

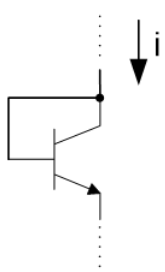


Ejercicios:

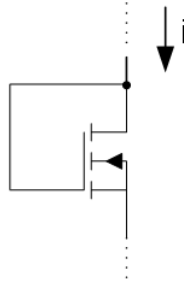
Ejercicios sin solución: capítulos 1 a 5

¡Atención! Recuerde que No se admiten respuestas no justificadas adecuadamente

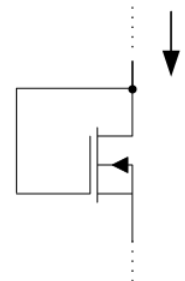
Ejercicio 1.- Demuestre que los siguientes transistores operan siempre en la región que se indica cuando $i > 0$:



a) Activa directa

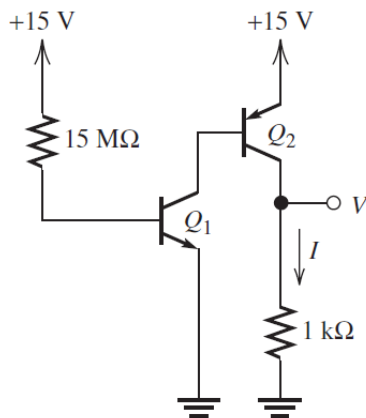


b) Saturación (activa)



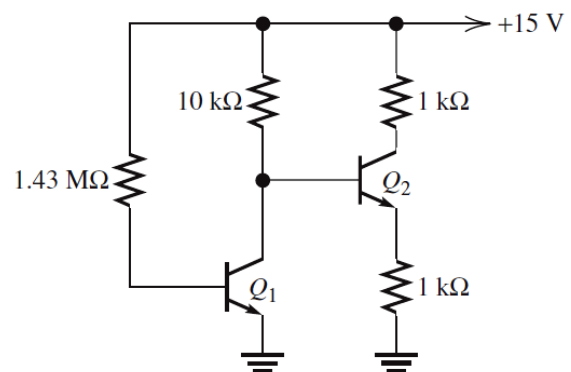
c) Óhmica

Ejercicio 2.- Analice el circuito de la figura y determine los valores de I y V . Suponga, para ambos transistores, una $\beta = 100$:



Solución: $I = 9,5\text{mA}$; $V = 9,5\text{V}$

Ejercicio 3.- Los transistores del circuito de la figura están en activa y tienen una $\beta = 100$. Determine el punto de trabajo (I_{CQ} , V_{CEQ}) de ambos transistores:



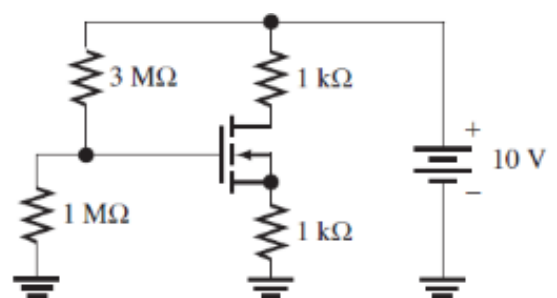
Solución: $Q1 = (1\text{mA}; 4,5\text{V})$; $Q2 = (3,8\text{mA}; 7,4\text{V})$

Ejercicio 4.- Determine el valor de la I_{DQ} para el transistor del circuito de la figura adjunta, cuyos parámetros valen:

$$|V_t| = 1\text{V}; |k| = 4\text{ mA/V}^2.$$

Compruebe que la zona de funcionamiento se corresponde con la zona de saturación.

Solución: $I_{DQ} = 1,15\text{ mA}$; $V_{DS} = 7,7\text{ V} > 1,5\text{ V} \Rightarrow$ activa.

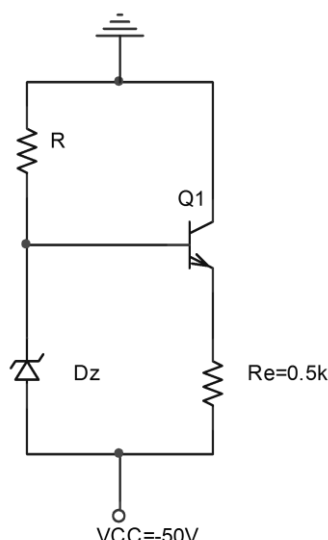


Ejercicio 5.- Del circuito de la figura adjunta se conocen los siguientes datos:

- Zener: $V_Z = 5,6\text{V}$, $V_T = 0,6\text{V}$, $I_{Z\min} \approx 0\text{mA}$, $I_{Z\max} = 20\text{mA}$
- BJT: $V_{BE_T} = 0,6\text{V}$, $V_{CE\text{sat}} = 0,2\text{V}$, $\beta_F = 10$, $|V_A| = 90\text{V}$.
- Otros datos: $V_{CC} = -50\text{V}$; $R_e = 0,5\text{k}\Omega$.

