntos)

Dado el circuito secuencial de la figura:



1º.- Obtener las expresiones lógicas de las entradas de los flip-flops T_0, T_1 y T_2 en función de las salidas Q_0, Q_1 y Q_2 .

$$T_0 = \overline{Q_1 \oplus Q_2} = Q_1 Q_2 + \overline{Q_1} \overline{Q_2}$$

$$T_1 = Q_0$$

$$T_2 = Q_1$$

2º.- A partir de las expresiones rellenar la siguiente tabla.

El contador se inicializa en el instante 0 en el estado $Q_2=0, Q_1=0, Q_0=0$. Con estos valores calcular las entradas T_0, T_1 y T_2 que nos permitirán calcular las salidas Q_0, Q_1 y Q_2 en el instante 1 y así sucesivamente.

Instante	Q_2	Q_1	Q_0	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1
2	0	1	0	1	0	0
3	1	1	0	1	0	1
4	0	1	1	1	1	0
5	1	0	1	0	1	0
6	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	1

SON FLIP FLOP TIPO T

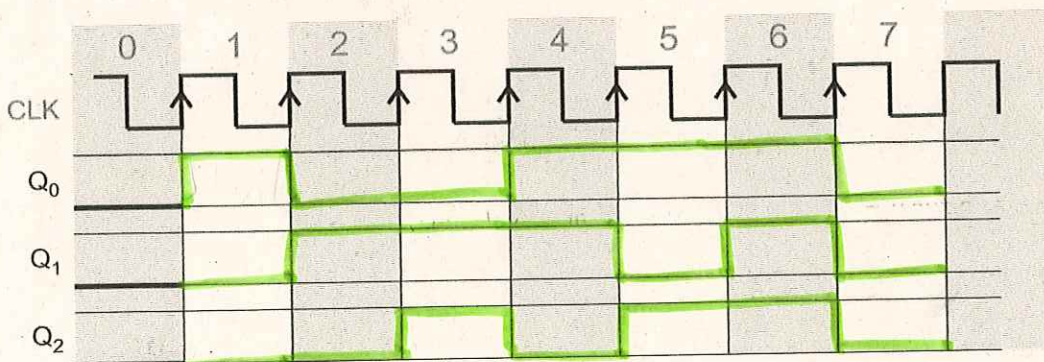
T	Q_{n+1}
0	Q_n
1	$\overline{Q_n}$

$$T_0 = Q_1 Q_2 + \overline{Q_1} \overline{Q_2}$$

$$T_1 = Q_0$$

$$T_2 = Q_1$$

3º.- Dibujar el diagrama de tiempos que se muestra a continuación



4º.- ¿Cuál es el módulo del contador? Si las salidas Q_0, Q_1 y Q_2 constituyen un número binario de 3 bits (Q_0 es el bit menos significativo y Q_2 el más significativo) ¿Cuál es la secuencia que sigue el contador expresada con números decimales?

Módulo = 7 = nº de estados

Secuencia = 0 1 2 6 3 5 7

he de cada instante.

5º.- ¿Qué ocurriría si inicializásemos el contador en el estado $Q_2=1, Q_1=0, Q_0=0$?

Instante	Q_2	Q_1	Q_0	T_2	T_1	T_0
0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0

Permanecería en el estado 4

100

(las entradas de los 3FF son 0; no cambian de estado).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

0 0 0 1 0 0

1 2 3 4 5
 6 7 8 9 10
 11 12 13 14 15

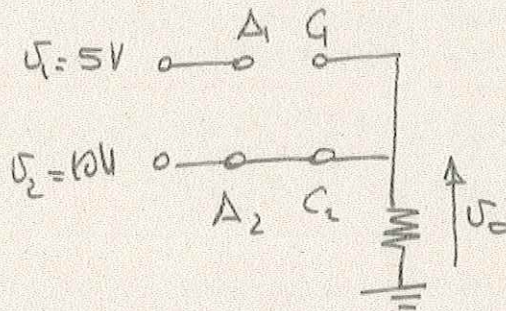
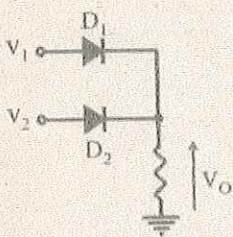
16 17 18 19 20
 21 22 23 24 25
 26 27 28 29 30



SOLUCIONES

TEORIA (4 puntos)

En el circuito de la figura los diodos son ideales, $v_1 = 5V$ y $v_2 = 10V$.

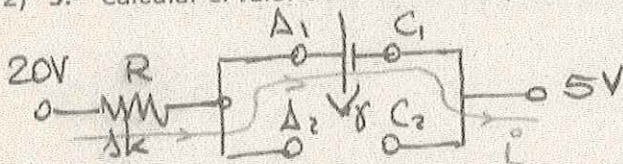


(2) 1.- Calcular el valor de la tensión v_0 . $v_0 = 10V$

(1) 2.- Indicar el estado de los diodos D_1 y D_2 .
 D_1 en inversa (corte)
 D_2 en directa (conducción)

En el circuito de la figura ambos diodos son de silicio ($V_\gamma = 0,7V$)

(2) 3.- Calcular el valor de la corriente que atraviesa la resistencia.



$$i = \frac{20 - 0,7 - 0,5}{R} = 74,3 \text{ mA}$$

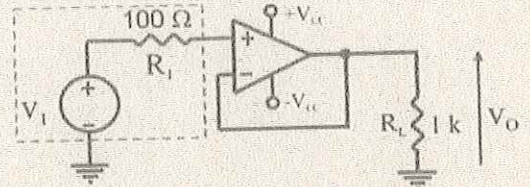
El amplificador operacional del circuito de la figura está alimentado a $\pm V_{cc} = \pm 12V$

(1) 4.- ¿Cómo se conoce al amplificador operacional dispuesto de esta manera?

Seguidor de tensión

(1) 5.- Valor de la tensión v_0 si $v_1 = 5V$

$$v_0 = 5V$$



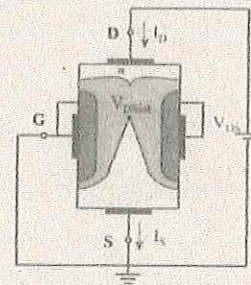
(2) 6.- ¿Qué ventaja presenta este circuito frente a conectar directamente v_1 y R_L a R_L ?
Si hiciésemos la conexión directa, v_1 y v_0 sólo serían iguales en el caso de que $R_1 \ll R_L$. Utilizando el seguidor de tensión $v_0 = v_1$ independientemente de R_1 y R_L .

(1) 7.- Completar la siguiente tabla para un transistor BJT pnp

Polarización Unión de emisor	Polarización Unión de colector	Zona de funcionamiento
Directa	Directa	Saturación
Directa	Inversa	Activa
Inversa	Directa	Activa inversa
Inversa	Inversa	Corte

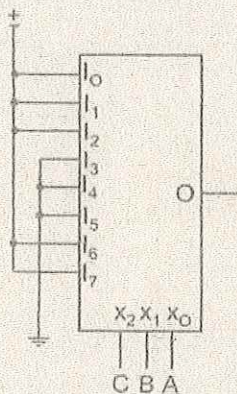
- (1) 8.- En referencia a los transistores de efecto de campo, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?
- Los transistores de efecto de campo se conocen como FET, *Field Effect Transistors*.
 - Su uso es reducido en electrónica, y se limita a la implementación de las puertas lógicas en circuitos digitales.
 - En ellos, la corriente que circula por el dispositivo es controlada por la tensión aplicada a uno de los terminales (la puerta), con respecto a otro de los terminales (la fuente).
 - Los dos tipos de FET más importantes son el MOSFET y el JFET.

- (1) 9.- Con respecto al dispositivo de la figura, indicar qué afirmación es correcta:
- El dispositivo es un JFET de canal p.
 - El dispositivo está polarizado en la región óhmica o lineal de funcionamiento.
 - Si V_{DS} varía ligeramente, I_D prácticamente no varía.
 - Si V_{GS} se hace muy negativo, I_D aumenta.



