

CALCULAR V_0 Y PUNTOS DE OPERACION

$$V_F = 0.6V, V_Z = 2V$$

$$\beta = 200 \quad V_{BE \text{ ACTIVA}} = 0.65V$$

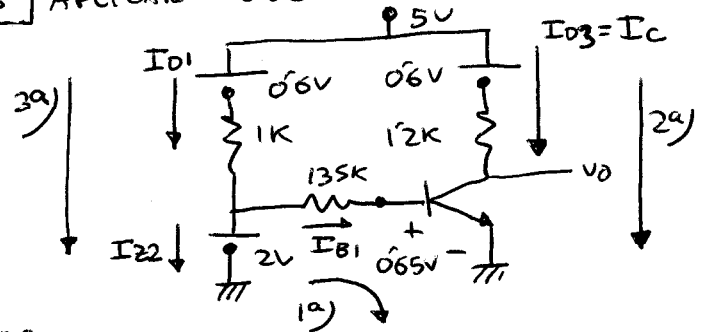
1° INSPECCION

- EL FLUJO DE INTENSIDADES (HACIA ABAJO) PONDRÍA A D1 Y D3 en ON ON. D2 ESTARÍA EN ZENER. AL TENER $\sim 5V$ EN DIRECTO ($> 0.6V$) \rightarrow D3 QUIZAS en ON AL TENER $\sim 5V$, D1 Y D2 PUEDEN ESTAR EN ON o ZENER RESPECTIVAMENTE (SOLO NECESITAN $2.6V$)
- EL TRANSISTOR VE EN SU BASE $\sim 2V$ APLICADOS TRAS UNA RESISTENCIA GRANDE \rightarrow QUIZAS EN ZAD

2° SUPOSICION

D1 ON	D3 ON	D2 ZENER	Q1 ZAD
$I_{D1} > 0$ $\hookrightarrow 2.4mA > 0$	$I_{D3} > 0$ $\hookrightarrow 2mA > 0$	$I_{Z2} > 0$ $\hookrightarrow 2.39mA > 0$	MODELO $V_{BE} = 0.65V$ $I_C = \beta I_B$ $V_{CE} > 0.2V$ $\hookrightarrow 2V > 0.2V$

3° APLICAR MODELO



APLICO EC RAMAS :

$$1^a \rightarrow (2V - 0) = 135K \cdot I_B + 0.65V \Rightarrow I_B = 0.01$$

$$\text{COMO } I_C = \beta I_B = 200 \cdot 0.01 = 2mA$$

$$\text{SE } I_{D3} = I_C = 2mA$$

$$2^a \rightarrow (5V - 0) = 0.6V + I_C \cdot 12K + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = 2V$$

$$3^a \rightarrow (5V - 0) = 0.6V + I_{D1} + 2V \Rightarrow I_{D1} = 2.4mA$$

PUEDO CALCULAR I_{Z2} :

$$I_{Z2} = I_{D1} - I_{B1} = 2.39mA$$

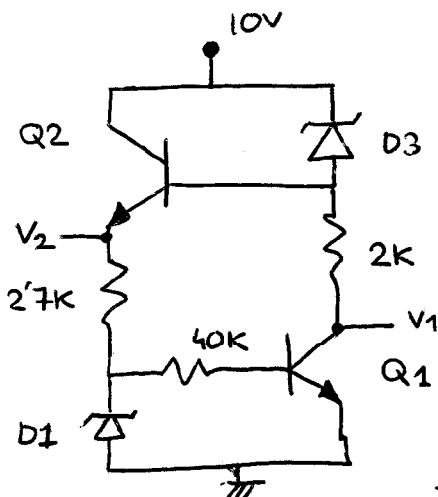
4° COMPROBACION

FINALMENTE CALCULAR LO QUE SE PIDIERA

$$V_0 = V_{CE} = 2V$$

P.O. (PUNTO de OPERACION)

