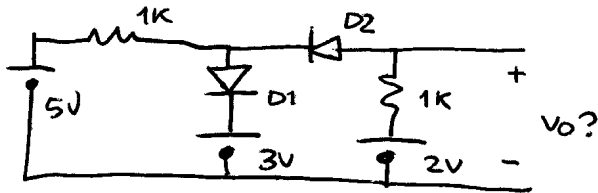
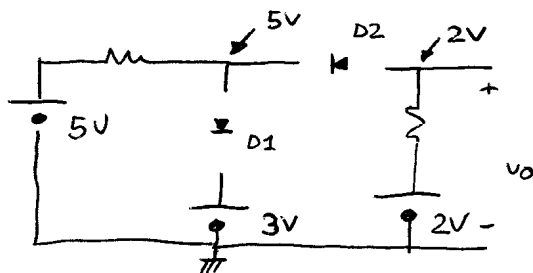


CALCULAR  $V_0$  ( $V_\gamma = 0.6V$ )



D1 D2  
OFF OFF

¿  $V_{D1} < V_\gamma$  ?  
¿  $V_{D2} < V_\gamma$  ?

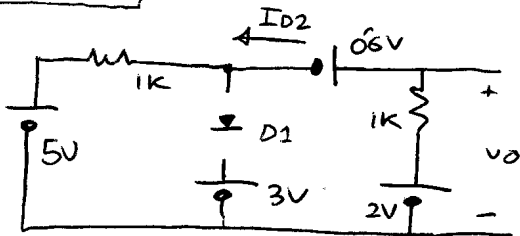


$V_{D1} = 5V - 3V = 2V < V_\gamma = 0.6V$  NO  $\Rightarrow$  CASO (OFF OFF) ES IMPOSIBLE.

$V_{D2} = 2V - 5V = -3V < V_\gamma = 0.6V$  SI COMO D1 HA FALLADO Y D2 NO, ES PROBABLE, PERO NO SEGURO QUE D1 ESTÉ EN ON Y D2 EN OFF

D1 D2  
OFF ON

¿  $V_{D1} < V_\gamma$  ?  
¿  $I_{D2} > 0$  ?



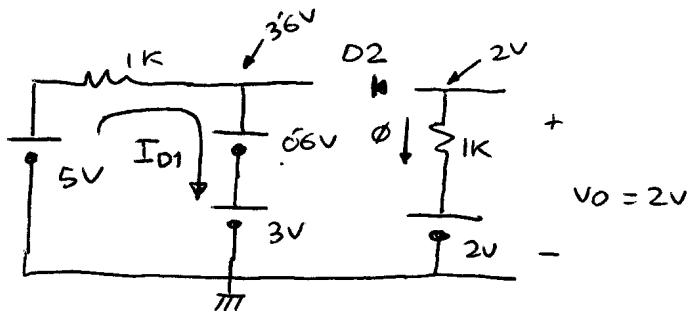
- PLANTEO EC. de MALLA

$$2V - 0.6V - 5V = I_{D2} \cdot (1K + 1K)$$

$$I_{D2} = -1.8mA > 0 \text{ NO } \Rightarrow \text{CASO IMPOSIBLE}$$

D1 D2  
ON OFF

¿  $I_{D1} > 0$  ?  
¿  $V_{D2} < V_\gamma$  ?



- PLANTEO EC de MALLA

$$5V - 0.6V - 3V = I_{D1} \cdot 1K$$

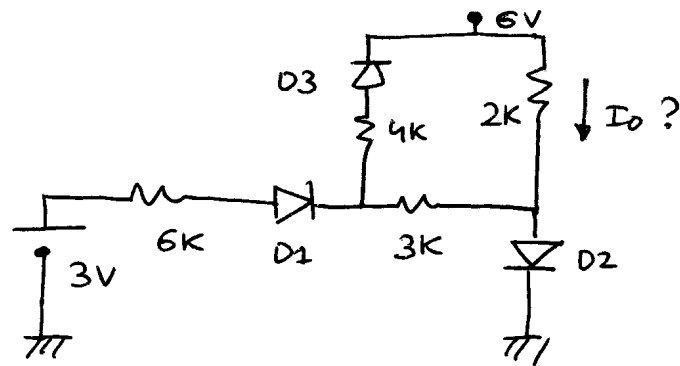
$$I_{D1} = 1.4mA > 0 \text{ SI}$$

$$V_{D2} = (2V - 3V) = -1V < V_\gamma \text{ SI}$$

D1 en ON  
D2 en OFF  
 $V_0 = 2V$

CALCULAR  $I_0$

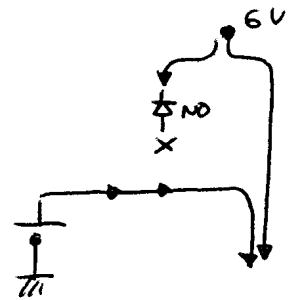
$$V_\gamma = 0.6V$$



### 1 INSPECCION

LAS CORRIENTES CIRCULARIAN (PROBABLEMENTE) ASI:

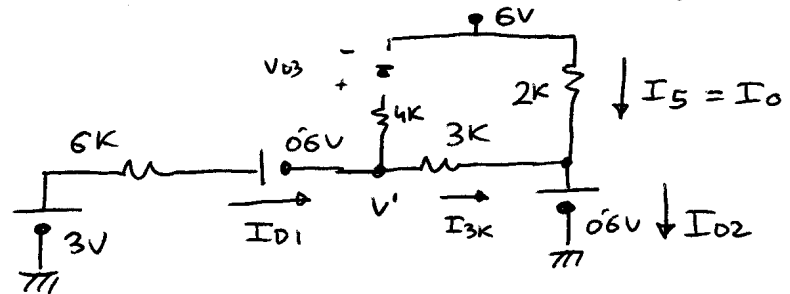
PARECE QUE D3 ESTARA EN CORTE, YA QUE LA CORRIENTE INTENTA FLUIR EN SENTIDO CONTRARIO AL DIODO



### 2 SUPOSICION

D1	D2	D3
ON	ON	OFF
↓	↑	↓
¿ $I_{D1} > 0$ ?		¿ $V_{D3} < V_\gamma$ ?
	↓	
¿ $I_{D2} > 0$ ?		

### 3 APLICO LOS MODELOS DE LOS DIODOS, SEGUN SEA EL ESTADO (ON u OFF)



$$I_5 = \frac{6V - 0.6V}{2K} = 2.7mA (= I_0)$$

EC de RAMA (DESDE 3V a 0.6V de D2)

$$(3V - 0.6V) = I_{D1} \cdot 6K + 0.6V + I_{D1} \cdot 3K \Rightarrow I_{D1} = 0.2mA$$

( $I_{3K} = I_{D1}$ , ya que  $I_{4K} = 0$ )

$$\frac{V' - 0.6V}{3K} = I_{3K} = I_{D1} \Rightarrow V' = 1.2V \Rightarrow V_{D3} = (V' - 6V) = -4.8V$$

$$I_{D2} = I_5 + I_{3K} = 2.7mA + 0.2mA = 2.9mA$$

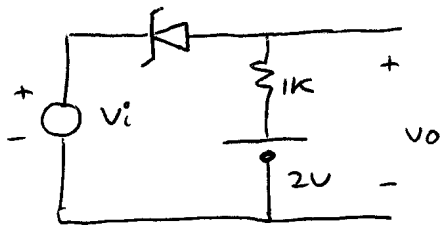
$I_{3K} = I_{D1}$

### 4 COMPROBAR ESTADO DE LOS DIODOS

$I_{D1} = 0.2mA > 0$	si	} $\Rightarrow$ <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>D1</td> <td>D2</td> <td>D3</td> </tr> <tr> <td>ON</td> <td>ON</td> <td>OFF</td> </tr> </table> e $I_0 = 2.7mA$	D1	D2	D3	ON	ON	OFF
D1	D2		D3					
ON	ON		OFF					
$I_{D2} = 2.9mA > 0$	si							
$V_{D3} < V_\gamma = 0.6V$ (-4.8V)	si							