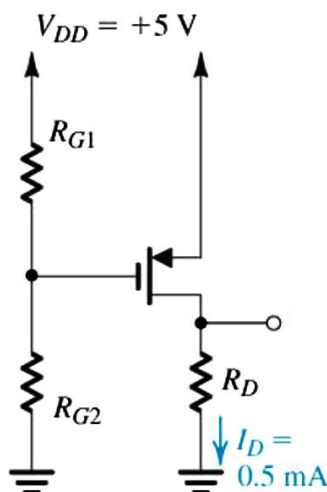
Cuestiones:

- Suponiendo que R tiene un valor apropiado para poder situar al diodo en su zona Zener, encuentre el punto de trabajo del BJT (I_B , I_C , V_{CE}).
- Encuentre la variación relativa de la corriente de base en función de la variación relativa de la tensión Zener.
- Encuentre los valores apropiados del resistor R para que el circuito funcione como se ha dicho.



Soluciones. (a): $I_B = 5/8 \text{ mA}$; $I_C = 75/8 \text{ mA}$; $V_{CE} = 45 \text{ V}$. (b): $\frac{\Delta I_B}{I_B} = \frac{V_Z}{V_Z - V_{BE_T}} \cdot \frac{\Delta V_Z}{V_Z}$. (c): $2,15\text{k}\Omega < R < 71,04\text{k}\Omega$.

Ejercicio 6.- Los parámetros del transistor de la figura son $|V_t| = 2\text{V}$, $|k| = 1\text{mA/V}^2$. ¿Cuál sería el rango de valores de R_D que hace que el MOS permanezca en zona activa (saturación)?:



Solución: $R_D < 8 \text{ k}\Omega$

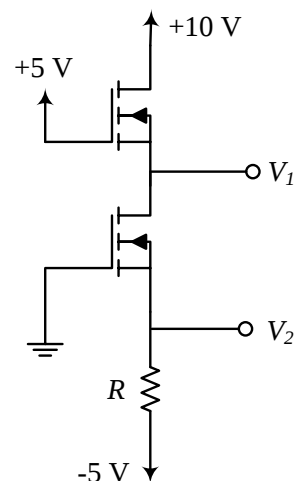
Ejercicio 7.- En el circuito de la figura siguiente, ambos MOSFET están conduciendo. Encuentre los valores de V_1 y V_2 y demuestre que ambos transistores trabajan en su zona de saturación (activa):

Datos:

$$V_t = 1\text{V}$$

$$k = 2 \text{ mA/V}^2$$

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

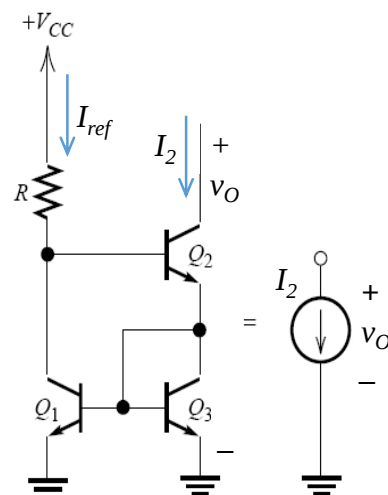


Solución: $V_1 = 2,44 \text{ V}$; $V_2 = -2,56 \text{ V}$

Ejercicio 8.- Se desea diseñar una fuente de 1mA para lo que se utiliza el circuito de la figura adjunta, con $V_{CC} = 10\text{V}$, en el cual los TRTs son idénticos y están a la misma T^a .