$$\text{Z.A.D. } I_C = 2mA \quad V_{CE} = 2V$$



CALCULAR V_1 , V_2 y PUNTOS DE OPERACION

$$V_{BE-activa} = 0.6V, \quad V_{Z1} = 1V, \quad V_{Z3} = 3V$$

$$V_{BE-activa} = 0.6V, \quad \beta_2 = 200, \quad \beta_1 = 100$$

1° INSPECCION

- LAS INTENSIDADES FLUYENDO HACIA ABAJO HACEN SUPONER A D3 y A D1 en ZENER.
- SI D1 en ZENER \Rightarrow EQUIVALE A BATERIA de 1V \Rightarrow UNION BE de Q1 VE 1V APLICADO TRAS UNA RESISTENCIA DE 40K \Rightarrow Q1 PROBABLEMENTE EN ZAD.
- SI D3 en ZENER \Rightarrow EQUIVALE A BATERIA DE 3V \Rightarrow UNION BE de Q2 VE $[(10-3V) - 1V] = 6V$ APLICADOS A TRAVES DE UNA $R = 2.7k$, QUE ENSU POSICION EQUIVALE A $R(\beta_2 \cdot 2.7k) = 540k \Rightarrow$ Q2 PROBABLEMENTE EN ZAD.

2° SUPOSICION

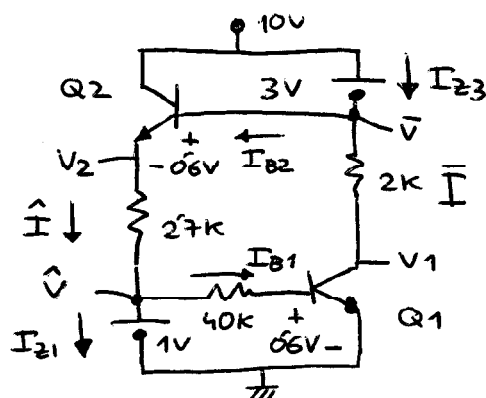
D1 ZENER	D3 ZENER	Q1 ZAD	Q2 ZAD
$I_{Z1} > 0$ $I_{Z1} = 1.99mA > 0$ OK	$I_{Z3} > 0$ $I_{Z3} = 1.01mA > 0$ OK	$V_{BE1} = 0.6V$ $I_{C1} = \beta_1 I_{B1}$ $V_{CE1} > 0.2V$ $I_{C1} = 1mA > 0.2V$	$V_{BE2} = 0.6V$ $I_{C2} = \beta_2 I_{B2}$ $V_{CE2} > 0.2V$ $I_{C2} = 1.99mA > 0.2V$

SUPOSICION

MODELO DEL BJT EN ZAD

COMPROBACION

3° APLICAR MODELOS



④ EC de RAMA I_{ZDA} (POR V_2 \hat{V})

$$(10V - 0) = V_{CE2} + \hat{I} \cdot 2.7k + 1V$$

$$\Rightarrow V_{CE2} = 3.6V$$

⑤ EC de RAMA DCHA (POR \bar{V} V_1)

$$(10V - 0) = 3V + \bar{I} \cdot 2k + V_{CE1}$$

$$\Rightarrow V_{CE1} = 5V$$

⑥ $I_{Z1} = \hat{I} - I_{B1} = 1.99mA$
 $I_{Z3} = I_{B2} + \bar{I} \approx 1.01mA$

① TRAS APLICAR LOS MODELOS SE VE QUE

$$\bar{V} = 10V - 3V = 7V$$

$$V_2 = \bar{V} - 0.6V = 6.4V$$

$$\hat{V} = 1V$$

③ EC. DE RAMA EN Q1

$$1V = I_{B1} \cdot 40k + 0.6V$$

$$\Rightarrow I_{B1} = 0.01mA \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1} = 1mA$$

$$\Rightarrow \bar{I} = I_{C1} = 1mA$$

② $\hat{I} = \frac{V_2 - \hat{V}}{2.7k} = 2mA = I_{E2}$

COMO $I_{E2} = I_{B2} + I_{C2}$ y

$$I_{C2} = \beta_2 I_{B2} \Rightarrow$$

$$I_{E2} = (\beta_2 + 1) I_{B2} = 201 \cdot I_{B2}$$

POR TANTO

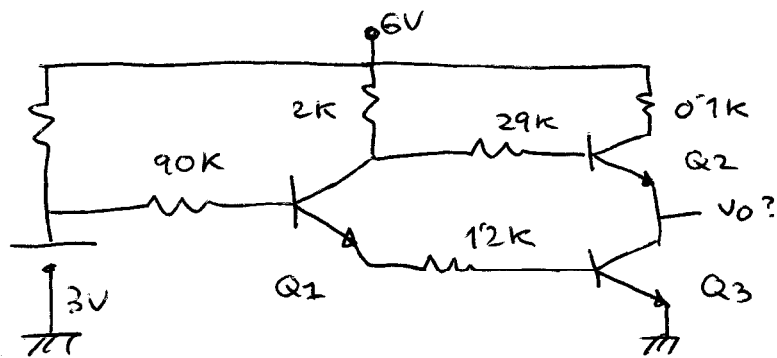
$$I_{B2} = \frac{I_{E2}}{201} = \frac{2mA}{201} = 0.00995mA$$

$$I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2} = 1.99mA$$

④ COMPROBACION
(VER ARRIBA)
(EN PUNTO 2)