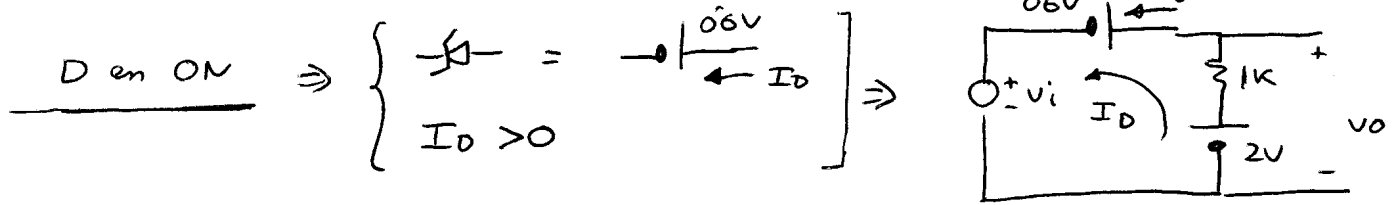
CALCULAR LOS VALORES DE  $V_i$  QUE PONEN AL DIODO EN:

- ON
- ZENER
- OFF



$$V_Z = 3V$$

$$V_D = 0.6V$$

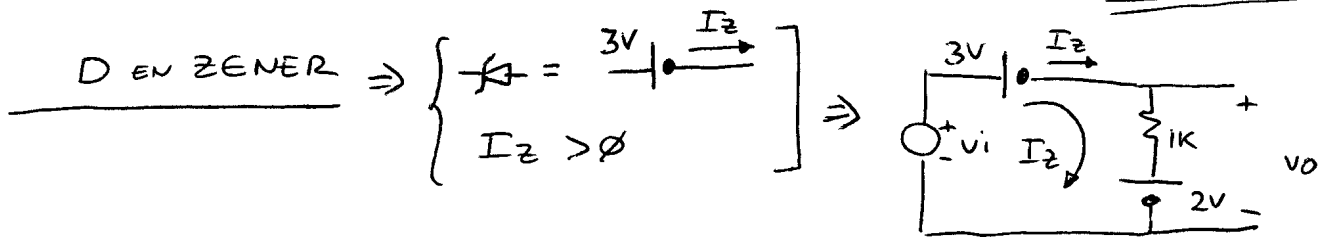


- PLANTEO EC DE MALLA

$$2V - 0.6V - V_i = I_D \cdot 1K \Rightarrow I_D = \frac{1.4 - V_i}{1K} \quad \boxed{\text{DEBE SER}} > \emptyset$$

$$\rightarrow V_O = V_i + 0.6V$$

$$V_i < 1.4V$$

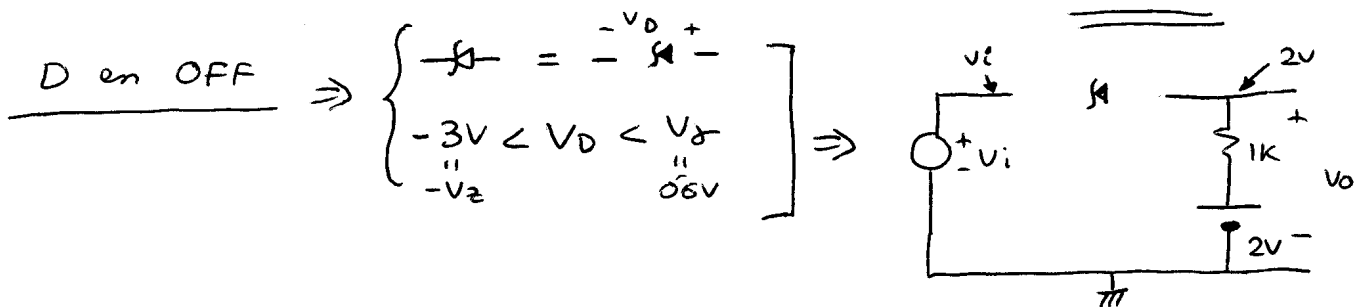


- PLANTEO EC DE MALLA

$$(V_i - 3V - 2V) = I_Z \cdot 1K \Rightarrow I_Z = \frac{V_i - 5}{1K} \quad \boxed{\text{DEBE SER}} > \emptyset$$

$$\rightarrow V_O = V_i - 3V$$

$$V_i > 5V$$



- PONGO TIERRA,  $\Rightarrow$  SE TENSION EN LOS DOS NODOS DEL DIODO

$$-3V < V_D = (2V - V_i) < 0.6V$$

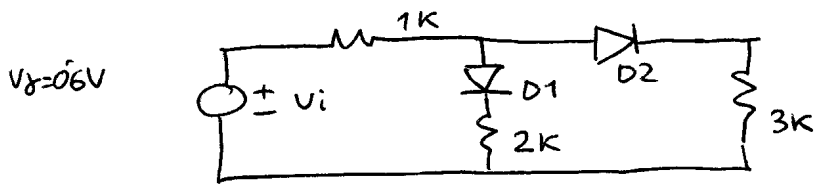
$\boxed{\text{DEBE SER}}$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2 - V_i < 0.6V \Rightarrow V_i > 1.4V \\ -3 < (2 - V_i) \Rightarrow V_i < 5V \end{array} \right.$$

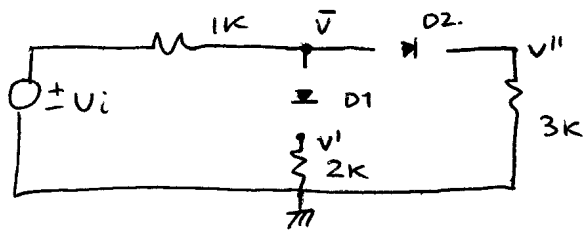
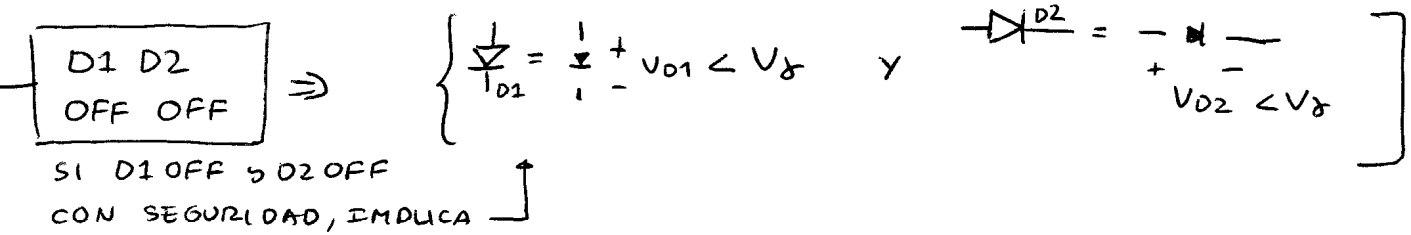
$$\rightarrow V_O = 2V$$

$$\underline{\underline{1.4V < V_i < 5V \Rightarrow D \text{ en OFF}}}$$

CALCULAR LOS VALORES DE  $V_i$  QUE PONEN A D1 D2 EN:



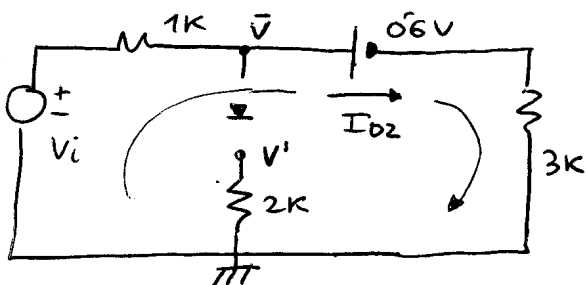
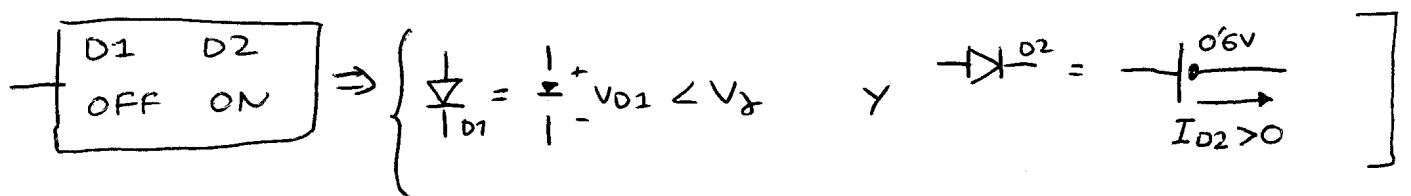
- OFF OFF
- OFF ON
- ON OFF
- ON ON