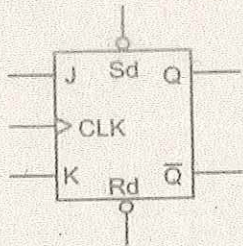
- (1) 10.- Indicar qué dispositivo FET se encuentra polarizado en la región de saturación:
- JFET de canal n, con $V_{GS} = 1\text{ V}$
 - MOSFET de acumulación y canal p, con $V_{GS} = 0\text{ V}$
 - MOSFET de depleción y canal n, con $V_{GS} = 1,5\text{ V}$ y $V_{DS} > V_{DSAT}$
 - Ninguno de los anteriores.

(2) 11.- En la figura aparece representado un multiplexor de 8:1. Rellenar los datos de la tabla



A	B	C	O
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	0	0
0	1	1	1
1	1	1	1

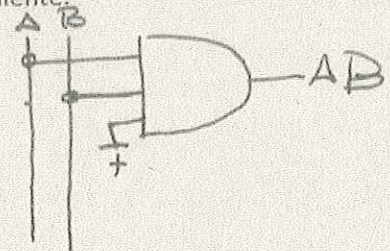
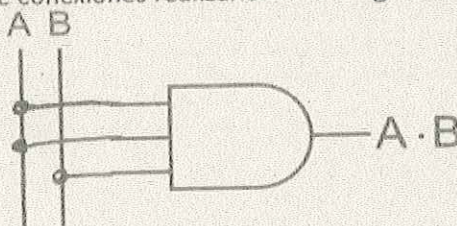
(1) 12.- Para el flip-flop de la figura, completar la tabla de la verdad adjunta:



J	K	Sd	Rd	Q_{n+1}
0	0	1	1	Q_n
0	0	1	0	0
1	0	0	1	1
1	1	1	1	Q_n
0	1	0	1	1

(1) 13.- Se desea realizar la operación lógica AND con dos variables A y B, pero únicamente se dispone de puertas AND de 3 entradas. Indicar que conexiones realizarías en el diagrama siguiente:

Hay varias posibilidades

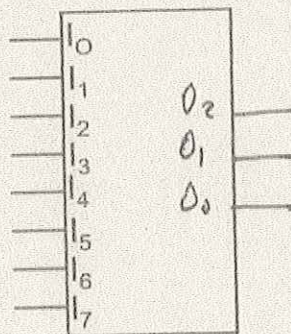


Se dispone de un codificador de decimal a binario natural. Si dispone de 8 entradas.

(1) 14.- ¿Cuántas salidas deberá tener?

3 salidas

Dibujarlas



(2) 15.- Completar la tabla de la verdad de dicho codificador.

Entradas								Salidas				
I_7	I_6	I_5	I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	O_2	O_1	O_0		
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1		
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1		
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0		
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0		
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1		



1. deitura / 1er apellido

2. deitura / 2º apellido

SOLUCIONES

Izena / Nombre

Ikasturtea / Curso

3º

Taldea / Grupo

Data / Fecha

11 enero 2013

Kalifikazioa / Calificación

PROBLEMAS (6 puntos)

PROBLEMA 1. (2 puntos)

En el circuito de la figura, el transistor tiene una $\beta = 100$ y $|V_{BEon}| = 0,7$ V. Calcular:

$I_B = 0,06$ mA

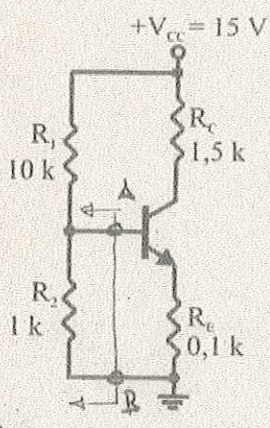
$I_C = 6$ mA

$I_E = 6,06$ mA

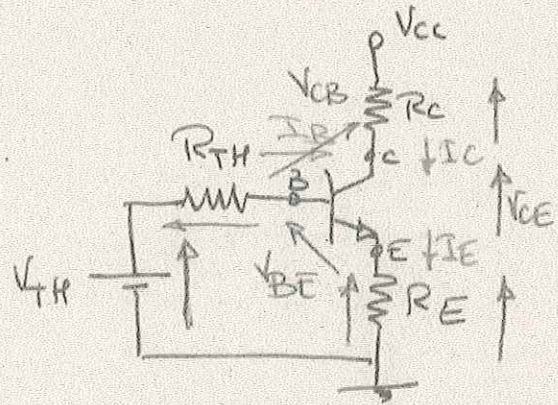
$V_{CE} = 5,4$ V

$V_{CB} = 4,7$ V

$V_E = 0,6$ V



Aplicando Thevenin entre A y B



$$R_{TH} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 0,91 \text{ k}\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2} = 1,36 \text{ V}$$

$$V_{TH} = R_E \cdot I_E + V_{BE} + R_{TH} \cdot I_B$$

Suponemos que estamos en la zona activa

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

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

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

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) R_E} = 0,06 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 6 \text{ mA}$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 6,06 \text{ mA}$$

De la malla de salida

$$V_{CC} = R_E \cdot I_E + V_{CE} + R_C \cdot I_C \Rightarrow V_{CE} = 5,4 \text{ V}$$

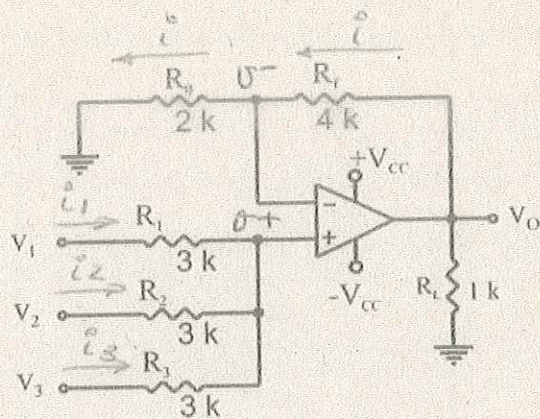
Por otra parte $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 4,7 \text{ V}$

$$V_E = R_E \cdot I_E = 0,6 \text{ V}$$

PROBLEMA 2. (2 puntos)

El amplificador operacional del circuito de la figura está alimentado a $\pm V_{cc} = \pm 10\text{ V}$.

1º.- Calcular la caída de tensión v_o en la resistencia R_f en función de las tensiones de entrada v_1, v_2 y v_3 .



$$v_o = v_1 + v_2 + v_3$$

$$\begin{aligned}
 i_1 &= \frac{v_1 - v^+}{R_1} \\
 i_2 &= \frac{v_2 - v^+}{R_2} \\
 i_3 &= \frac{v_3 - v^+}{R_3}
 \end{aligned}
 \left. \begin{aligned}
 i_1 + i_2 + i_3 &= 0 \\
 \frac{v_1 - v^+}{R_1} + \frac{v_2 - v^+}{R_2} + \frac{v_3 - v^+}{R_3} &= 0
 \end{aligned} \right\}
 \begin{aligned}
 \text{Como } R_1 = R_2 = R_3 = 3\text{ k} \\
 v_1 - v^+ + v_2 - v^+ + v_3 - v^+ &= 0 \\
 v_1 + v_2 + v_3 - 3v^+ &= 0 \Rightarrow v^+ = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}
 \end{aligned}$$

La corriente por R_0 y por R_f es la misma

$$i = \frac{v^-}{R_0} = \frac{v_o - v^-}{R_f}; \quad v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_0}\right) v^- = 3v^-$$

Por haber realimentación negativa $v^+ = v^- \Rightarrow v_o = v_1 + v_2 + v_3$

2º.- ¿Qué nombre recibe este circuito?