PUNTOS DE OPERACION

Q1	ZAD	$I_{C1} = 1mA$	$V_{CE1} = 5V$
Q2	ZAD	$I_{C2} = 1.99mA$	$V_{CE2} = 3.6V$



CALCULAR V_O

$$\beta = 300$$

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

1° INSPECCION

- A Q1 LE LLEGAN MENOS de 3V ($< 6V$) y ADEMAS SEPARADOS POR 90K ($> 12K \cdot \beta$) \rightarrow Q1 QUIZAS EN ZAD

- Q1 en ZAD, $\beta_1 = 300 \gg \Rightarrow I_{E1}$ ENTRA A Q3 (I_{B3}), SI Q3 EN ZAD $\Rightarrow I_{C3} = \beta_3 \cdot I_{B3} = \beta_3 \cdot I_{E1} = \beta_3 \cdot \beta_1 \cdot I_{B1} = 90000 I_{B1} \gg \gg \rightarrow$
 \rightarrow Q3 QUIZAS EN SATURACION.

2° SUPOSICION

Q1 ZAD	Q2 ZAD	Q3 SAT
$V_{BE1} = 0.7V$	$V_{BE2} = 0.7V$	$V_{BE3} = 0.8V$
$I_{C1} = \beta_1 I_{B1}$	$I_{C2} = \beta_2 I_{B2}$	$V_{CE3} = 0.2V$
$V_{CE1} > 0.2V?$ $\ll 1.8V$ OK	$V_{CE2} > 0.2V?$ $\ll 2.8V$ OK	$I_{C3} < \beta I_{B3}?$ $30mA < 300 \cdot 1mA$ OK

3° APLICAR MODELO

$$I_{E1} = I_{B3}$$

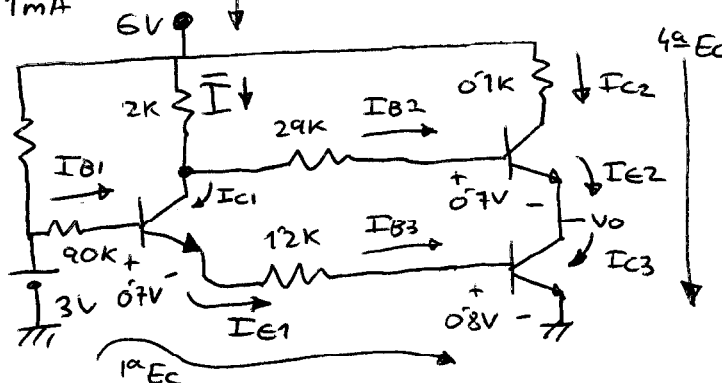
$$\bar{I} = I_{C1} + I_{B2}$$

$$I_{E2} = I_{C3}$$

4° COMPROBACION

$$I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} = 301 I_{B1}$$

$$V_{CE3} = V_O = 0.2V \text{ (Q3, SAT)}$$



1ª EC de RAMA:

$$(3V - 0) = I_{B1} \cdot 90K + 0.7V + \underset{301 I_{B1}}{I_{E1} \cdot 12K} + 0.8V \Rightarrow I_{B1} = 0.0033mA$$

2ª EC de RAMA:

(de 6V, por 2K, por 29K, hasta $V_O = 0.2V$)

$$I_{C1} = 300 \cdot I_{B1} = 0.997mA$$

$$I_{E1} = 301 I_{B1} = 1.00mA = I_{B3}$$

$$(6V - 0.2V) = 2K \cdot (\underbrace{I_{C1} + I_{B2}}_{\bar{I}}) + I_{B2} \cdot 29K + 0.7V \Rightarrow I_{B2} = 0.1mA$$

3ª EC de RAMA

(de 6V, por 2K, por V_{CE1} , por 12K, por V_{BE3} , a 0V)