- PONGO TIERRA EN EL NODO DE ABAJO. COMO NO CIRCULA CORRIENTE POR 2K  $\Rightarrow V' = 0V$ . COMO NO CIRCULA CORRIENTE POR 3K  $\Rightarrow V'' = 0V$ . COMO NO CIRCULA CORRIENTE POR 1K  $\Rightarrow \bar{V} = V_i$

DEBE SER:

$$\begin{aligned} V_{D1} &= \bar{V} - V' = V_i - 0 = V_i < 0.6V = V_\gamma \Rightarrow V_i < 0.6V \\ V_{D2} &= \bar{V} - V'' = V_i - 0 = V_i < 0.6V = V_\gamma \Rightarrow V_i < 0.6V \end{aligned} \Rightarrow \underline{\underline{V_i < 0.6V}}$$



- PLANTEO EC de MALLA, CON INTENSIDAD DE MALLA  $I_{D2}$

$$V_i - 0.6V = I_{D2} \cdot 1K + I_{D2} \cdot 3K$$

$$I_{D2} = \frac{V_i - 0.6V}{4K} > 0 \Rightarrow V_i > 0.6V$$

DEBE SER

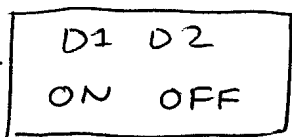
CASO IMPOSIBLE

- PONGO TIERRA EN EL NODO DE ABAJO
- POR 1K PASA  $I_{D2}$  HACIA LA DERECHA

$$\begin{aligned} I_{D2} &= \frac{V_i - \bar{V}}{1K} \Rightarrow \bar{V} = -I_{D2} \cdot 1K + V_i \\ I_{2K} &= 0 \Rightarrow V' = 0V \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} V_{D1} = \bar{V} - V' = V_i - I_{D2} \cdot 1K = \frac{3}{4}V_i + \frac{0.6}{4} \end{cases}$$

- COMO  $V_{D1}$  DEBE SER MENOR QUE 0.6V:  $V_{D1} = \frac{3}{4}V_i + \frac{0.6}{4} < 0.6 \Rightarrow V_i < 0.6V$

CONTINUA



$$V_i - 0.6V = I_{D1} \cdot 1K + I_{D1} \cdot 2K$$

$$I_{D1} = \frac{V_i - 0.6V}{3k} > 0 \Rightarrow V_i > 0.6V$$

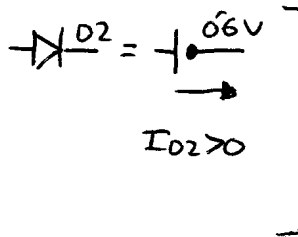
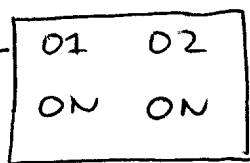
DEBE SER

-PLANTEO EC DE RAMA DESDE  $\bar{V}$  A  $\hat{V}$  (QUE ES IGUAL A  $V_{D2}$ , PUESTO QUE NO PASA CORRIENTE POR 3K)

$$(\bar{V} - \hat{V}) = +0.6V + I_{O1} \cdot 2K$$

$$V_{D2} = (\bar{V} - \hat{V}) = \cancel{0.6V} + \left( \frac{V_i - \cancel{0.6V}}{3K} \right) \cdot 2K < V_{th} = \cancel{0.6V} \Rightarrow V_i < \cancel{0.6V}$$

DEBS SER



- PONGO TIERRA EN EL NODO DE ABAJO

- PLANTEO EC DE NODO EN  $\bar{V}$

$$I = I_{01} + I_{02}$$

ECS. DE RAMA :

$$\begin{aligned} (\bar{V} - \phi) &= 0.6V + I_{01} \cdot 2K \\ (\bar{V} - \phi) &= 0.6V + I_{02} \cdot 3K \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} I_{O1} = \frac{V - 0.6V}{2K} \\ I_{O2} = \frac{V - 0.6V}{3K} \end{bmatrix}$$

$$\left( \frac{V_i - \bar{V}}{1K} \right) = I_{D1} + I_{D2}$$

$$\frac{V_i - \bar{V}}{1K} = \frac{\bar{V} - 0.6V}{2K} + \frac{\bar{V} - 0.6V}{3K} \Rightarrow \bar{V} = \frac{6V_i + 3V}{11}$$

$$I_{D1} = \frac{(6V_i + 3V) - 0.6 \cdot 11}{11 \cdot 2k} > 0 \Rightarrow V_i > 0.6V$$

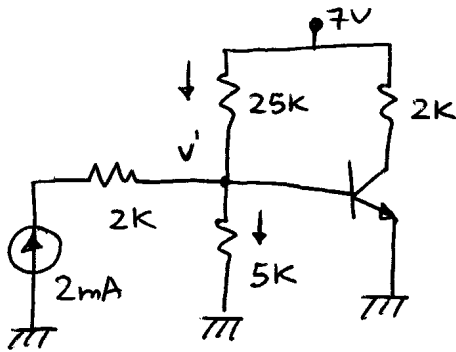
$$I_{D2} = \frac{(6V_i + 3V) - 6V}{11.3K} > 0 \Rightarrow V_i > 0.6V$$

5

CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION DEL BJT

$$V_{BE\ ZAD} = 0.65V$$

$$\beta = 100$$



### 1 INSPECCION

- LA BASE DEL BJT ESTA CONECTADA A 7V CON UNA RESISTENCIA NO MUY GRANDE, ADEMÁS ESTA CONECTADA A TIERRA CON 5K Y LA FUENTE DE INTENSIDAD HACE CRECER LA  $I_B$  DEL BJT. PODRIA ESTAR EN SATURACION, PERO REVISO ANTES EL CASO DE ZONA ACTIVA DIRECTA.

### 2 SUPOSICION

BJT - ZAD

$$V_{BE} = 0.65V$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$¿ V_{CE} > 0.2V ?$$

### 3 APLICO MODELO de ZAD

$$V_{BE} = 0.65V \Rightarrow V' = 0.65V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{5K} = \frac{0.65V}{5K} = 0.13mA$$

$$\Rightarrow I_{25K} = \frac{7V - V'}{25K} = 0.254mA$$

$$I_B = 2mA + I_{25K} - I_{5K} = 2.124mA \Rightarrow I_C = \beta I_B = 212.4mA$$

PLANTEO EC. de RAMA.

$$(7-0) = I_C \cdot 2K + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = -417.8V > 0.2V \quad \boxed{NO} \Rightarrow \text{NO ESTA EN Z. ACTIVA D.}$$

### 2 NUEVA SUPOSICION

BJT - SATURACION

$$V_{BE} = 0.75V$$

$$V_{CE} = 0.2V$$

$$¿ I_C < \beta I_B ?$$

### 3 APLICO MODELO DE SATURACION

$$V_{BE} = 0.75V \Rightarrow V' = 0.75V \Rightarrow \begin{cases} I_{5K} = \frac{0.75V}{5K} = 0.15mA \\ I_{25K} = \frac{7-0.75}{25K} = 0.25mA \end{cases}$$

$$I_B = 2mA + I_{25K} - I_{5K} = 2.1mA \Rightarrow \beta I_B = 210mA$$

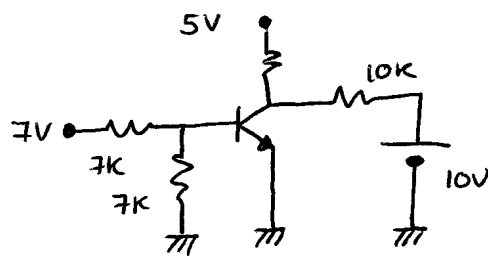
PLANTEO EC de RAMA

$$(7-0) = I_C \cdot 2K + V_{CE} \Rightarrow I_C = 3.4mA$$

$I_C < \beta I_B \Rightarrow$   
REALMENTE EN SATURACION

P.O.	SATURACION
	$I_C = 3.4mA$
	$V_{CE} = 0.2V$

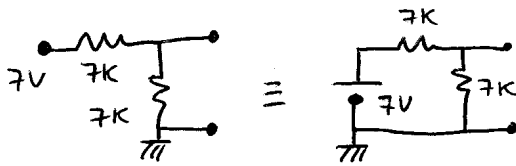
CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION



