Ejercicio 1. El circuito de la figura 1 trabaja en gran señal. Inicialmente v_{IN} vale 0V y los diodos D_1 y D_2 están en OFF. Considere que la tensión v_{IN} va aumentando poco a poco.

a) Explique razonadamente qué diodo, D_1 ó D_2, empezará a conducir antes **(0,5 p)**
b) ¿Para qué valor de v_{IN} empieza a conducir el diodo D_1? **(1 p)**
c) ¿Para qué valor de v_{IN} empieza a conducir el diodo D_2? **(1 p)**

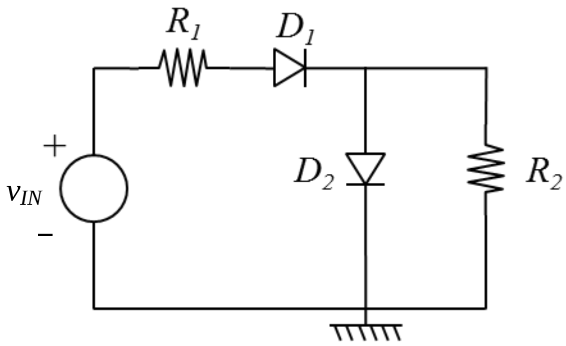


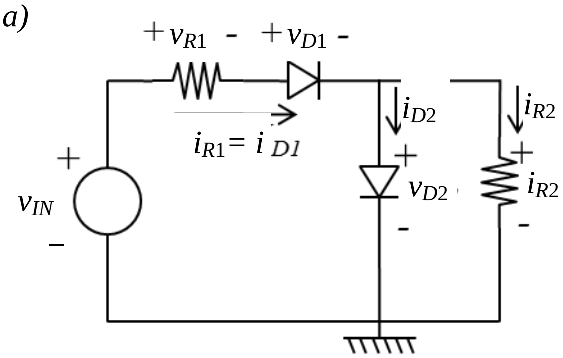
Figura 1

DATOS
R_1 = 1 kΩ
R_2 = 2 kΩ
Modelo lineal por tramos de los diodos:
$V_{\gamma 1}$ = 0,6 V
$V_{\gamma 2}$ = 1,2 V

NOTA: Ignore los efectos capacitivos en los diodos.

SOLUCION DEL EJERCICIO 1

a)



Inicialmente v_{IN} vale 0V y D_1 y D_2 están en OFF, es decir, no circula corriente en el circuito y por tanto no cae tensión en las resistencias. Cuando v_{IN} crezca pero mientras D_1 y D_2 están en OFF, la tensión $v_{D2} = v_{R2} = 0$, lejos de $V_{\gamma 2}$ por lo que D_2 no estará cerca de conducir, y será D_1 el primero en conducir.

b) El diodo D_1 empezará a conducir cuando $v_{D1} = V_{\gamma 1}$ = 0,6V y con $i_{D1} \geq 0$, y D2 permanecerá en OFF. Analizando el circuito en ese caso se obtiene:
$i_{D1} = i_{R1} = i_{R2} = (v_{IN} - V_{\gamma 1})/(R_1 + R_2) \geq 0 \Rightarrow v_{IN} \geq V_{\gamma 1}$ = 0,6V

c) Analizando el circuito con las condiciones de D_1 en ON y D_2 en OFF, calculamos la tensión en D_2 como: $v_{D2} = v_{R2} = R_2\, i_{R2} = (v_{IN} - V_{\gamma 1}).\, R_2/(R_1 + R_2)$

El diodo D_2 empezará a conducir cuando $v_{D2} = V_{\gamma 2}$ = 1,2V

Despejando: $v_{IN} = V_{\gamma 2}\ (R_1 + R_2)/R_2 + V_{\gamma 1}$ = 2,4 V.

Ejercicio 2. Una determinada célula solar en ciertas condiciones de operación, esta célula se modela adecuadamente mediante la ecuación analítica:

$$I = a - bV^8$$

Utilizando dicha ecuación, se le pide calcular:

a) La corriente de cortocircuito de la célula **(0,5 p)**
b) La tensión de circuito abierto **(0,5 p)**
c) La tensión $V=V_M$ y corriente $I=I_M$ en la que la célula necesita operar para entregar la máxima potencia, y el valor de esa potencia máxima **(1 p)**

En el circuito de la figura 2 se muestra dicha célula solar en operación alimentando las resistencias R_1 y R_2.

d) Calcule el valor de la R_2 que hace que la célula entregue la máxima potencia calculada en el apartado c) (si no resolvió dicho apartado, considere V_M = 0,75 V e I_M = 2,74 A) **(0,5 p)**

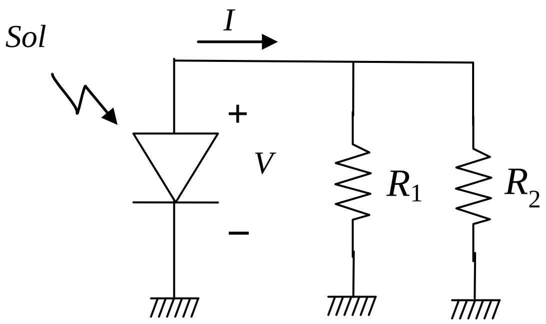


Figura 2

DATOS
a= 3,2 A;
b = 1,3 A/V^8;
R_1 = 800 mΩ

SOLUCION DEL EJERCICIO 2

a) *Para V=0, I=* $I_{sc} = a$ = 3,2 A.