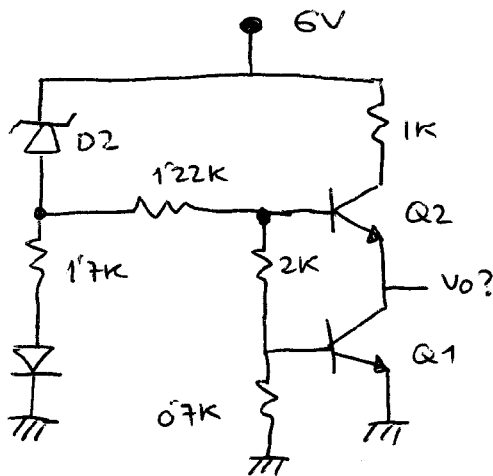
$$I_{C2} = 300 I_{B2} = 30mA$$

$$I_{C3} = I_{E2} = 301 I_{B2} = 30.1mA$$

$$(6V - 0) = 2K (I_{C1} + I_{B2}) + V_{CE1} + I_{E1} \cdot 12K + 0.8V \Rightarrow V_{CE1} = 1.806V$$

4ª EC de RAMA:

$$(6V - 0V) = 0.1K \cdot I_{C2} + V_{CE2} + \underset{0.2V}{V_{CE3}} \rightarrow V_{CE2} = 2.8V$$



CALCULAR V_0

$$V_D = 0.6V, V_{Z2} = 2V$$

$$\beta_1 = 100, \beta_2 = 200$$

$$V_{BE} - V_{ZAB} = 0.7V$$

1° INSPECCION

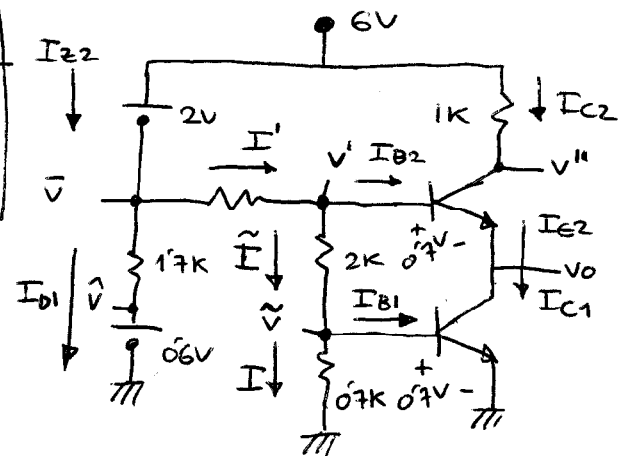
→ RAMA IZQUIERDA: PARECE FLUIR LA CORRIENTE HACIA ABAJO. NECESITARIA $2V + 0.6V = 2.6V$ Y TIENE $6V$ (de SOBRA) → PROBABLEMENTE D1 en ON y D2 en ZENER.

→ SUPONDEMOS Q1 y Q2 EN ZAD

2° SUPOSICION

Q1 ZAD	Q2 ZAD	D1 ON	D2 ZENER
$V_{BE1} = 0.7V$	$V_{BE2} = 0.7V$	$I_{D1} > 0?$	$I_{Z2} > 0$
$I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1}$	$I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2}$	$\approx 2mA$	$\approx 3.03mA$
$V_{CE1} > 0.2V?$	$V_{CE2} > 0.2V?$	OK/	OK/
$\approx 2V$ OK/	$\approx 2V$ OK/		

3° APLICAR MODELO



$$\begin{aligned} \text{D2 en ZENER} &\Rightarrow \bar{V} = 6V - 2V = 4V \\ \text{D1 en ON} &\Rightarrow \hat{V} = 0.6V \end{aligned} \Rightarrow I_{D1} = \frac{\bar{V} - \hat{V}}{17K} = 2mA$$

$$\text{COMO } V_{BE1} = 0.7V \Rightarrow \tilde{V} = 0.7V \Rightarrow I = \frac{\tilde{V} - 0}{0.7K} = 1mA$$

$$I_{Z2} = I_{D1} + I'; I' = I_{B2} + \tilde{I}; \tilde{I} = I + I_{B1}$$

EC de RAMA (de \bar{V} , PASANDO POR 122K, 2K, a \tilde{V})