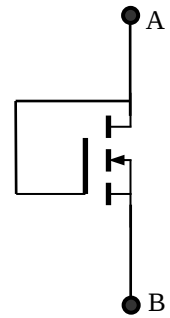
- Supuesto $\beta \gg 1$, encuentre el valor de R que permita obtener la corriente de salida deseada, de $I_2 = 1\text{mA}$.
- Determine el valor mínimo de la tensión que podrá existir en la salida de esta fuente de corriente (v_O) para que pueda seguir funcionando

Soluciones. (a) $R = 8,8\text{k}\Omega$; (b) $v_O > 0,8 \text{ V}$



Ejercicio 9.-

- a) Dado el transistor MOS con la configuración que aparece en la figura adjunta, demuéstrese que, en caso de que pueda conducir, siempre lo hará en su zona activa. ¿Qué tensión mínima sería necesaria entre A y B para que conduzca?
- b) Suponiendo que se cumplen las condiciones del apartado anterior, deduzca el modelo equivalente entre los puntos A y B en pequeña señal.

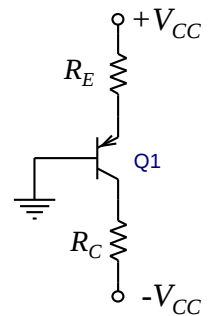


Soluciones. (a) $V_{ABmin}=V_t$; (b) Equivale a un resistor de valor $R_{AB} = (1/g_m) \Omega$

Ejercicio 10 puntos.- Del circuito de la figura adjunta se conocen los siguientes datos:

$V_{CC} = \pm 10 \text{ V}$; $R_E = 2 \text{ k}\Omega$; $R_C = 1 \text{ k}\Omega$; $\beta = 100$; $|V_{BE}| = 0,7 \text{ V}$; $|V_{CESAT}| = 0,2 \text{ V}$

- a) Calcule el punto de trabajo del transistor. ¿En qué zona se encuentra?
- b) Obtenga el valor máximo de R_C para que el transistor permanezca en la zona activa.
- c) Aplicando el concepto de ‘sensibilidad’, para una variación relativa del 10% de los valores de R_E y R_C obtenga la variación relativa de la intensidad de colector (I_C).



Soluciones.

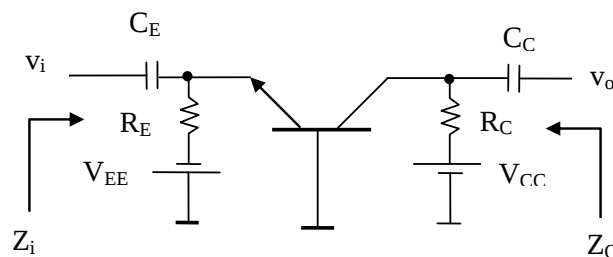
(a) Está en activa directa: $I_{CQ}=4,6 \text{ mA}$ y $V_{CE} = -6,1 \text{ V}$

(b) $R_C < 2,28 \text{ k}\Omega$

(c) La variación relativa de I_{CQ} es del 10% y solo depende de R_E .

Ejercicio 11.- Del amplificador de la figura siguiente se conocen los siguientes datos:

$V_{EE}=4\text{V}$, $V_{CC}=10\text{V}$, $R_E=1,2\text{k}\Omega$, $R_C=2,4\text{k}\Omega$, $\beta_F=60$, $(C_E \text{ y } C_C) \rightarrow \infty$



- a) Encuentre el punto de trabajo del transistor. Compruebe que está en activa.
- b) Encuentre la expresión algebraica y determine el valor de las impedancias de entrada y salida.
- c) Determine la ganancia en frecuencias medias, $A_{vm} = (V_o/V_i)$
- d) Según la expresión hallada en (c), ¿qué nuevo valor debiera tener R_C para que la ganancia fuese el doble de la hallada en (c)? El transistor ¿permanecería en activa en este caso?

Soluciones:

(a) $I_C=2,70\text{mA}$; $V_{CE}=4,1\text{V}$.

(b) $Z_o = R_C = 2,4\text{k}\Omega$; $Z_i = R_E || \left(\frac{r_{\pi}}{\beta+1} \right) = (1200 || 9,3) \Omega \approx 9,3 \Omega$

(c) $A_{vm} = +g_m \cdot R_C = +259 \text{ (V/V)}$

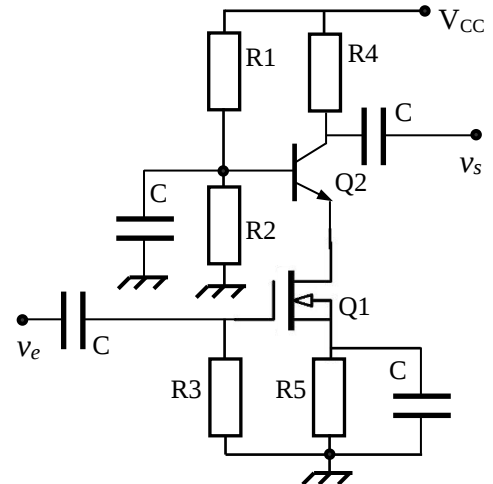
(d) $R_C = 4,8\text{k}\Omega \rightarrow$ No permanece en activa, pasaría a saturación: no es viable el incremento de ganancia.