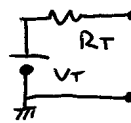
$$\beta = 100$$

$$V_{BE} = 0.65V$$

$$ZAD$$

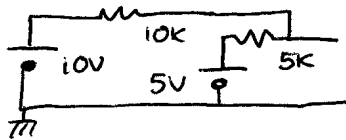


HAGO EQUIVALENTE  
THEVENIN

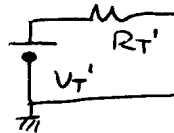


$$V_T = 7V \cdot \frac{7k}{7k+7k} = 3.5V$$

$$R_T = 7k // 7k = 3.5k$$



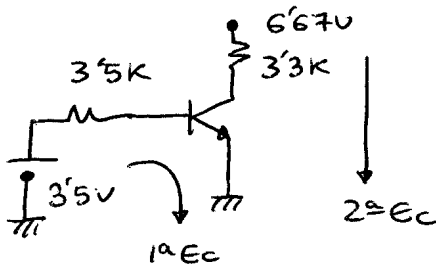
HAGO EQ  
THEVENIN



$$R_T' = 10k // 5k \cong 3.3k$$

$$V_T' = 10V \cdot \frac{5k}{10k+5k} + 5V \cdot \frac{10k}{10k+5k} \cong 6.67V$$

TRAS HACER LOS EQ. THEVENIN,  
EL CIRCUITO SE SIMPLIFICA:



SUPONGO ZAD

MODELO  $V_{BE} = 0.65V$

$I_C = \beta I_B$

COMPROBAR:  $V_{CE} > 0.2V$ ?

$$1^a) \rightarrow 3.5V = I_B \cdot 3.5k + V_{BE} \Rightarrow I_B = 0.814mA \Rightarrow I_C = 81.4mA$$

$$2^a) \rightarrow 6.67V = I_C \cdot 3.3k + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = -262V < 0.2V!! \Rightarrow$$

NO ESTA EN  
Z. ACTIVA D.

SUPONGO SATURACION

MODELO  $V_{BE} = 0.75V$

$V_{CE} = 0.2V$

COMPROBAR  $I_C < \beta I_B$

$$1^a) \rightarrow 3.5V = I_B \cdot 3.5k + V_{BE} \Rightarrow I_B = 0.786mA \Rightarrow \beta I_B = 78.6mA$$

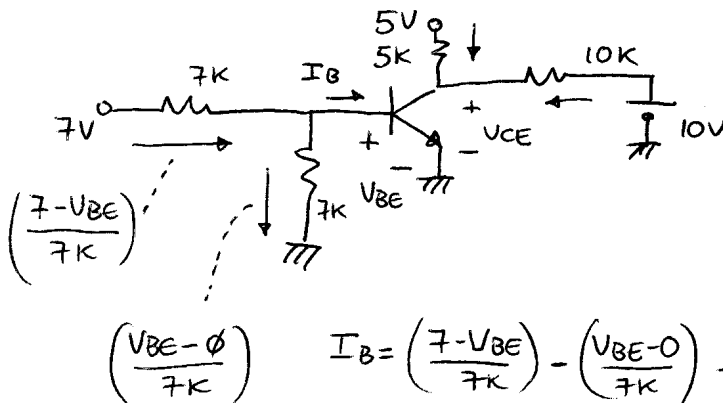
$$2^a) \rightarrow 6.67V = I_C \cdot 3.3k + V_{CE} \Rightarrow I_C = 1.96mA$$

ESTÁ EN SATURACION ( $I_C < \beta I_B$ ) y EL  
PUNTO DE OPERACION ES

$$I_C = 1.96mA$$

$$V_{CE} = 0.2V$$

▷ QUIZAS HUBIERA SIDO MAS SIMPLE NO HACER THEVENIN:



$$I_{5k} + I_{10k} = I_C$$

$\left( \frac{5-V_{CE}}{5k} \right) + \left( \frac{10V-V_{CE}}{10k} \right) = I_C$  → SI SE SABE  
 $I_C$ , SE CALCULA  
 $V_{CE}$ . SI SE  
SABE  $V_{CE}$ , SE  
CALCULA  $I_C$ .

$$I_B = \left( \frac{7-V_{BE}}{7k} \right) - \left( \frac{V_{BE}-0}{7k} \right) \rightarrow \text{SABIENDO } V_{BE} \text{ SE CALCULARIA } I_B$$

CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION DE LOS  
DOS TRANSISTORES Y  $V_0$

$$\left( \begin{array}{l} \beta = 50 \\ V_{BE} - ZAD = 0.65V \end{array} \right)$$

# 1 INSPECCION

- LAS RESISTENCIAS DE  
BASE SON GRANDES,  
SUPONGO EN Z.A.D.

# 2 SUPOSICION

Q1	Q2
ZAD	ZAD
$V_{BE} = 0.65V$	$V_{BE} = 0.65V$
$I_{C1} = \beta I_{B1}$	$I_{C2} = \beta I_{B2}$
$\downarrow V_{CE1} > 0.2V?$	$\downarrow V_{CE2} > 0.2V?$

$V_0 = V_{CE2} + I_{E2} \cdot 1K =$	
$I_C = 2.112mA$	$2.155mA$
$V_{CE} = 4.959V$	$8.618V$
Q1	Q2

CON  $I_{B1}$  e  $I_{B2}$  y la 2ª Ec

SE SACA  $V_{CE2} = 8.618V$

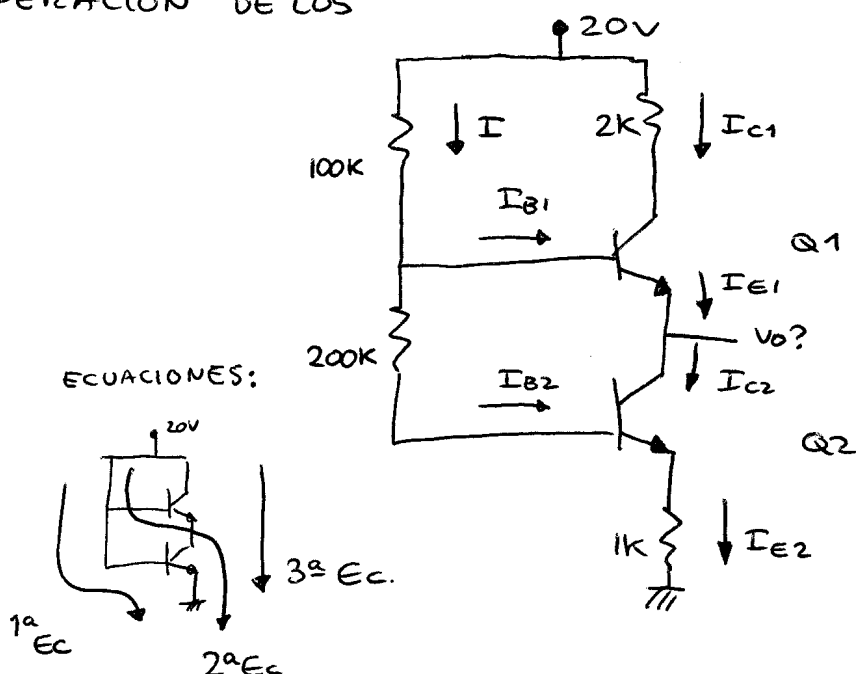
Y LUEGO, CON LA 3ª Ec.