Sumador (no inversor)

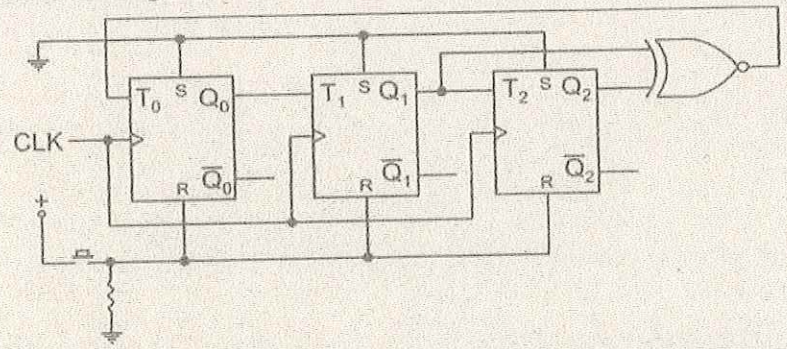
3º.- En el caso de que $v_1 = 3\text{ V}$, $v_2 = 4\text{ V}$ y $v_3 = 5\text{ V}$. Calcular el valor de la tensión v_o .

$$v_o = 10\text{ V}$$

$v_1 + v_2 + v_3 = 3 + 4 + 5 = 12\text{ V}$. Como el operacional está alimentado a $\pm 10\text{ V}$. La máxima v_o será 10 V

PROBLEMA 3. (2 puntos)

Dado el circuito secuencial de la figura:



1º.- Obtener las expresiones lógicas de las entradas de los flip-flops T_0, T_1 y T_2 en función de las salidas Q_0, Q_1 y Q_2 .

$$T_0 = \overline{Q_1} \oplus \overline{Q_2}$$

$$T_1 = Q_0$$

$$T_2 = Q_1$$

2º.- A partir de las expresiones rellenar la siguiente tabla.

El contador se inicializa en el instante 0 en el estado $Q_2=0, Q_1=0, Q_0=0$. Con estos valores calcular las entradas T_0, T_1 y T_2 que nos permitirán calcular las salidas Q_0, Q_1 y Q_2 en el instante 1 y así sucesivamente.

Instante	Q_2	Q_1	Q_0	T_2	T_1	T_0
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1
2	0	1	0	1	0	0
3	1	1	0	1	0	1
4	0	1	1	1	1	0
5	1	0	1	0	1	0
6	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	1

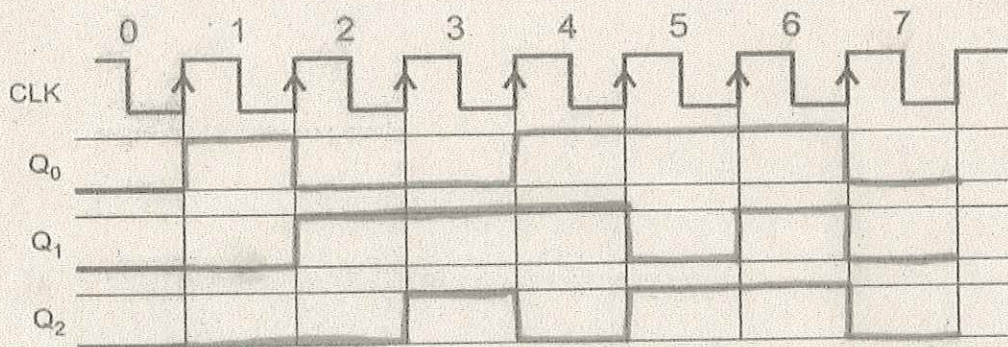
$$T_2 = Q_1$$

$$T_1 = Q_0$$

$$T_0 = \overline{Q_1 \oplus Q_2}$$

Q_1	Q_2	T_0
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3º.- Dibujar el diagrama de tiempos que se muestra a continuación



4º.- ¿Cuál es el módulo del contador? Si las salidas Q_0, Q_1 y Q_2 constituyen un número binario de 3 bits (Q_0 es el bit menos significativo y Q_2 el más significativo) ¿Cuál es la secuencia que sigue el contador expresada con números decimales?



Módulo = 7

Secuencia = 0 1 2 6 3 5 7

5º.- ¿Qué ocurriría si inicializásemos el contador en el estado $Q_2=1, Q_1=0, Q_0=0$?

Q_2	Q_1	Q_0	T_2	T_1	T_0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0

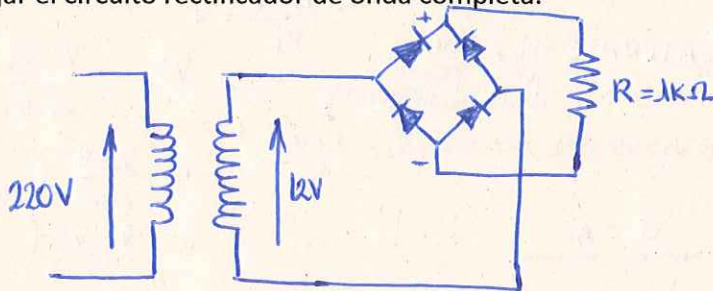
Las entradas de los 3 T.F. serían 0, por lo que no cambiarían nunca de estado, es decir, permanece fija indefinidamente en el estado (4) 100.

 <p>Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao</p>  <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p>	1. deitura/1er apellido		Titulazioa/Titulación Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial
	2. deitura/2º apellido		Ikasgaia/Asignatura ELECTRONICA GENERAL
	Izena/Nombre		Data/Fecha 26 junio 2013
	Ikasturtea/Curso 3º	Taldea/Grupo	Kalifikazioa/Calificación

TEORIA (4 puntos)

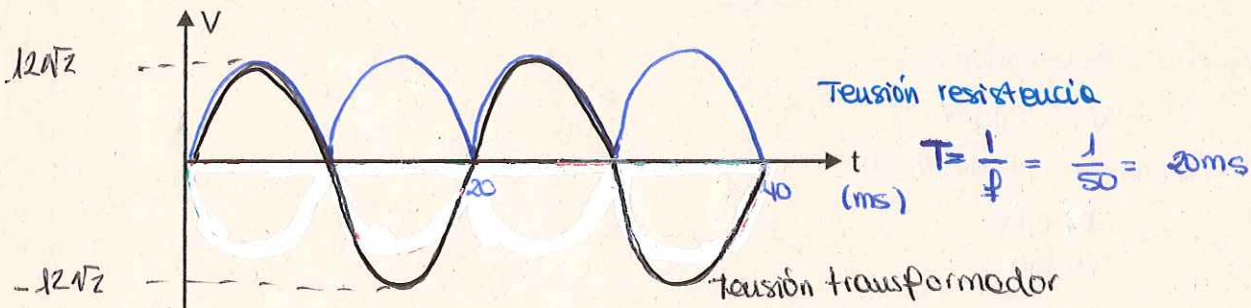
Si disponemos de un transformador de 220 V/12 V, un puente de diodos y una resistencia de 1 kΩ.

- 1.- Dibujar el circuito rectificador de onda completa.



Si el primario del transformador se alimenta con la tensión de la red (220 V 50 Hz).

- 2.- Dibujar la tensión del secundario del transformador y la tensión en la resistencia.

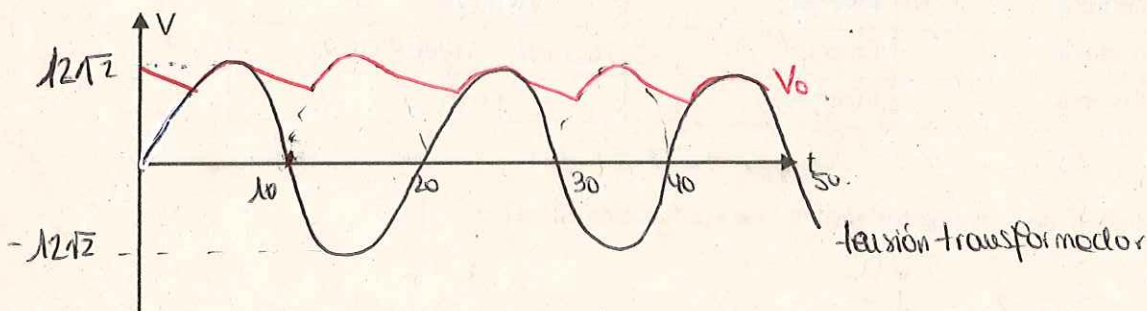


- 3.- ¿Cuál es el valor máximo de la tensión en la resistencia?

$$V_{\text{max}} = 12\sqrt{2} \approx 17\text{V}$$

Si queremos filtrar dicha tensión mediante un condensador.

- 4.- Dibujar la tensión del secundario del transformador y la tensión en la resistencia.

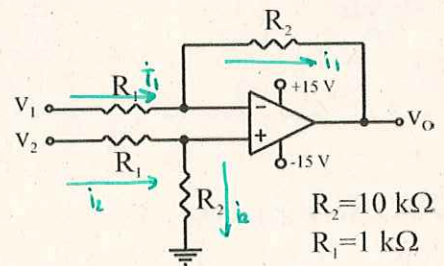


5.- Valor del periodo de la tensión en la resistencia.

$$T = 20 \text{ ms}$$

6.- ¿Con qué nombre se conoce el circuito de la figura?