Ejercicio 12.- Del amplificador multietapa de la figura adjunta se conocen los siguientes datos:

$$V_{CC}=12V, R_1=20k\Omega, R_2=10k\Omega, R_3=1M\Omega, R_4=5k\Omega, R_5=1k\Omega,$$

$$C \rightarrow \infty; Q_1: k = 1mA/V^2; Q_2: \beta_F=200, V_{BE}=0.6V.$$

- Calcule los parámetros de los modelos en pequeña señal de los transistores, suponiendo que la corriente de drenador es 1mA.
- Dibuje el circuito equivalente en pequeña señal.
- Obtenga el modelo global del circuito como amplificador de tensión: halle A_v (entre v_s y v_e) y las impedancias terminales, indicando las expresiones algebraicas, sus valores y unidades.



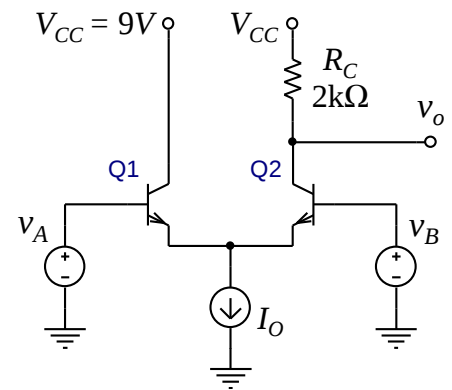
Soluciones:

(a) $Q_1: g_m = 1,41 \text{ mA/V}; Q_2: r_e = 25\Omega, \alpha = 1$ (base común).

(c) $A_v = -7,07 \text{ (V/V)}, Z_e = R_3$ y $Z_s = R_4$

Ejercicio 13.- El amplificador diferencial de la figura utiliza transistores de Silicio cuya $\beta_F = 200$.

- En polarización, determine el valor de I_O para que la caída de tensión en el resistor R_C sea de 4,5V.
- En las condiciones del apartado (a), y sabiendo que la fuente I_O necesita más de 1V para poder funcionar, determine el margen en modo común del amplificador diferencial.
- Para este y los siguientes apartados considere $I_O=1\text{mA}$. Determine el modelo del amplificador en modo diferencial: Z_{ed} , Z_s y A_d
- Se sabe que el CMRR de este amplificador es igual a 40dB. ¿Qué impedancia debiera tener el generador de corriente?

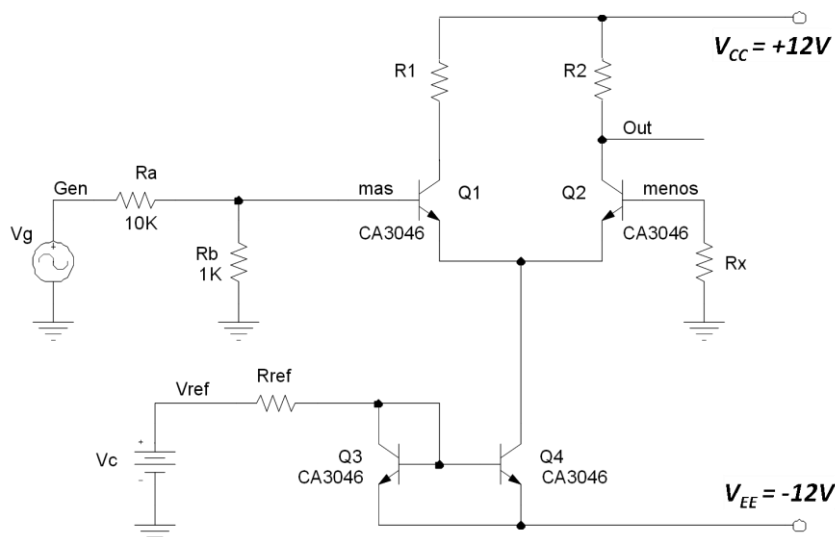


Soluciones:

(a) $I_O = 4,5 \text{ mA}$ (b) $1,7 \text{ V} < V_{CM} < 5 \text{ V}$

(c) $Z_{ed} = 2 \cdot r_{\pi} = 20k\Omega; A_{d2} = \frac{g_m \cdot R_C}{2} = 20 \left(\frac{V}{V} \right); Z_s = R_C = 2k\Omega$ (d) $R_O = 5k\Omega$

Ejercicio 14.- La figura adjunta ilustra un amplificador diferencial construido con un array de transistores CA3046 cuyos parámetros característicos son: $\beta = 100; V_A = 70V$. Se pide:



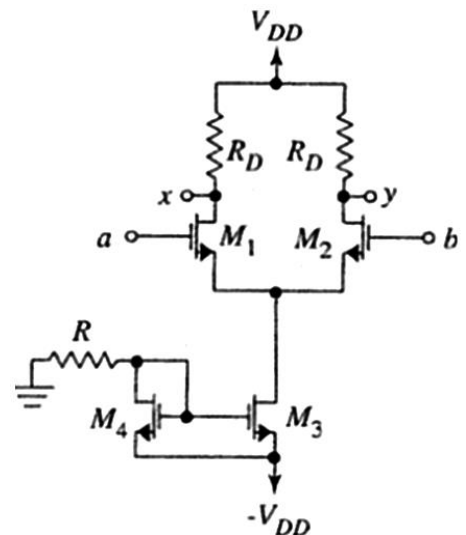
- Con los valores dados para R_a y R_b , obtenga el valor exacto de R_x que cancele el efecto de la corriente de polarización.
- Si la tensión de control de la fuente de corriente se fija a $V_c = 0V$, determine el valor necesario de R_{ref} para que la corriente de polarización del diferencial sea de valor $I_O = 2mA$.
- En las condiciones del apartado (b), determine el punto de trabajo de todos los transistores (Q1 a Q4) para el caso en que $R_1 = R_2 = 5k\Omega$.
- Con los valores dados de R_1 y R_2 , determine las expresiones algebraicas de los parámetros (impedancias terminales y ganancia) del amplificador en modo diferencial en las siguientes condiciones: 1) tensión de entrada diferencial definida como $v_d = (v_{mas} - v_{menos})$; 2) las expresiones se deben obtener en función de la corriente I_O .
- Tomando como referencia los resultados del apartado (d) represente gráficamente la evolución de la ganancia y la impedancia de entrada en modo diferencial en función de la corriente I_O . Para ello, tome el siguiente margen de variación de la corriente: $0 < I_O < 4mA$.

Soluciones:

- $R_x = (R_a || R_b) = 900\Omega$
- $R_{ref} = 5,7k\Omega$
- Q1 y Q2: $I_C = 1mA$; $V_{CE} = 7,6V$; Q3: $I_C = 2mA$, $V_{CE} = 0,6V$; Q4: $I_C = 2mA$, $V_{CE} = 11,4V$
- $A_{d2} = \frac{g_m \cdot R_2}{2} = \frac{I_O}{2 \cdot V_T} \cdot \frac{R_2}{2} = 50 \cdot I_O$; $Z_d = 2 \cdot r_{\pi} = \frac{4 \cdot \beta \cdot V_T}{I_O} = \frac{10}{I_O} k\Omega$ (I_O en mA)

Ejercicio 15.- En el circuito de la figura adjunta se tiene una alimentación $V_{DD} = 12V$, $R_D = 50k\Omega$, $k = 2 mA/V^2$, $V_t = 1V$ en todos los transistores y R es tal que $I_{D3} = 0.2 mA$. Con las entradas “a” y “b” a masa:

- Determine el punto Q de los transistores M1 y M2.
- Halle los límites del modo común.
- Dibuje el modelo equivalente en pequeña señal considerando solo los efectos de la ganancia diferencial ($V_A \rightarrow \infty$).
- Obtenga el modelo global del circuito como amplificador de tensión diferencial, así: halle $A_{vd} = (v_{xy}/v_{ab})$ y las impedancias diferenciales de entrada y salida, indicando las expresiones algebraicas, sus valores y unidades.



Soluciones:

- $I_{D1} = I_{D2} = I_{D3}/2 = 0,1mA$; $V_{DS1,2} = 8,32V$
- $-10,23V < V_{CM} < 8V$
- $A_{vd} = -g_m \cdot R_D = -31,6 (V/V)$; $Z_{ed} \rightarrow \infty$; $Z_o = 2 \cdot R_D = 10k\Omega$