SE CALCULA  $V_{CE1} = 4.959V$

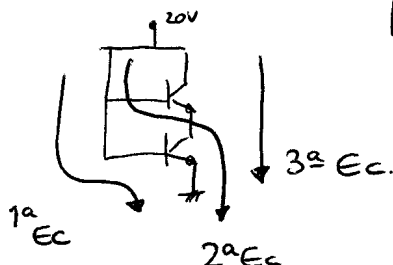
COMO LAS DOS VCE SON  
MAYOR QUE 0.2V  $\Rightarrow$

Q1 y Q2 en ZAD

$$V_0 = V_{CE2} + I_{E2} \cdot 1K = 10.816V$$



ECUACIONES:



$$\begin{aligned} 1^a) \rightarrow 20V &= (I_{B1} + I_{B2}) \cdot 100K + I_{B2} \cdot 200K + \underbrace{V_{BE1} + I_{E2} \cdot 1K}_{((\beta+1)I_{B2})} \\ 20V &= I_{B1} \cdot 100K + I_{B2} \cdot 100K + \\ &+ I_{B2} \cdot 200K + V_{BE2} + (\beta+1) I_{B2} \cdot 1K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 19.35V &= I_{B1} \cdot 100K + (200K + 51 \cdot 1K + 100K) I_{B2} \\ 19.35V &= I_{B1} \cdot 100K + 351 \cdot I_{B2} \end{aligned}$$

$$2^a) \rightarrow 20V = (I_{B1} + I_{B2}) \cdot 100K + V_{BE1} + V_{CE1} + \underbrace{I_{E2} \cdot 1K}_{(\beta+1) \cdot I_{B2}}$$

$$3^a) \rightarrow 20V = I_{C1} \cdot 2K + V_{CE1} + V_{CE2} + I_{E2} \cdot 1K$$

TENEMOS 3 ECUACIONES Y LAS INCOGNITAS:

$I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $V_{CE1}$ ,  $V_{CE2}$

¡ NO HEMOS USADO QUE  $I_{E1} = I_{C2}$  !

$$I_{E1} = (\beta+1) I_{B1} = I_{C2} = \beta I_{B2}$$

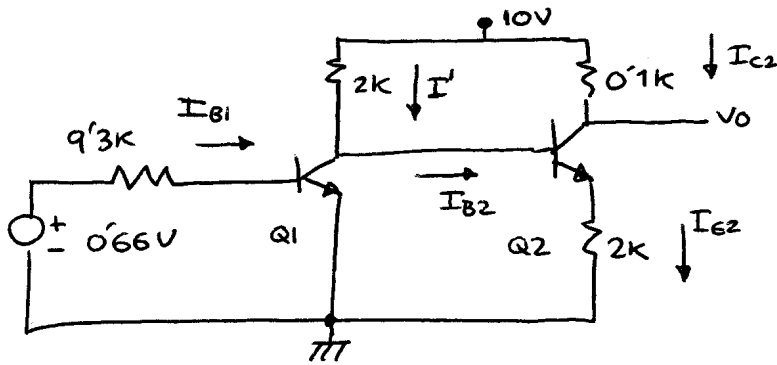
$$\Rightarrow I_{B2} = \left( \frac{\beta+1}{\beta} \right) I_{B1} \leftarrow \text{SE SUSTITUYE}$$

ESTA, EN LA 1ª ECUACION Y SE SACA.

$$I_{B1} = 0.042mA, \quad I_{B2} = \left( \frac{\beta+1}{\beta} \right) I_{B1} = 0.0431mA$$



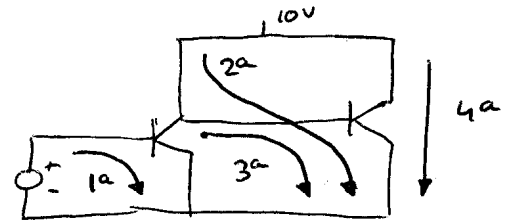
CALCULAR  $V_0$  Y LOS PUNTOS DE OPERACION



$$\beta_1 = \beta_2 = \beta = 50$$

$$V_{BE-ZAD} = 0.65V$$

PLANTEARÉ 4 EC de RAMA



$$1^a) \rightarrow (0.66V - 0) = I_{B1} \cdot 9.3k + V_{BE1}$$

$$2^a) \rightarrow (10V - 0) = \underbrace{I' \cdot 2k}_{(I_{C1} + I_{B2})} + V_{BE2} + I_{E2} \cdot 2k$$

$$3^a) \rightarrow V_{CE1} = V_{BE2} + I_{E2} \cdot 2k$$

$$4^a) \rightarrow (10V - 0) = I_{C2} \cdot 0.1k + V_{CE2} + I_{E2} \cdot 2k$$

SI SUPIERA  $I_{C2}$   
SABRÍA  $V_0$ , YA  
QUE:

$$I_{C2} = \frac{10V - V_0}{0.1k}$$

SUPONGO Q1 ZAD Q2 ZAD

$$\text{MODELO} \left\{ \begin{array}{ll} V_{BE1} = 0.65V & V_{BE2} = 0.65V \\ I_{C1} = \beta I_{B1} & I_{C2} = \beta I_{B2} \end{array} \right.$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$I_{E1} = (\beta + 1) I_{B1} \quad I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2}$$

COMPROBACION ¿  $V_{CE1} > 0.2V$ ? ¿  $V_{CE2} > 0.2V$ ?

— CON ESTAS SUPOSICIONES  
SÉ  $V_{BE1}$ , POR TANTO  
DESPEJO  $I_{B1}$  de la 1ª  
ECUACION

$$I_{B1} = 0.00108 \text{ mA}$$

— CON  $I_{B1}$ , METIDA EN LA  
2ª EC, CALCULO  $I_{B2}$

$$I_{B2} = 0.00889 \text{ mA}$$

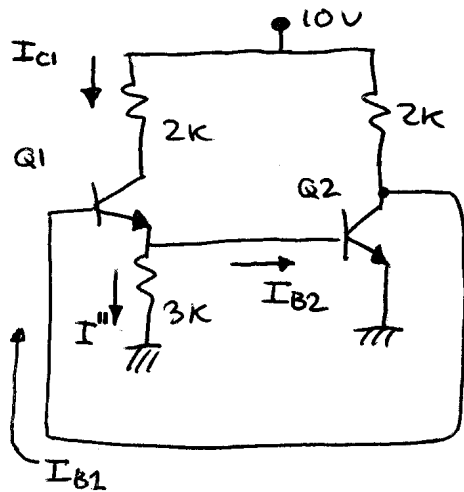
— CON  $I_{B2}$ , CALCULO  $I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2}$ , SUSTITUYO  $I_{E2}$  EN LA 3ª EC.  
Y CONSIGO  $V_{CE1}$ .  $V_{CE1} = 9.714V$

— CON  $I_{C2} = \beta I_{B2}$  y con  $I_{E2}$ , OBTENGO  $V_{CE2}$  de la 4ª EC.  
 $V_{CE2} = 0.491V$

— COMO  $V_{CE1} > 0.2$  y  $V_{CE2} > 0.2$  Q1 y Q2 ESTAN en Z. ACTIVA. DIRECTA

P.O.	Q1	ZAD	$I_{C1} = 0.0538 \text{ mA}$	$V_{CE1} = 9.714V$	$V_0 = 10 - I_{C2} \cdot 0.1k$
	Q2	ZAD	$I_{C2} = 4.443 \text{ mA}$	$V_{CE2} = 0.491V$	$V_0 = 9.56V$

# CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION DE LOS BJT



$$\beta_1 = \beta_2 = \beta = 50$$

$$V_{BE-ZAD} = 0.65V$$

SUPONGO LOS DOS BJT en ZAD :

Q1 - ZAD

$$V_{BE1} = 0.65V$$

$$I_{C1} = \beta I_{B1}$$

↓

$$I_{E1} = (\beta + 1) I_{B1}$$

Q2 - ZAD

$$V_{BE2} = 0.65V$$

$$I_{C2} = \beta I_{B2}$$

↓

$$I_{E2} = (\beta + 1) I_{B2}$$

MODELO LINEAL

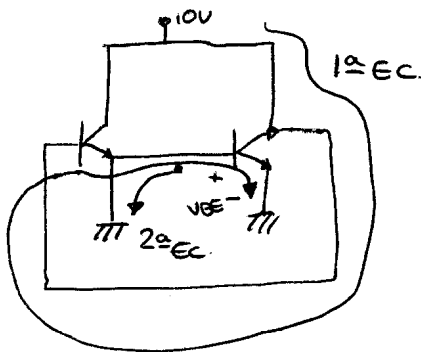
COMPROBACION →  $V_{CE1} \stackrel{?}{>} 0.2V$