Amplificador de tensión diferencial



7.- Valor de la tensión v_o si $v_1 = 5 \text{ V}$ y $v_2 = 4 \text{ V}$

$$V_o = -10 \text{ V}$$

8.- Valor de la tensión v_o si $v_1 = -5 \text{ V}$ y $v_2 = 4 \text{ V}$

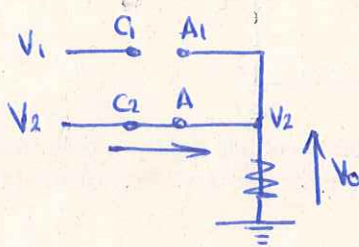
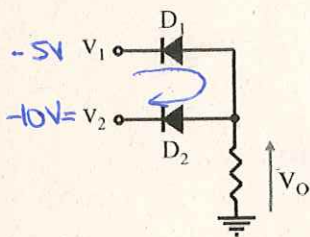
$V_o = 90 \text{ V}$ SATURADO (no puede ser de más de lo alimentado)
 $V_o = 15 \text{ V}$

$$V^+ = R_2 \cdot i_2 = R_2 \cdot \frac{V_2 - V^+}{R_1}$$

$$\frac{V_2 - V^+}{R_1} = i_2$$

$$V^+ = \frac{V_2 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 3,64 \text{ V}$$

En el circuito de la figura los diodos son ideales, $v_1 = -5 \text{ V}$ y $v_2 = -10 \text{ V}$.



$$i_1 = \frac{v_1 - v^+}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{v^+ - v_o}{R_2}$$

$$R_2 v_1 - v^+ R_2 = v^+ R_1 - v_o R_1$$

$$v_o R_1 = v^+ (R_2 + R_1) - R_2 v_1$$

$$v_o = \frac{v^+ (R_2 + R_1) - R_2 v_1}{R_1}$$

9.- Calcular el valor de la tensión v_o .

$$V_o = -10 \text{ V}$$

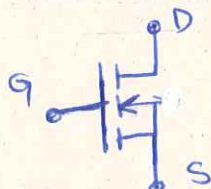
10.- Indicar el estado de los diodos D_1 y D_2 .

D_1 OFF
 D_2 ON

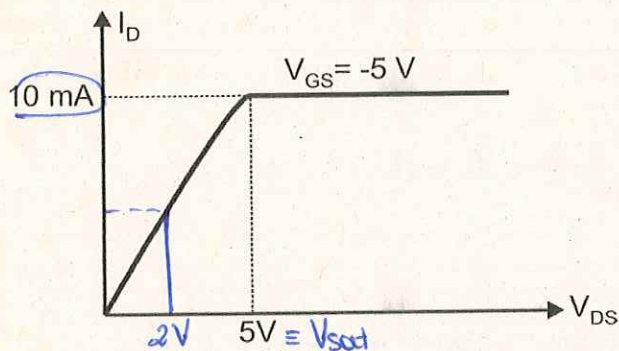
11.- Completar la siguiente tabla para un transistor BJT npn

Polarización Unión de emisor	Polarización Unión de colector	Zona de funcionamiento
Directa	Directa	SATURACIÓN
Directa	Inversa	ACTIVA
Inversa	Directa	ACTIVA INVERSORA
Inversa	Inversa	CORTE

12.- Dibujar el símbolo de un transistor MOSFET de acumulación canal n.



En la figura aparece representada, de forma aproximada, la característica I-V de un JFET de canal n



$$V_{sat} = V_{GS} - V_{GSOFF}$$

$$5 = -5 - V_{GSOFF}$$

$$V_{GSOFF} = -10V$$

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

$$10 = I_{DSS} \left(1 - \frac{-5}{-10}\right)^2$$

$$10 = I_{DSS} \cdot \frac{1}{4}$$

ZONA LINEAL

13.- Calcular el valor de la tensión V_{GSoff} .

$$-10V$$

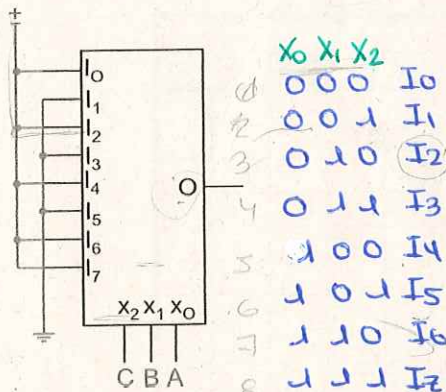
14.- Calcular el valor de la corriente I_{DSS} .

$$I_{DSS} = 40mA$$

15.- Si le aplicamos una tensión V_{DS} de 2 V. ¿Cuál será el valor de la corriente de drenador I_D que circula por el transistor?

En la zona lineal: $5 - 10$ $\frac{20}{5} = 4mA$
 $2 - x$

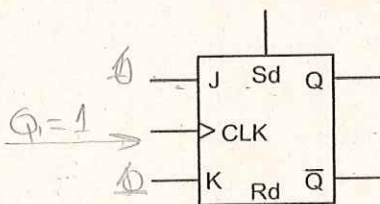
16.- En la figura aparece representado un multiplexor de 8:1. Rellenar los datos de la tabla



	X_0	X_1	X_2	
A	B	C	O	
0	1	0	1	
1	0	0	0	
1	1	0	0	
0	1	1	1	
1	1	1	1	

¡ATENCIÓN AL ORDEN!

17.- Para el flip-flop de la figura, completar la tabla de la verdad adjunta:



J	K	(Sd)	Rd	Q_{n+1}
0	0	0	0	Q_n
0	0	1	0	1
1	0	0	1	0
1	1	0	0	Q_n
0	1	0	1	0

CAMBIA DE ESTADO

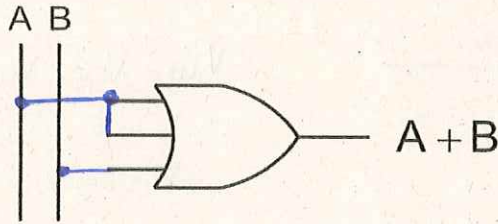
$$Q_{reset} = 1$$

$$Q_{set} = 0$$

Siempre q / Sd = 1 $\rightarrow Q_{n+1} = 1$
 $Rd = 1 \rightarrow Q_{n+1} = 0$
 Sd y Rd no pueden ser los dos uno

18.- Se desea realizar la operación lógica OR con dos variables A y B, pero únicamente se dispone de puertas OR de 3 entradas. Indicar que conexiones realizarías en el diagrama siguiente:

$A+A+B = A+B$



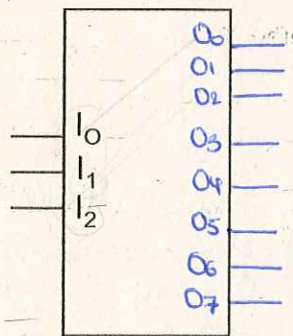
Se dispone de un decodificador de binario natural a decimal. Si dispone de 3 entradas:

19.- ¿Cuántas salidas deberá tener?

Dibujarlas

n entradas

2^n salidas $\Rightarrow 2^3 = 8$





O ₀	000
O ₁	001
O ₂	010
O ₃	011

20.- Completar la tabla de la verdad de dicho decodificador.