$$(4V - 0.7V) = I' \cdot 122K + \tilde{I} \cdot 2K$$

$$(I_{B2} + I + I_{B1}) \quad (I + I_{B1})$$

$$I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1} = 100 I_{B1}$$

$$I_{E2} = (\beta_2 + 1) I_{B2} = 201 I_{B2}$$

$$\text{COMO } I_{C1} = I_{E2} \Rightarrow$$

$$I_{B1} = 201 I_{B2}$$

$$3.3V = I \cdot (322K) + I_{B1} \cdot 322K + I_{B2} \cdot 122K$$

4° COMPROBACION

$$I_{B2} = 0.01mA \Rightarrow I_{B1} = 0.02mA, \tilde{I} = 1.01mA, I' = 1.03mA$$

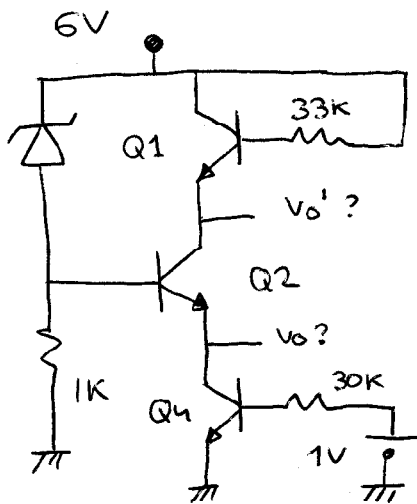
$$I_{Z2} = (I_{D1} + I') = 3.03mA$$

$$I' = 1.03mA = \frac{\bar{V} - V'}{122K} \Rightarrow V' = 2.7V \rightarrow \begin{cases} V_0 = V' - 0.7V = 2V \\ V_0 = V_{CE1} = 2V \end{cases}$$

EC de RAMA FINAL

$$(6V - 0) = I_{C2} \cdot 1K + V_{CE2} + V_{CE1} \Rightarrow V_{CE2} = 2V$$

④



CALCULAR V_O y $V_{O'}$

$$V_D = 0.6V, V_Z = 3.3V$$

$$V_{BE-activa} = 0.7V$$

$$\beta_1 = 100$$

$$\beta_2 = 200$$

$$\beta_4 = 400$$

1ª INSPECCION

— LA CORRIENTE PARECE FLUIR HACIA ABAJO POR EL DIODO. NECESITA POLARIZACION INVERSA DE 3.3V y DISPONE DE 6V (de SOBRA) \Rightarrow ZENER

— Q4, QUIZAS EN ZAD, ya que A LA UNION BE LE LLEGAN 1V ($\ll 6V$) y 30K NO ES BASTA

— A Q2, LE LLEGA $V_{BE} \sim [(6V - 3.3V) - V_{CE4}] < 2.7V$

\rightarrow QUIZAS en ZAD

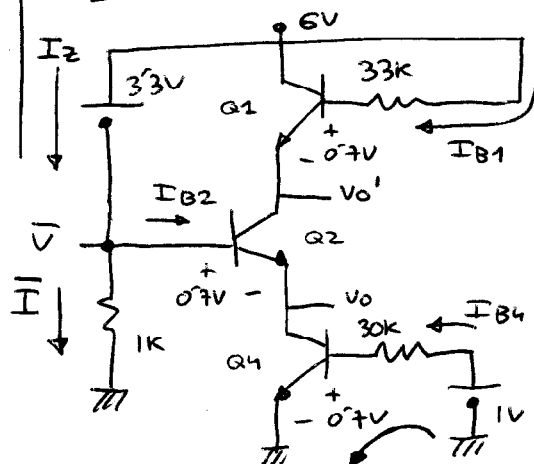
— A Q1, LE LLEGA $V_{BE} \sim [6V - (V_{CE2} + V_{CE4})] = ?$

\rightarrow SUPONGO EN ZAD

2ª SUPOSICION

Q1	Q2	Q4	D ZENER
ZAD	ZAD	ZAD	
$V_{BE1} = 0.7V$	$V_{BE2} = 0.7V$	$V_{BE4} = 0.7V$	$I_Z > 0?$
$I_{C1} = \beta_1 I_{B1}$	$I_{C2} = \beta_2 I_{B2}$	$I_{C4} = \beta_4 I_{B4}$	$I_Z \approx 2.72mA$
$V_{CE1} > 0.2V$	$V_{CE2} > 0.2V$	$V_{CE4} > 0.2V$	OK/
$\ll 2V$ OK/	$\ll 2V$ OK/	$\ll 2V$ OK/	

3ª APLICO MODELO



¡OJO!