$V_{CE2} \stackrel{?}{>} 0.2V$

PLANTEO ECUACIONES DE RAMA:

- EVITO PASAR POR CB
- PRIMERAS PASAN POR BE
- ULTIMAS PASAN POR CE

$$\left( \begin{array}{l} I' = I_{C2} + I_{B1} \\ I'' = I_{E1} - I_{B2} \end{array} \right)$$



$$1a) \rightarrow (10-0)V = I' \cdot 2K + V_{BE1} + V_{BE2}$$

$$\quad \quad \quad \uparrow \quad \quad \quad \nwarrow \quad \quad \quad \swarrow$$

$$\quad \quad \quad (\beta I_{B2} + I_{B1}) \quad \quad \quad 0.65V \quad \quad \quad 0.65V$$

$$10 - 1.3V = 100 I_{B2} + 2 I_{B1}$$

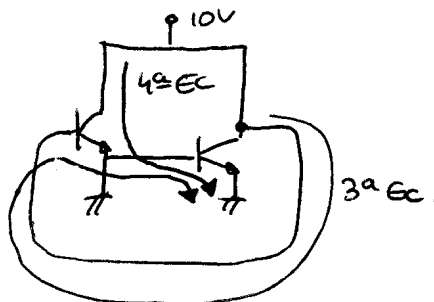
$$2a) \quad V_{BE2} = 0.65V = I'' \cdot 3K = [(\beta + 1) I_{B1} - I_{B2}] \cdot 3K$$

SISTEMA DE ECUACIONES

CON 2 INCOGNITAS

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_{B1} = 0.006mA \\ I_{B2} = 0.087mA \end{array} \right.$$

SE CALCULAN  $I' = 4.35mA$   
 $I'' = 0.2166mA$



$$3a) \rightarrow V_{CE2} = V_{BE1} + V_{BE2} = 0.65 + 0.65 = 1.3V \stackrel{?}{>} 0.2V$$

$$4a) \rightarrow 10V - 0V = I_{C1} \cdot 2K + V_{CE2} + V_{BE2}$$

$$\quad \quad \quad \downarrow \quad \quad \quad \searrow$$

$$\quad \quad \quad (\beta I_{B1}) = 0.2975mA$$

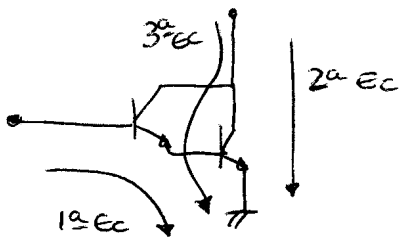
$$V_{CE1} = 8.76V \stackrel{?}{>} 0.2V$$

PUNTOS DE OPERACION

$$\begin{array}{ll} I_{C1} = 1.25mA & V_{CE1} = 8.76V \\ I_{C2} = 4.35mA & V_{CE2} = 1.3V \end{array}$$

Q1 ZAD  
Q2 ZAD

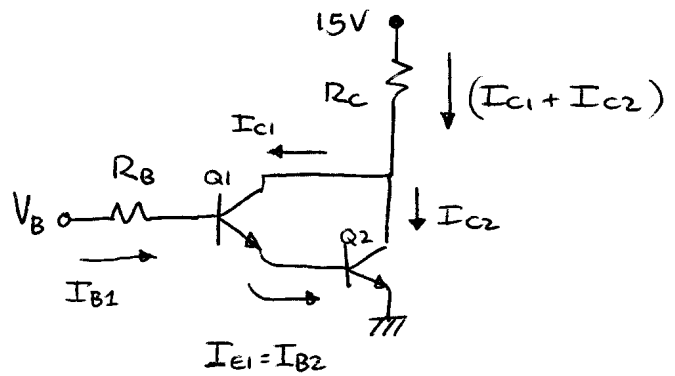
PLANTEAR LAS ECUACIONES NECESARIAS PARA RESOLVER. EL CIRCUITO CON LOS TRANSISTORES EN ZONA ACTIVA DIRECTA



$$1^a) \rightarrow V_B = I_{B1} \cdot R_B + V_{BE1} + V_{BE2}$$

$$2^a) \rightarrow 15V = (I_{C1} + I_{C2}) \cdot R_C + V_{CE2}$$

$$3^a) \rightarrow 15V = (I_{C1} + I_{C2}) \cdot R_C + V_{CE1} + V_{BE2}$$



Si Q1 y Q2 en ZAD  $\Rightarrow$

$$V_{BE1} = 0.65V$$

$$V_{BE2} = 0.65V \quad \text{CON LA 1^a ECUACION SE CALCULA } I_{B1}$$

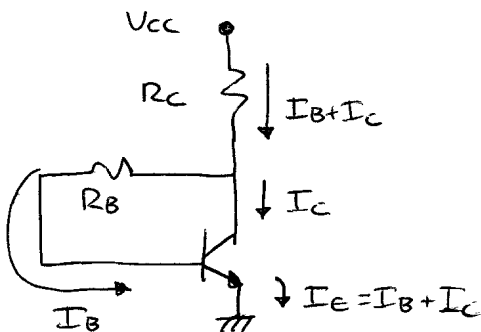
$$I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1} \quad (Q1 \text{ en ZAD})$$

$$I_{E1} = I_{C1} + I_{B1} = (\beta_1 + 1) I_{B1}$$

COMO  $I_{B2} = I_{E1}$ , y Q2 en ZAD  $\Rightarrow I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2}$ , Y

POR TANTO PUEDO CALCULAR  $V_{CE2}$  (de la 2^a Ec) y  $V_{CE1}$  (de la 3^a Ec).

DISEÑO: ELEGIR  $R_B$  y  $R_C$  para que un BC109B TENGA  $I_C = 2mA$ ,  $V_{CE} = 7V$

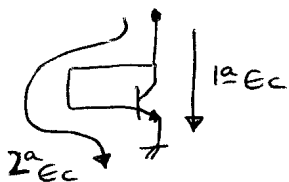


► ES UN PUNTO DE OPERACION de ZAD ( $V_{CE} > 0.2V$ )

$$I_C = \beta I_B$$

► BUSCO EN LAS ESPECIFICACIONES DEL BC109B

$$\text{y para } \begin{bmatrix} I_C = 2mA \\ V_{CE} = 7V \end{bmatrix} \Rightarrow V_{BE} \approx 0.62V \quad \beta = 290 \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta}$$



$$1^a) \rightarrow V_{CC} = (I_B + I_C) R_C + V_{CE}$$

$$2^a) \rightarrow V_{CC} = (I_B + I_C) \cdot R_C + I_B R_B + V_{BE}$$

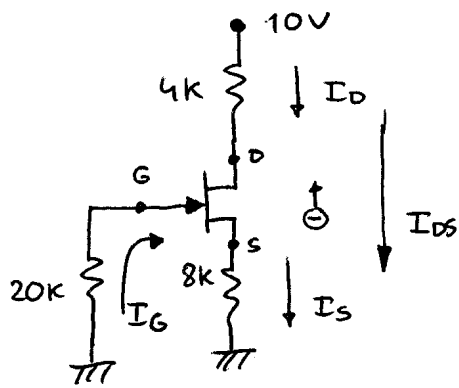
► TENGO 2 ECUACIONES Y 3 INCOGNITAS

( $V_{CC}$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ )  $\Rightarrow$  PUEDO ESCOGER  $V_{CC} = 10V$ .

► de la 1^a Ec, con  $V_{CC} = 10V \rightarrow R_C = 1.495K$

► de la 2^a Ec, con  $V_{CC} = 10V$  y  $R_C = 1.495K \rightarrow R_B = 925K$

# CALCULAR PUNTO DE OPERACION



$$I_{DSS} = 1\text{mA}$$

$$V_p = 4\text{V}$$

EN JFET SIEMPRE:

$$I_G = \emptyset$$

$$I_D = I_S = I_{DS}$$

UN JFET EN:

- CORTE NO CONDUCE, ES COMO SI NO HUBIERA NADA
- ZONA LINEAL FUNCIONA COMO UNA RESISTENCIA VARIABLE CONTROLADA POR  $V_{GS}$
- SATURACION PUEDE AMPLIFICAR SEÑALES

SUPONEMOS JFET EN SATURACION

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

SE COMPRUEBA SI ESTÁ EN SATURACION CON

$$\text{¿ } V_{GS} \leq -V_p? \xrightarrow{\text{si}} \text{CORTE}$$

↓ NO

$$\text{¿ } V_{GS} - V_{DS} = V_{GD} \leq -V_p? \xrightarrow{\text{si}} \text{SAT.}$$

↓  
LINEAL.