Entradas			Salidas											
I ₂	I ₁	I ₀	O ₇	O ₆	O ₅	O ₄	O ₃	O ₂	O ₁	O ₀	X	X	X	X
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0				
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0				
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0				
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0				
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0				

$0 = 100$

 <p>Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao</p>  <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p>	1. deitura/1er apellido	Titulazioa/Titulación Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial	
	2. deitura/2º apellido	Ikasgaia/Asignatura ELECTRONICA GENERAL	
	Izena/Nombre	Data/Fecha 26 junio 2013	
	Ikasturtea/Curso 3º	Taldea/Grupo	Kalifikazioa/Calificación

PROBLEMAS (6 puntos)

PROBLEMA 1. (2 puntos)

En el circuito de la figura, el transistor tiene una $\beta = 100$ y $|V_{BEon}| = 0,7$ V. Calcular:

$$I_B = 0,092 \text{ mA}$$

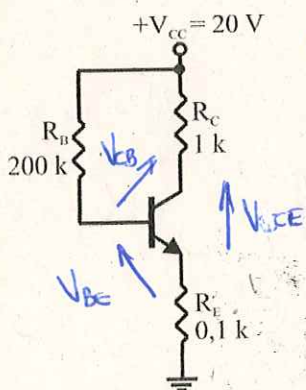
$$I_C = 9,2 \text{ mA}$$

$$I_E = 9,292 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 9,87 \text{ V}$$

$$V_{CB} = 9,17 \text{ V}$$

$$V_E = 0,93 \text{ V}$$



Suponemos que el transistor se encuentra trabajando en la zona activa:

$$V_{BE} = V_{BEon} = 0,7 \text{ V}$$

$$V_{CE} > V_{CEsat} = 0,2 \text{ V}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$20 \text{ V} - I_B \cdot R_B - V_{BE} - R_E \cdot I_E = 0$$

$$20 - I_B \cdot 200 - 0,7 - I_B (\beta + 1) \cdot R_E = 0$$

$$I_B = \frac{20 - 0,7}{200 + 101 \cdot 0,1} = 0,092 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 9,2 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C = 9,292 \text{ mA}$$

$$20 - 9,2 \cdot 1 - V_{CE} - 9,292 \cdot 0,1 = 0 \rightarrow V_{CE} = 9,87 \text{ V}$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 9,17 \text{ V}$$

$$V_E = R_E \cdot I_E = 9,292 \cdot 0,1 = 0,93 \text{ V}$$

PROBLEMA 2. (2 puntos)

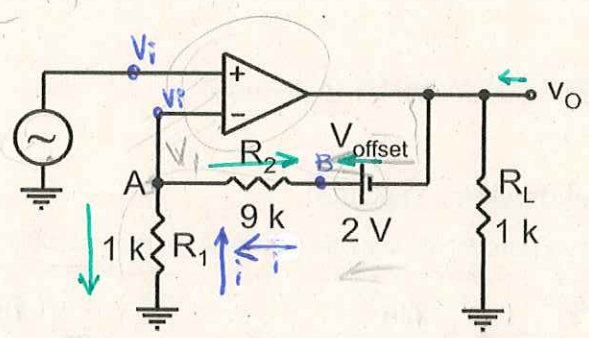
El amplificador operacional del circuito de la figura está alimentado a $\pm V_{cc} = \pm 10\text{ V}$.

1º.- Calcular la caída de tensión v_o en la resistencia R_L en función de las tensiones de entrada v_i .

$$V_o = 10V_i - 2$$

FET
 $I_B^+ = I_B^- = 0$
 $V_B^+ = V_B^- = V_i$

$$I = \frac{V_i}{R_1 + R_2}$$



$$9V_i = V_{offset} + V_o - V_i$$

$$10V_i - V_{offset} = V_o$$

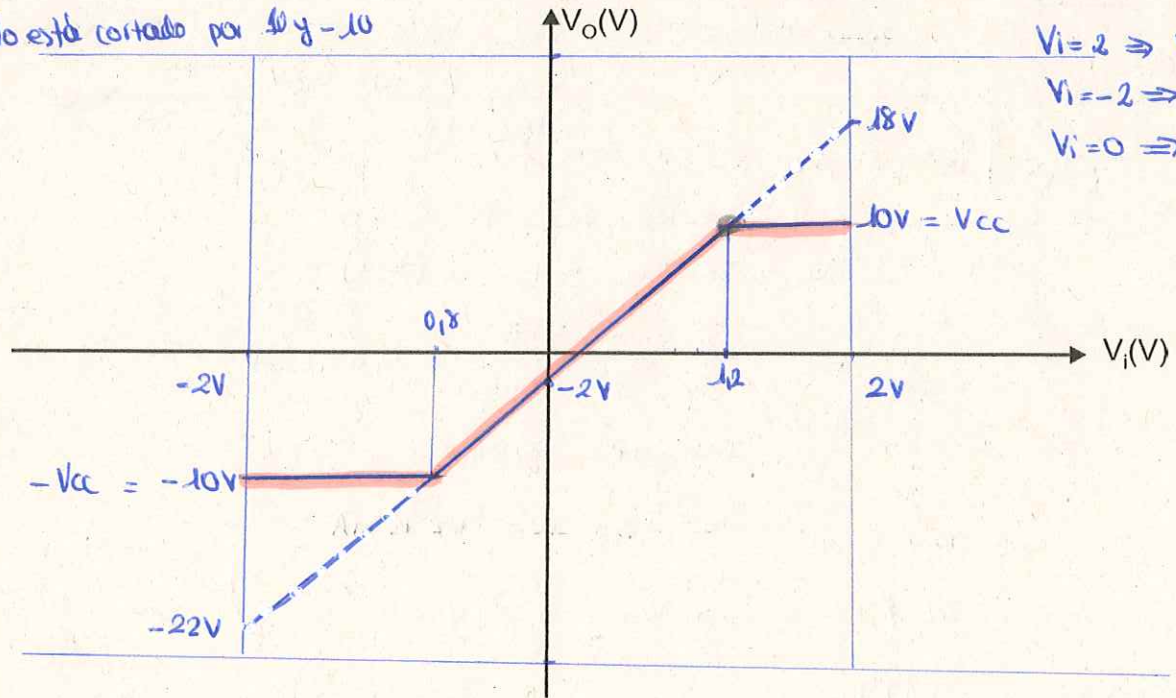
$$10V_i - 2 = V_o$$

$$i = \frac{V_i}{1k}$$

$$0 = V_i + i \cdot R_2 - V_{offset} - V_o \rightarrow \frac{V_{offset} + V_o - V_i}{R_2} = i$$

2º.- Dibujar la función de transferencia del circuito cuando v_i varía entre -2 V y 2 V

V_o está cortado por 10 y -10



$$V_i = 2 \Rightarrow V_o = 18$$

$$V_i = -2 \Rightarrow V_o = -22$$

$$V_i = 0 \Rightarrow V_o = -2$$

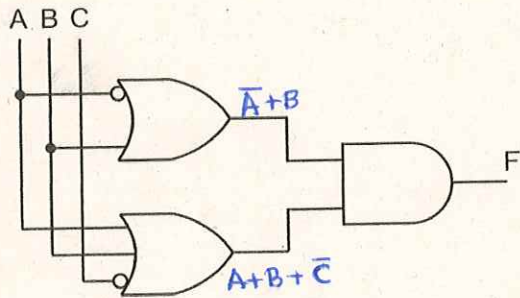
3º.- En el caso de que $v_i = 2\text{ V}$. Calcular el valor de la tensión en el punto A

Cuando $V_i = 2$. Cuando $V_i = 2$ el amplificador se encuentra saturado ($V_o = 10$) por lo tanto no puedo calcular mediante cortocircuito virtual

$$V_A = 1,2V$$

PROBLEMA 3. (2 puntos)

Dado el circuito combinacional de la figura:



$$\begin{aligned}
 & (\bar{A}+B)(A+B+\bar{C}) \\
 & \bar{A}A + \bar{A}B + \bar{A}\bar{C} + BA + B + B\bar{C} \\
 & \bar{A}\bar{C} + B(\bar{A}+A+B+\bar{C}) = \bar{A}\bar{C} + B
 \end{aligned}$$

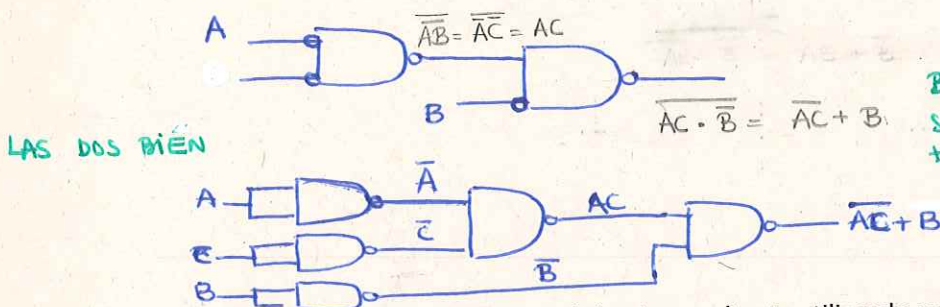
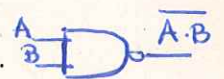
1º.- Obtener la expresión de la función lógica F en función de las variables A, B y C.