$$I_{E1} = I_{C2}$$

$$I_{E2} = I_{C4}$$

$$\bar{V} = 6V - 3.3V = 2.7V$$

$$V_O = \bar{V} - 0.7V = 2V = V_{CE4}$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{V} - 0}{1K} = 2.7mA \quad \text{② EC DE RAMA (de 1V, por 30K, A TIERRA)}$$

$$(1V - 0) = I_{B4} \cdot 30K + 0.7V \Rightarrow I_{B4} = 0.01mA$$

$$\Rightarrow I_{C4} = \beta_4 \cdot I_{B4} = 4mA$$

$$I_Z = \bar{I} + I_{B2}$$

$$2.7mA + 0.02mA$$

$$I_Z = 2.72mA$$

— COMO

$$\begin{cases} I_{E2} = I_{C4} = 4mA \\ I_{E2} = (\beta_2 + 1) \cdot I_{B2} \end{cases} \Rightarrow I_{B2} = 0.0199mA \approx 0.02mA \Rightarrow I_{C2} = \beta_2 I_{B2} = 4mA$$

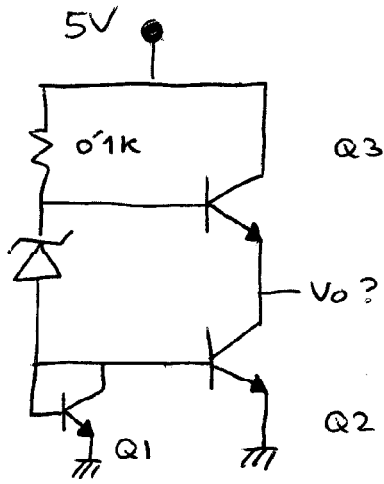
— COMO

$$\begin{cases} I_{E1} = I_{C2} = 4mA \\ I_{E1} = (\beta_1 + 1) \cdot I_{B1} \end{cases} \Rightarrow I_{B1} = 0.0396mA$$

③ EC de RAMA (de 6V, por 33K, V_{BE1} , A $V_{O'}$)

$$(6V - V_{O'}) = I_{B1} \cdot 33K + V_{BE1} \Rightarrow V_{O'} = 4V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_{CE1} = (6V - V_{O'}) = 2V \\ V_{CE2} = (V_{O'} - V_O) = 2V \\ V_{CE4} = V_O = 2V \end{cases}$$



CALCULAR V_O

$$V_D = 0.6V, V_Z = 3V$$

$$\beta = 100, V_{BE-ZAD} = 0.7V$$

1 INSPECCION

- LAS CORRIENTES CIRCULARAN DE 5V A TIERRA \Rightarrow DIODO PROBABLEMENTE EN ZENER (NECESITA 3V EN INVERSA y TIENE 5V APROXIMADAMENTE)

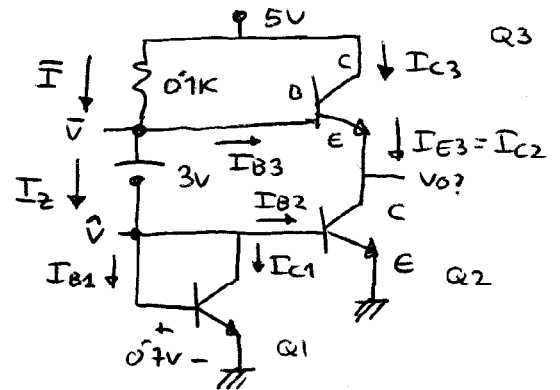
- SUPONREMOS LOS BJT EN ZAD.

- EN ZAD. DOS TRANSISTORES CON LA MISMA $V_{BE} \Rightarrow$ TIENEN LA MISMA INTENSIDAD DE BASE (I_B) y COLECTOR (I_C) $\Rightarrow (V_{BE1} = V_{BE2}) \Rightarrow (I_{B1} = I_{B2})$ y $(I_{C1} = I_{C2})$

2 SUPOSICION

D ZENER	Q1 ZAD	Q2 ZAD	Q3 ZAD
$I_Z ?$ $I_Z > 0$ $I_Z = 12.875 > 0$	$V_{BE1} = 0.7V$ $I_{C1} = \beta I_{B1}$	$V_{BE2} = 0.7V$ $I_{C2} = \beta I_{B2}$	$V_{BE3} = 0.7V$ $I_{C3} = \beta I_{B3}$
	$V_{CE1} ? > 0.2V$ $(0.7V > 0.2)$	$V_{CE2} ? > 0.2V$ $(3V > 0.2V)$	$V_{CE3} ? > 0.2V$ $(2V > 0.2)$