1ª OPCION  $V_{GS} = -8\text{V}$ ,  $I_{DS} = 1\text{mA}$

$$\text{¿ } V_{GS} = -8\text{V} \leq -V_p = -4\text{V}? \xrightarrow{\text{si}} \text{CORTE}$$

¡CONTRADICCION! HABLAMOS SUPUESTO AL JFET EN SATURACION. PARECE QUE LA 2ª OPCION ES LA SOLUCION CORRECTA. PASO A CALCULAR  $V_{DS}$  CON EC DE RAMA:

$$(10\text{V} - 0) = I_{DS} \cdot 4\text{k} + V_{DS} + 8\text{k} \cdot I_{DS}$$

$$\Rightarrow V_{DS} = 7\text{V}$$

$$\text{¿ } V_{GS} = -2\text{V} \leq -V_p?$$

↓ NO

$$\text{¿ } V_{GS} - V_{DS} = -2 - (7\text{V}) = -9\text{V} \leq -V_p? \xrightarrow{\text{si}}$$

SATURACION

$$I_G = \emptyset \Rightarrow V_G = (-I_G) \cdot 20\text{k} = \emptyset$$

$$V_S = I_{DS} \cdot 8\text{k}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = -I_{DS} \cdot 8\text{k}$$

COMO

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

$$= 1 \left( 1 + \frac{V_{GS}}{4} \right)^2$$

$I_{DS}$

$$V_{GS} = -8 \cdot \left( 1 + \frac{2V_{GS}}{4} + \frac{V_{GS}^2}{16} \right)$$

$$V_{GS}^2 + 8V_{GS} + 2V_{GS} + 16 = 0$$

$$V_{GS} = \begin{cases} -8\text{V} \\ -2\text{V} \end{cases} \begin{matrix} \leftarrow \text{¿CUAL ES LA} \\ \leftarrow \text{AUTENTICA} \\ \leftarrow \text{SOLUCION?} \end{matrix}$$

$$\text{CALCULO } I_{DS} = \begin{cases} 1\text{mA} \\ 0.25\text{mA} \end{cases}$$

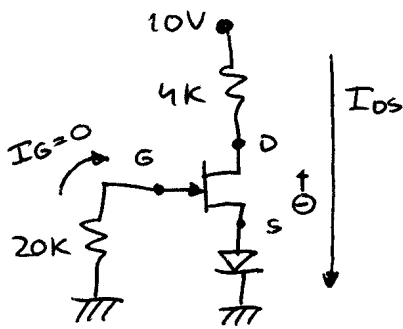
COMO NO SE VE CLARAMENTE CUAL ES LA SOLUCION Y CUAL NO, ME VOY AL DIAGRAMA DE DECISIONES

P.O. SATURACION

$$V_{GS} = -2\text{V} \quad I_{DS} = 0.25\text{mA}$$

$$V_{DS} = 7\text{V}$$

# CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION



$$I_{DSS} = 1\text{mA}$$

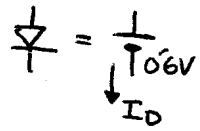
$$V_p = 4\text{V}$$

$$V_s = 0.6\text{V}$$

$$\left( \begin{array}{l} \text{SIEMPRE} \\ I_G = 0 \end{array} \right)$$

SUPONGO JFET en SATURACION y DIODO en ON

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



Y SE COMPRUEBA CON:

$$V_{GS} \leq -V_p? \xrightarrow{\text{si}} \text{CORTE}$$

NO

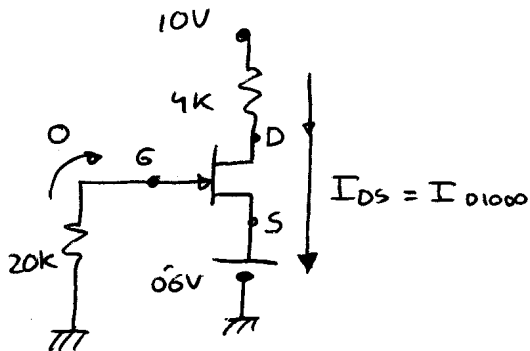
$$V_{GS} - V_{DS} \leq -V_p? \xrightarrow{\text{si}} \text{SAT}$$

NO

LINEAL.

$$I_D > 0?$$

Si DIODO está en ON:



$$\left. \begin{array}{l} V_G = 0 \\ V_S = 0.6\text{V} \end{array} \right\} V_{GS} = V_G - V_S = -0.6\text{V}$$

$$I_{D_s} = 1\text{mA} \left( 1 - \frac{(-0.6\text{V})}{(-4\text{V})} \right)^2 = 0.7225\text{mA}$$

PLANTEO EC. DE RAMA PASANDO POR  $V_{DS}$

$$(10 - 0) = I_{D_s} \cdot 4\text{K} + V_{DS} + 0.6\text{V}$$

$$V_{DS} = 6.51\text{V}$$

AHORA HAY QUE COMPROBAR SI EL JFET y EL DIODO ESTAN REALMENTE EN SATURACION Y CONDUCCION (ON)

$$I_{D1000} = I_{D_s} = 0.7225 \xrightarrow{?} 0 \xrightarrow{\text{si}}$$

$$V_{GS} = -0.6\text{V} \leq -V_p = -4\text{V}?$$

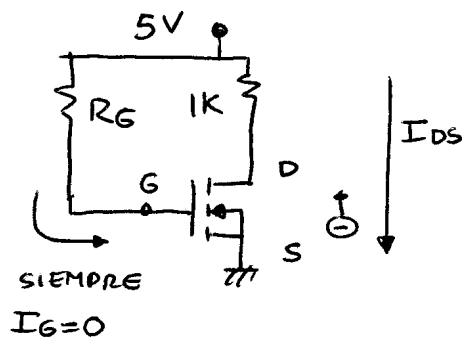
NO

$$V_{GS} - V_{DS} = -0.6\text{V} - 6.51 = -7.11 \leq -V_p? \xrightarrow{\text{si}}$$

JFET EN SAT.  
DIODO en ON

P.O. JFET
SATURACION
$V_{GS} = -0.6\text{V}$
$I_{D_s} = 0.7225\text{mA}$
$V_{DS} = 6.51\text{V}$

# CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION DEL MOSFET



$$\begin{aligned} \Rightarrow V_G &= 5V \\ V_S &= 0V \end{aligned} \Rightarrow V_{GS} = 5V$$

$$I_{DS\text{ ON}} = 1\text{mA}$$

$$V_{GS\text{ ON}} = 4V$$

$$V_T = 2V$$

EN SATURACION:

$$I_{DS} = K \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_T} \right)^2$$

PARA CALCULAR K USO  $I_{DS}$  Y  $V_{GS\text{ ON}}$

$$1\text{mA} = K \left( 1 - \frac{4}{2} \right)^2 \Rightarrow K = 1$$

SUPONGO MOSFET en SATURACION.