$F = (\bar{A}+B)(A+B+\bar{C})$

2º.- Utilizando el álgebra de Boole, simplificar dicha función.

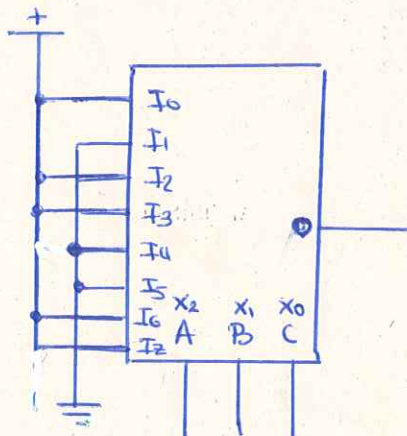
$F = \bar{A}\bar{C} + B$

3º.- Con la función simplificada, dibujar el circuito resultante utilizando únicamente puertas NAND.

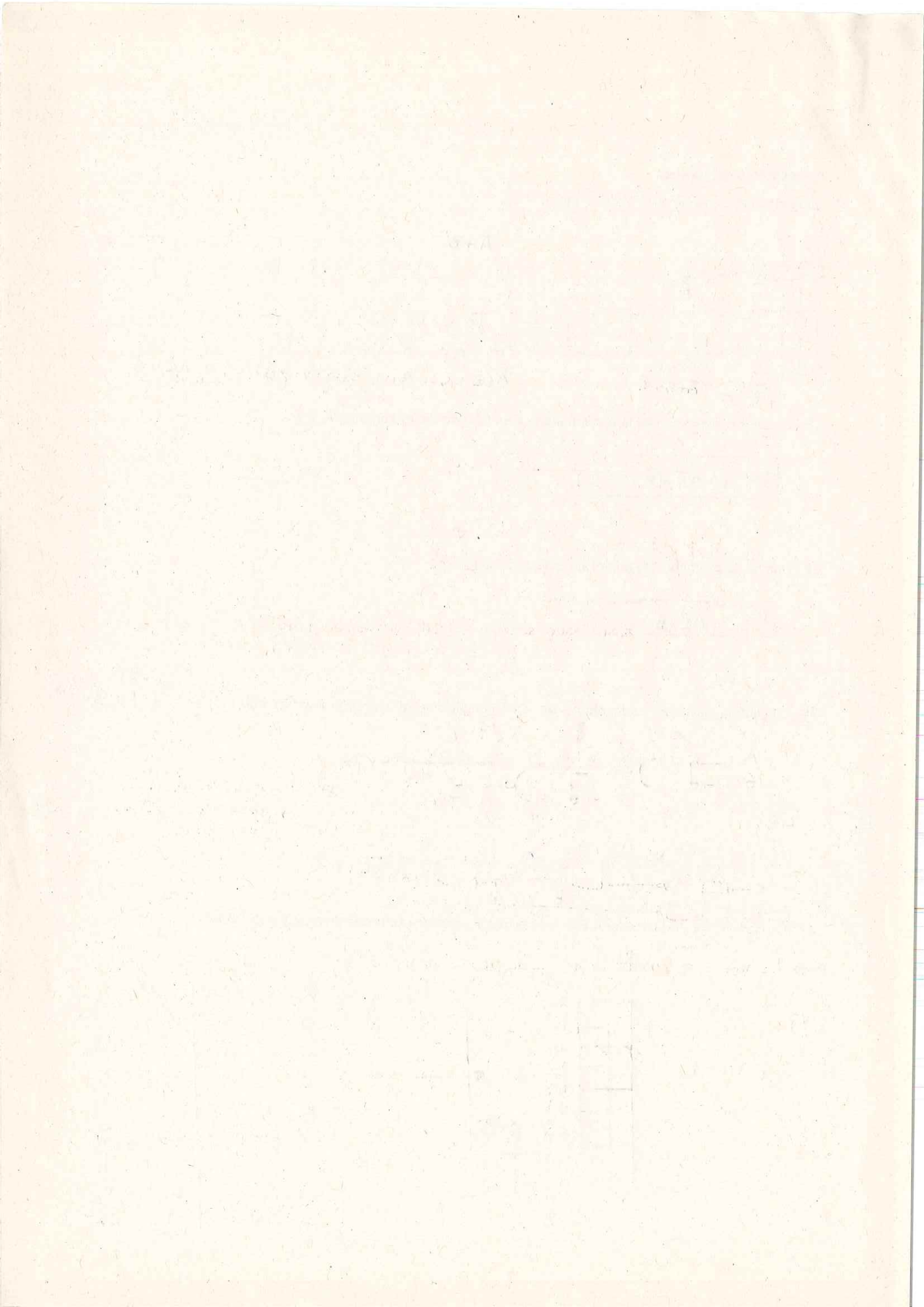




BIÉN; pero como me piden solo puertas NAND voy a hacer la negación también con NAND.

4º.- Con la función simplificada, realizar el circuito resultante utilizando un multiplexor de 8:1.



X_2	X_1	X_0	D	I
0	0	0	1	I_0
0	0	1	0	I_1
0	1	0	1	I_2
0	1	1	1	I_3
1	0	0	0	I_4
1	0	1	0	I_5
1	1	0	1	I_6
1	1	1	1	I_7

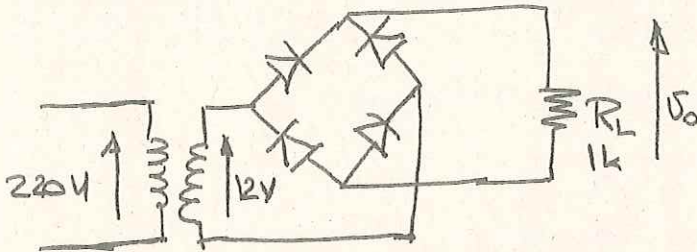


 <p>Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa Escuela Técnica Superior de Ingeniería Bilbao</p>  <p>Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea</p>	1. deitura/1er apellido	Titulazioa/Titulación Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial	
	2. deitura/2º apellido	Ikasgaia/Asignatura ELECTRÓNICA GENERAL	
	Izena/Nombre	Data/Fecha 26 junio 2013	
	Ikasturtea/Curso 3º	Taldea/Grupo	Kalifikazioa/Calificación

TEORIA (4 puntos)

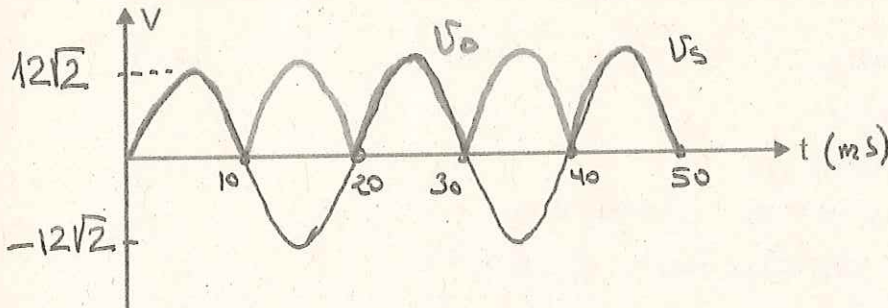
Si disponemos de un transformador de 220 V/12 V, un puente de diodos y una resistencia de 1 kΩ.

- 1.- Dibujar el circuito rectificador de onda completa.



Si el primario del transformador se alimenta con la tensión de la red (220 V 50 Hz).

- 2.- Dibujar la tensión del secundario del transformador y la tensión en la resistencia.

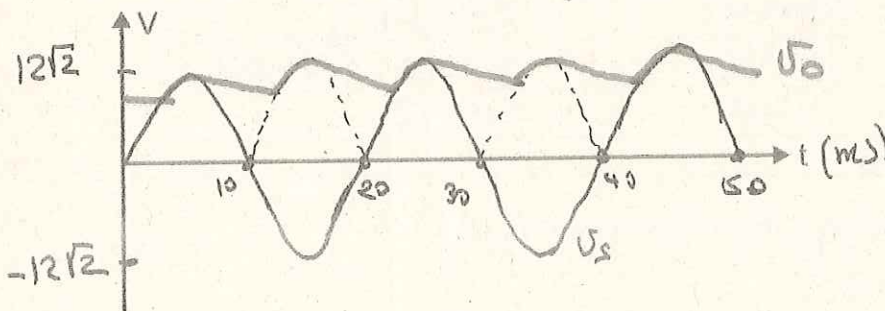


- 3.- ¿Cuál es el valor máximo de la tensión en la resistencia?

$$V_{m\acute{a}x} = 12 \cdot \sqrt{2} \approx 17 \text{ V}$$

Si queremos filtrar dicha tensión mediante un condensador.