3 APLICAR MODELOS



- COMO $V_{BE1} = 0.7V \Rightarrow \hat{V} = 0.7V$

- COMO $\bar{V} = 3V + \hat{V} \Rightarrow \bar{V} = 3.7V$

- COMO $V_O = \bar{V} - V_{BE3} \Rightarrow V_O = 3V \Rightarrow V_{CE2} = V_C - V_E = 3V$
 $\Rightarrow V_{CE3} = V_C - V_E = 5V - V_O = 2V$

- COMO $V_{CE1} = (\hat{V} - 0) \Rightarrow V_{CE1} = 0.7V$

- $\bar{I} = \frac{5V - \bar{V}}{0.1K} = 13mA$; $\bar{I} = I_Z + I_{B3}$; $I_Z = I_{B1} + I_{C1} + I_{B2}$

$\Rightarrow 13mA = \bar{I} = (I_{B1} + I_{C1} + I_{B2}) + I_{B3}$

$13mA = I_{B2} + 100I_{B2} + I_{B2} + \frac{100}{101}I_{B2}$

$13mA = 102.99I_{B2}$

$\Rightarrow I_{B2} = I_{B1} = 0.126mA$

$I_{C2} = 100 \cdot I_{B2} = 12.6mA = I_{E3}$

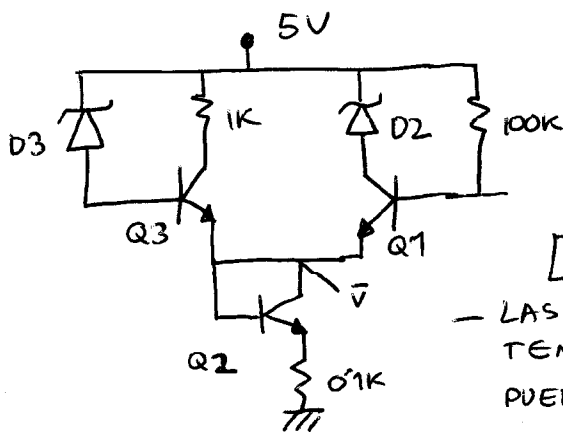
$I_{B3} = \frac{100}{101}I_{B2} = 0.125mA$

$I_{B1} = I_{B2}$
 $I_{C1} = \beta I_{B1} = \beta I_{B2} = I_{C2}$
 $I_{C2} = \beta I_{B2} = 100I_{B2}$
 $I_{E3} = I_{C2}$
 $I_{B3} = \frac{I_{E3}}{(\beta+1)} = \frac{I_{E3}}{101}$

$\Rightarrow I_{B3} = \frac{100}{101}I_{B2}$ (7)