MODELO

$$I_{DS} = K \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_T} \right)^2$$

Y SE COMPROBA CON

$$\text{¿ } V_{GS} \leq V_T? \xrightarrow{\text{si}} \text{CORTE}$$

↓ NO

$$\text{¿ } V_{GS} - V_{DS} \leq V_T? \xrightarrow{\text{si}} \text{SAT.}$$

↓

Z. LINEAL.

$$I_{DS} = K \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_T} \right)^2 = \frac{9}{4} \text{mA} = 2.25 \text{mA}$$

$\swarrow$  1mA       $\nwarrow$  2V

PLANTEO EC DE RAMA PASANDO POR D-S:

$$(5-0) = I_{DS} \cdot 1K + V_{DS}$$

$$V_{DS} = \frac{11}{4} V = 2.75V$$

HAY QUE COMPROBAR SI REALMENTE ESTA EN SATURACION

$$\text{¿ } V_{GS} = 5V \leq V_T = 2V?$$

↓ NO

$$\text{¿ } V_{GS} - V_{DS} = 5 - 2.75V = 2.25 \leq V_T?$$

↓ NO

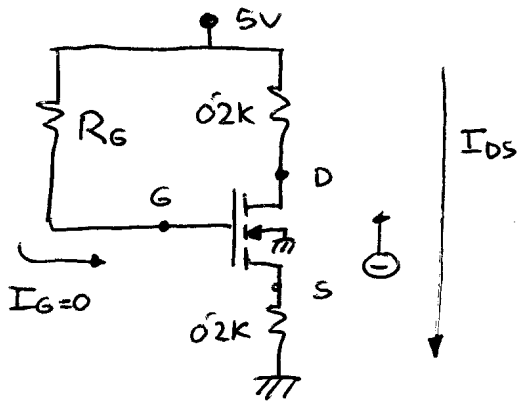
— SABEMOS QUE NO ESTA EN CORTE, PUESTO QUE  $V_{GS}$  ES FIJO Y VALE 5V QUE SIEMPRE ES MAYOR QUE  $V_T = 2V$ .

— SABEMOS QUE NO ESTA EN SATURACION, PUESTO QUE CON ESA SUPOSICION DEMOSTRAMOS QUE NO ESTA EN SATURACION.

— ESTA CON TOTAL SEGURIDAD EN ZONA LINEAL. SABEMOS  $V_{GS} (=5V)$  PERO NO SABEMOS  $I_{DS}$  NI  $V_{DS}$  (NECESITARIAMOS EL MODELO DEL MOSFET-N EN ZONA LINEAL).

— SOLO SE SABE QUE  $V_{GS} = 5V$  Y QUE ESTA EN ZONA LINEAL u OHMICA

# CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION



$$K = 1 \text{ mA} \quad \text{para} \quad I_{DS} = K \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_T} \right)^2$$

$$V_T = 2 \text{ V}$$

**SUPONGO** MOSFET en SATURACION

**MODELO**  $I_{DS} = K \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_T} \right)^2$

**COMPROBACION** ¿  $V_{GS} \leq V_T$  ?  $\xrightarrow{\text{si}}$  CORTE

↓ NO

¿  $V_{GS} - V_{DS} \leq V_T$  ?  $\xrightarrow{\text{si}}$  SAT.

↓  
LINEAL u  
OHMICA.

① CALCULO  $V_{GS} = V_G - V_S$

$$V_G = 5 \text{ V}$$

$$V_S = I_{DS} \cdot 0.2 \text{ K}$$

$$V_{GS} = (5 - 0.2 \cdot I_{DS})$$

COMO MOSFET en SATURACION

$$I_{DS} = K \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_T} \right)^2 = 1 \left( 1 - \frac{V_{GS}}{2} \right)^2 \rightarrow V_{GS}^2 + 16 V_{GS} - 96 = 0$$

con  $V_{GS} = 4.65 \text{ V}$   $I_{DS} = 1.75 \text{ mA}$

$$V_{GS} = \begin{cases} -20.65 \text{ V} \\ 4.65 \text{ V} \end{cases}$$

¡IMPOSIBLE! LA TENSION MAXIMA ES 5V.  $\Rightarrow$  LA SOLUCION SÓLO PODRÍA SER

② PLANTEO EC de RAMA POR  $V_{DS}$

$$(5 - 0) = I_{DS} \cdot 0.2 \text{ K} + V_{DS} + I_{DS} \cdot 0.2 \text{ K}$$

$$\Rightarrow V_{DS} = 4.3 \text{ V}$$

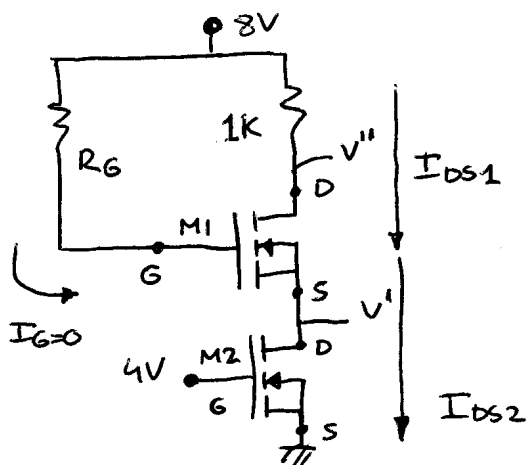
③ COMPROBACION

¿  $V_{GS} = 4.65 \text{ V} \leq V_T = 2 \text{ V}$  ?  $\rightarrow$   
↓ NO

¿  $V_{GS} - V_{DS} = 4.65 - 4.3 = 0.35 \leq V_T$  ?  $\xrightarrow{\text{si}}$  SATURACION  
↓

**P.O.** MOSFET en SATURACION  
 $V_{GS} = 4.65 \text{ V}$   
 $I_{DS} = 1.75 \text{ mA}$   
 $V_{DS} = 4.3 \text{ V}$

# CALCULAR EL PUNTO DE OPERACION



$$K=1\text{mA para } I_{os} = K \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)^2$$

$$V_T=2\text{V}$$

**SUPONGO** MOSFET

M1  
SATURACION

M2  
SATURACION

**MODELO**

$$I_{os1} = K \left(1 - \frac{V_{GS1}}{V_T}\right)^2 \quad I_{os2} = K \left(1 - \frac{V_{GS2}}{V_T}\right)^2$$

**COMPRO-  
BACION**

M1  
↓

M2  
↓

$$\dot{V}_{GS} = 4\text{V} \quad 4\text{V} \leq V_T=2\text{V} ? \xrightarrow{\text{si}} \text{OFF}$$

↓ **NO**

$$\dot{V}_{GS} - V_{DS} = (4-3=1) (4-4=0) \leq V_T=2\text{V} ? \xrightarrow{\text{si}} \text{SAT,}$$

↓ NO

LINEAL

$$I_{G1}=0$$

$$I_{G2}=0$$

$$I_{os1} = I_{os2} = I_{os}$$

**M2**

$$V_{GS2} = V_G - V_S = 4\text{V} - 0\text{V} = 4\text{V}$$

$$I_{os} = K \left(1 - \frac{4\text{V}}{2\text{V}}\right)^2 = 1\text{mA}$$

1mA      2V

**M1**

$$I_{os1} = I_{os} = 1\text{mA} = K \left(1 - \frac{V_{GS1}}{V_T}\right)^2 \Rightarrow \left(1 - \frac{V_{GS1}}{V_T}\right) = \pm 1 \Rightarrow$$

$$V_{GS1} = \begin{cases} 0\text{V} \\ 4\text{V} \end{cases} \quad \text{¡IMPOSIBLE!}$$

$V_{GS1}=0\text{V}$  ES IMPOSIBLE, PUES

CONTRADICE LA SUPOSICION DE QUE

M1 en SAT ( $\dot{V}_{GS1}=0\text{V} \leq V_T=2\text{V} ? \xrightarrow{\text{si}} \text{CORTE}$ )

⇒ SOLO  $V_{GS1}=4\text{V}$  PODRÍA SER SOLUCION

en M1

$$\left. \begin{array}{l} V_G = 8\text{V} \\ V_{GS1} = 4\text{V} \end{array} \right\} \Rightarrow V_S = V' = 4\text{V}$$

⇒

en M2

$$V_{DS2} = V_D - V_S = V' - V_S = 4\text{V} - 0 = 4\text{V}$$

en 1K

$$I_{1K} = I_{os} = 1\text{mA} = \frac{8\text{V} - V''}{1\text{K}} \Rightarrow V'' = 7\text{V}$$

en M1

$$\left. \begin{array}{l} V_D = V'' \\ V_S = V' \end{array} \right\} \Rightarrow V_{DS} = V'' - V' = 7 - 4 = 3\text{V}$$

LOS DOS MOSFET EN SATURACION y el P.O. es  $I_{os}$   $V_{DS}$   $V_{GS}$  CALCULADOS YA.