- 4.- Dibujar la tensión del secundario del transformador y la tensión en la resistencia.

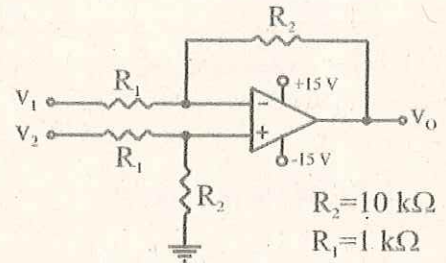


5.- Valor del periodo de la tensión en la resistencia.

$$T = 20 \text{ ms}$$

6.- ¿Con qué nombre se conoce el circuito de la figura?

Amplificador diferencial



7.- Valor de la tensión v_o si $v_1 = 5 \text{ V}$ y $v_2 = 4 \text{ V}$

$$v_o = 10(4 - 5) = -10 \text{ V}$$

8.- Valor de la tensión v_o si $v_1 = -5 \text{ V}$ y $v_2 = 4 \text{ V}$

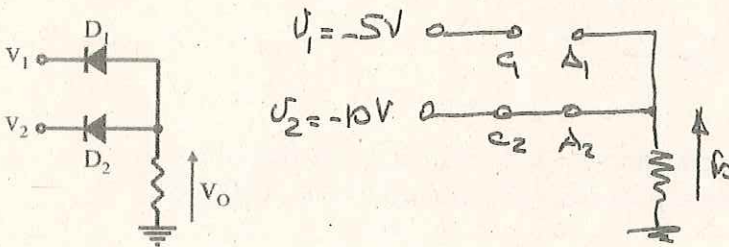
$$v_o = 10(4 - (-5)) = 90 \text{ V} \Rightarrow \text{SATURADO}$$

$$v_o = +15 \text{ V}$$

$$v_o = \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1)$$

$$v_o = 10 (v_2 - v_1)$$

En el circuito de la figura los diodos son ideales, $v_1 = -5 \text{ V}$ y $v_2 = -10 \text{ V}$.



9.- Calcular el valor de la tensión v_o .

$$v_o = -10 \text{ V}$$

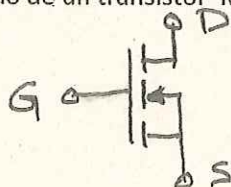
10.- Indicar el estado de los diodos D_1 y D_2 .

D_1 en corte (inversa)
 D_2 en conducción (directa)

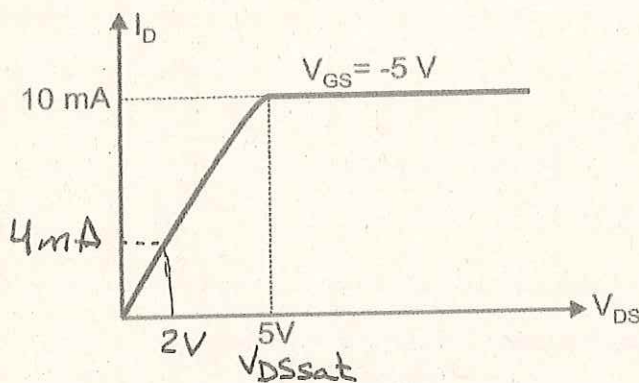
11.- Completar la siguiente tabla para un transistor BJT npn

Polarización Unión de emisor	Polarización Unión de colector	Zona de funcionamiento
Directa	Directa	SATURACIÓN
Directa	Inversa	ACTIVA
Inversa	Directa	ACTIVA INVERSA
Inversa	Inversa	CORTE

12.- Dibujar el símbolo de un transistor MOSFET de acumulación canal n.



En la figura aparece representada, de forma aproximada, la característica I-V de un JFET de canal n



$$V_{DSSsat} = V_{GS} - V_{GSoff}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Si } V_{DSSsat} = 5V \\ V_{GS} = -5V \end{array} \right\} V_{GSoff} = -10V$$

$$I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GSoff}} \right]^2$$

$$10 = I_{DSS} \left[1 - \frac{5}{10} \right]^2$$

$$I_{DSS} = 40 \text{ mA}$$

13.- Calcular el valor de la tensión V_{GSoff} .

$$V_{GSoff} = -10V$$

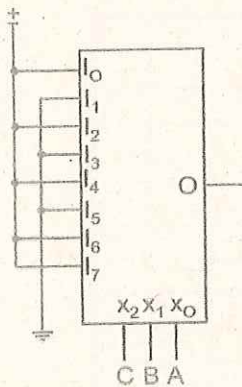
14.- Calcular el valor de la corriente I_{DSS} .

$$I_{DSS} = 40 \text{ mA}$$

15.- Si le aplicamos una tensión V_{DS} de 2 V. ¿Cuál será el valor de la corriente de drenador I_D que circula por el transistor?

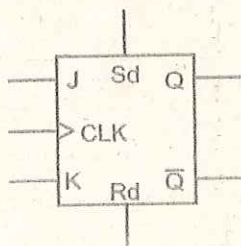
En la zona lineal $I_D = 2 \cdot V_{DS} \Rightarrow$ Para $V_{DS} = 2V \rightarrow I_D = 4 \text{ mA}$

16.- En la figura aparece representado un multiplexor de 8:1. Rellenar los datos de la tabla



A	B	C	O
0	1	0	1
1	0	0	0
1	1	0	0
0	1	1	1
1	1	1	1

17.- Para el flip-flop de la figura, completar la tabla de la verdad adjunta:



J	K	Sd	Rd	Q_{n+1}
0	0	0	0	Q_n
0	0	1	0	1
1	0	0	1	0
1	1	0	0	\bar{Q}_n
0	1	0	1	0



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao



Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

1. deitura/1er apellido

2. deitura/2º apellido

Izena/Nombre

Ikasturtea/Curso

3º

Taldea/Grupo

Titulazioa/Titulación
Grado en Ingeniería
en Tecnología Industrial

Ikasgaia/Asignatura
ELECTRONICA
GENERAL

Data/Fecha

26 junio 2013

Kalifikazioa/Calificación

PROBLEMAS (6 puntos)

PROBLEMA 1. (2 puntos)

En el circuito de la figura, el transistor tiene una $\beta = 100$ y $|V_{BEon}| = 0,7$ V. Calcular:

$$I_B = 92 \mu A$$

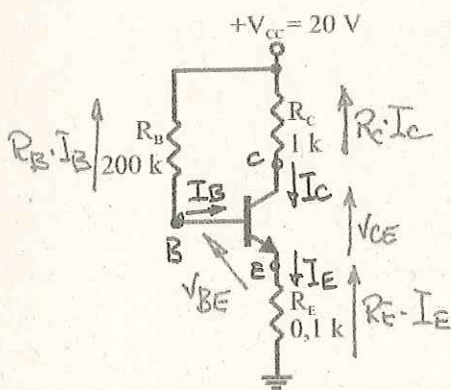
$$I_C = 9,2 \text{ mA}$$

$$I_E = 9,3 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 9,9 \text{ V}$$

$$V_{CB} = 9,2 \text{ V}$$

$$V_E = 0,93 \text{ V}$$



De la malla de la izquierda:

$$V_{CC} = R_E \cdot I_E + V_{BE} + R_B \cdot I_B$$

Si suponemos que estamos en zona activa

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

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

$$V_{CC} = R_E (\beta + 1) I_B + V_{BE} + R_B \cdot I_B$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + R_E (\beta + 1)} = \frac{20 - 0,7}{200 + 0,1 \cdot 101} = 0,0919 \text{ mA} \approx 92 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 9,2 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C = (\beta + 1) I_B = 9,3 \text{ mA}$$

De la malla de la derecha

$$R_E \cdot I_E + V_{CE} + R_C I_C = V_{CC} \rightarrow V_{CE} = 20 - 0,1 \cdot 9,3 - 1 \cdot 9,2 = 9,9 \text{ V}$$

$$V_E = R_E \cdot I_E = 0,1 \cdot 9,3 = 0,93 \text{ V}$$

$$V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 9,9 - 0,7 = 9,2 \text{ V}$$

PROBLEMA 2. (2 puntos)

El amplificador operacional del circuito de la figura está alimentado a $\pm V_{cc} = \pm 10$ V.