4 COMPROBACION

$I_Z = \bar{I} - I_{B3}$
 $= 13mA - 0.125mA$
 $= 12.875mA$



CALCULAR LOS PUNTOS DE OPERACION

$$V_{BE-activa} = 0.7V, V_8 = 0.6V, V_{Z3} = 3V, V_{Z2} = 2V$$

$$\beta_2 = 200, \beta_1 = 100, \beta_3 = 300$$

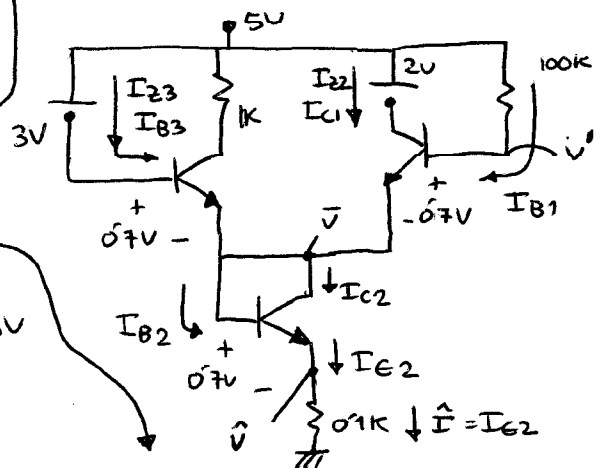
1 INSPECCION

- LAS CORRIENTES FLUIRAN HACIA ABAJO (DE MAYOR TENSION A MENOR TENSION. ESO HACE QUE D2 y D3 PUEDAN ESTAR EN ZENER (SI LES LLEGARA UNA POLARIZACION INVERSA $> 3V$ y $> 2V$ RESPECTIVAMENTE, LES LLEGA $5V$ EN INVERSO (de sobra))
- SI D3 en ZENER \Rightarrow EQUIVALE A BATERIA DE $3V \Rightarrow$ A UNION BE de Q3 LE LLEGAN $\sim [(5-3V) - 0.7V] \sim 1.3V \Rightarrow$ Q3 PROBABLEMENTE EN ZAD. (Y Q2 TAMBIEN)
- SI Q3 EN ZAD $\Rightarrow \bar{V} = 5V - 3V - 0.7V = 1.3V \Rightarrow$
 $V_{CE1} = V_{C1} - V_{E1} = (5-2V) - (1.3V) = 1.7V > 0.2V \Rightarrow$
 Q1 PROBABLEMENTE EN ZAD.

2 SUPOSICION

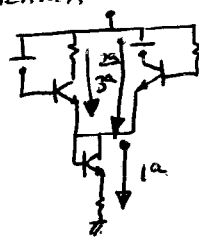
Q3	Q2	Q1	D3	D2
ZAD	ZAD	ZAD	ZENER	ZENER
$V_{BE3} = 0.7V$	$V_{BE2} = 0.7V$	$V_{BE1} = 0.7V$	$I_{Z3} > 0$	$I_{Z2} > 0$
$I_{C3} = 300 I_{B3}$	$I_{C2} = 200 I_{B2}$	$I_{C1} = 100 I_{B1}$	$I_{Z3} = 0.9867mA$	$I_{Z2} = 3mA$
$V_{CE3} > 0.2V$	$V_{CE2} > 0.2V$	$V_{CE1} > 0.2V$	OK	OK
$I_{C3} = 0.74V$	$I_{C2} = 0.7V$	$I_{C1} = 1.7V$		

3 APLICAR MODELOS



4 COMPROBACION

- 4 CALCULO DE V_{CE} ;
 UTILIZO ECS DE RAMA



1a) \rightarrow

$$(\bar{V} - \phi) = V_{CE2} + 0.1K \cdot I_{E2} \Rightarrow$$

$$V_{CE2} = 0.7V \text{ ¡ERA DE ESPERAR!}$$

YA QUE BASE UNIDO A COLECTOR DE Q2 $\Rightarrow V_{BE2} = V_{CE2}$

2a) $\rightarrow (5 - \bar{V}) = 2V + V_{CE1}$
 $\Rightarrow V_{CE1} = 1.7V$

3a) $\rightarrow (5V - \bar{V}) = I_{C3} \cdot 1K + V_{CE3}$
 $\Rightarrow V_{CE3} = 0.74V$

CON ESTA RAMA

CALCULO \bar{V}

$$\bar{V} = 5V - 3V - 0.7V = 1.3V$$

PUEDO CALCULAR V' :

$$V' = \bar{V} + 0.7V = 2V$$

PUEDO CALCULAR \hat{V} :

$$\hat{V} = \bar{V} - 0.7V = 0.6V$$

PUEDO CALCULAR \hat{I} :

$$\hat{I} = I_{E2} = \frac{0.6V - 0}{0.1K} = 6mA$$

COMO $I_{E2} = (\beta_2 + 1) I_{B2} \Rightarrow I_{B2} = 0.02985mA$

2) $I_{B1} = \frac{5V - V'}{100K} = 0.03mA \Rightarrow I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2} = 5.97mA$

$\Rightarrow I_{C1} = I_{Z2} = \beta_1 \cdot I_{B1} = 100 \cdot I_{B1} = 3mA = I_{Z2}$

$\Rightarrow I_{E1} = I_{C1} + I_{B1} = 3.03mA$

3) COMO $I_{E3} + I_{E1} = I_{B2} + I_{C2} \Rightarrow I_{E3} = 2.97mA$

COMO $I_{E3} = (\beta_3 + 1) I_{B3} \Rightarrow I_{B3} = 0.009867mA = I_{Z3}$
 $\Rightarrow I_{C3} = \beta_3 \cdot I_{B3} = 2.96mA$

FINALMENTE (ARRIBA) COMPROBACION

Y LUEGO SE HARIA UNA TABLA CON LOS PUNTOS DE OPERACION (YA CALCULADOS)