1º.- Calcular la caída de tensión v_o en la resistencia R_L en función de las tensiones de entrada v_i .

$$v_o = 10 v_i - 2$$

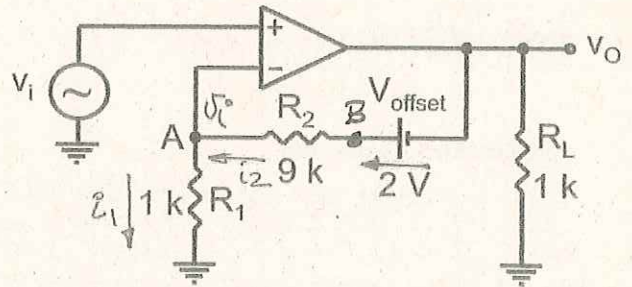
Por haber realimentación negativa $v_A = v_B$

$$i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{v_A}{R_1} = \frac{v_B - v_A}{R_2}$$

$$v_A = v_i$$

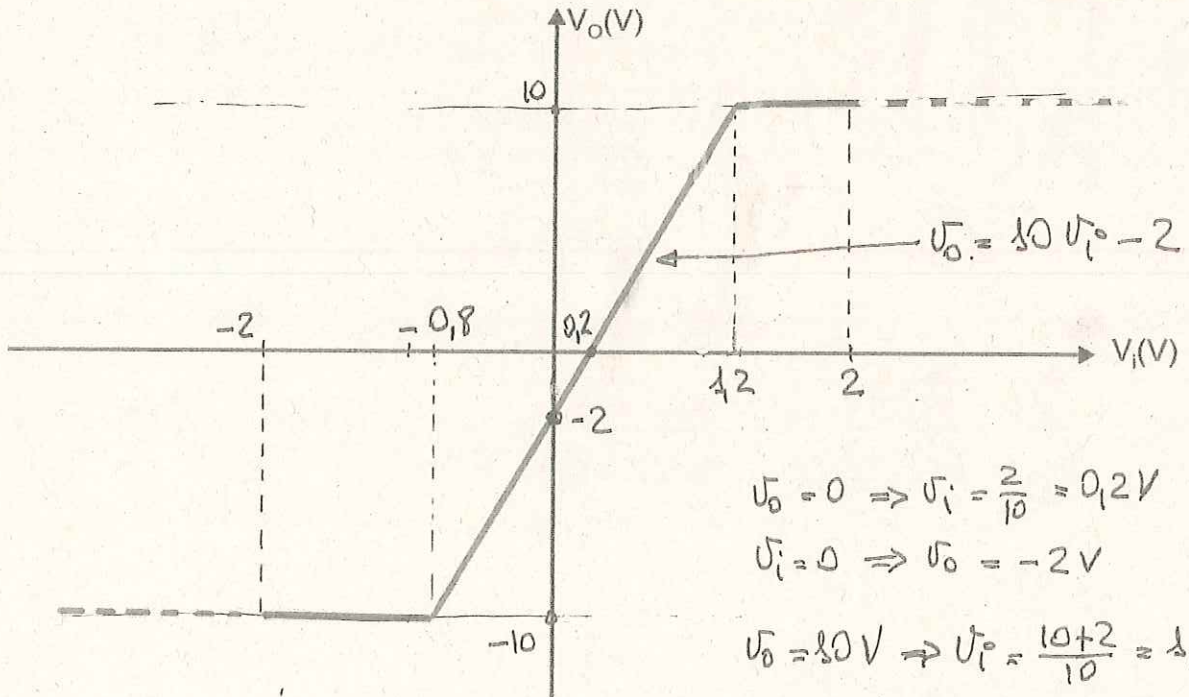
$$v_B = v_o + V_{offset}$$

$$\frac{v_i}{R_1} = \frac{v_o + V_{offset} - v_i}{R_2}$$



$$v_o = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) v_i - V_{offset} = 10 v_i - 2$$

2º.- Dibujar la función de transferencia del circuito cuando v_i varía entre -2 V y 2 V



$$v_o = 0 \Rightarrow v_i = \frac{2}{10} = 0,2V$$

$$v_i = 0 \Rightarrow v_o = -2V$$

$$v_o = 10V \Rightarrow v_i = \frac{10+2}{10} = 1,2V$$

$$v_o = -10V \Rightarrow v_i = \frac{-10+2}{10} = -0,8V$$

3º.- En el caso de que $v_i = 2$ V. Calcular el valor de la tensión en el punto A

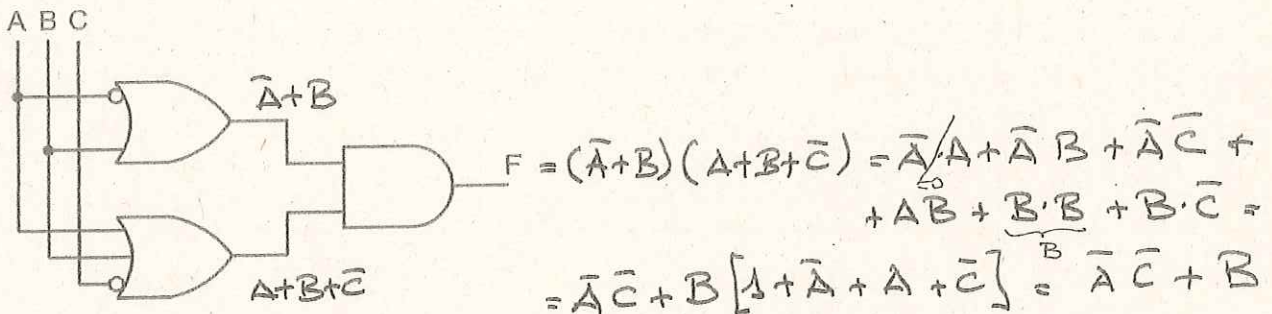
Para $v_i = 2V$ el operacional está saturado \Rightarrow NO SE CUMPLE LA CONDICION DE CORTECIRCUITO VIRTUAL. $v_A = v_i$

$$\frac{v_A}{R_1} = \frac{v_B - v_A}{R_2}; \frac{v_A}{R_1} = \frac{v_o + V_{offset} - v_A}{R_2}; v_A \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = v_o + V_{offset} \Rightarrow v_A = \frac{v_o + V_{offset}}{1 + \frac{R_2}{R_1}}$$

Para $v_i = 2 \Rightarrow v_o = 10V$
 $v_A = 1,2V$

PROBLEMA 3. (2 puntos)

Dado el circuito combinacional de la figura:



1º.- Obtener la expresión de la función lógica F en función de las variables A, B y C.

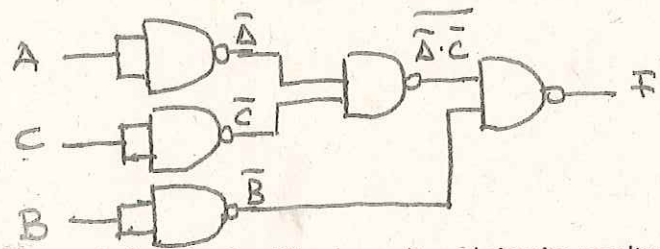
$$F = (\bar{A} + B)(A + B + \bar{C})$$

2º.- Utilizando el álgebra de Boole, simplificar dicha función.

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

3º.- Con la función simplificada, dibujar el circuito resultante utilizando únicamente puertas NAND.

$$F = \bar{A}\bar{C} + B = \overline{\overline{\bar{A}\bar{C}}} + B = \overline{\overline{\bar{A}} \cdot \overline{\bar{C}}} + B = \overline{\overline{\bar{A}} \cdot \overline{\bar{C}}} \cdot \overline{\bar{B}}$$



4º.- Con la función simplificada, realizar el circuito resultante utilizando un multiplexor de 8:1.

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