b) *Para I=0:*

$$0 = a - bV_{oc}^8 \Rightarrow V_{oc} = \sqrt[8]{\frac{a}{b}} = 1{,}12\,V$$

c) *La potencia generada es* $P = I\,V = V(a - bV^8) = aV - bV^9$. *En el máximo* $P'(V_M) = 0$

$$0 = a - 9bV_M^8 \Rightarrow V_M = \sqrt[8]{\frac{a}{9b}} = 0{,}85\,V$$

Por tanto $I_M = a - bV_M^8 = a - b\frac{a}{9b} = \frac{8}{9}a = 2{,}84\,A$

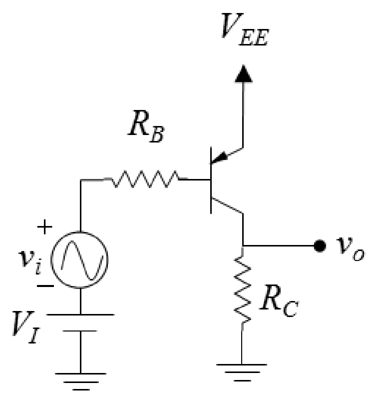
$$P_M = I_M V_M = 2{,}42\,W$$

d)

$$\frac{I_M}{V_M} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{1}{\frac{I_M}{V_M} - \frac{1}{R_1}} = 478\,m\Omega$$

Si utiliza V_M = 0,75 V e I_M = 2,74 A; R_2=416 mΩ

Ejercicio 3. El transistor del circuito amplificador de la figura es de tipo pnp. Se pide:



a) Calcular el rango de valores de la tensión continua a la entrada V_I que asegura que el transistor está polarizado en activa directa **(1 p)**

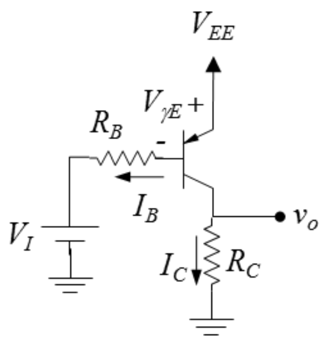
b) Para la tensión continua a la entrada V_I = 4 V, dibujar el circuito equivalente en frecuencias medias y pequeña señal, indicando el valor del parámetro de pequeña señal del transistor r_π **(0,8 p)**

c) Calcular la ganancia de tensión en pequeña señal v_o/v_i **(0,7 p)**

DATOS: V_{EE} = 5 V; R_B = 20 kΩ; R_C = 1 kΩ;
V_t = 0,025 V.
BJT: $V_{\gamma E}$ = 0,7 V; V_{ECsat} = 0,2 V; β = 100; $V_A \to \infty$

SOLUCION DEL EJERCICIO 3

a) El circuito de polarización en activa directa queda:



Para que esté en activa directa:

$$I_B = \frac{V_{EE} - V_{\gamma E} - V_I}{R_B} > 0 \Rightarrow V_I < V_{EE} - V_{\gamma E} \Rightarrow V_I < 4{,}3\text{V}$$

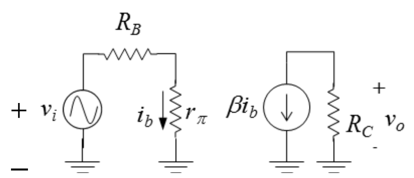
$$V_{EC} = V_{EE} - R_C\beta\left(\frac{V_{EE} - V_{\gamma E} - V_I}{R_B}\right) > V_{ECsat} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_I > V_{EE}\left(1 - \frac{R_B}{\beta R_C}\right) - V_{\gamma E} + \frac{R_B}{\beta R_C}V_{ECsat} \Rightarrow V_I > 3{,}34\,\text{V}$$

El rango queda entonces $3{,}34 < V_I[V] < 4{,}3$

b) Con V_I*=4 V, está en activa directa, con* $I_B = \dfrac{V_{EE} - V_{\gamma E} - V_I}{R_B} = 15\,\mu A$

Por tanto $r_\pi = \dfrac{V_T}{I_B} = 1{,}67\,k\Omega$, y el circuito equivalente es el siguiente:



c) Resolviendo:

$$\left.\begin{aligned} v_o &= -R_C\beta i_b \\ v_i &= \left(R_B + r_\pi\right)i_b \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_C\beta}{R_B + r_\pi} = -4{,}6$$

Ejercicio 4. Los dos transistores MOSFET normalmente OFF (de acumulación) del circuito de la Figura 4 trabajan en saturación (es decir, activa directa). Ambos tienen la misma tensión umbral V_T pero diferente valor de κ:

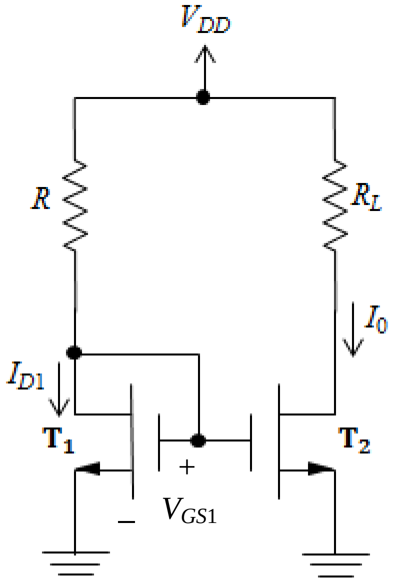


Figura 4

Sabiendo que la resistencia R se diseña para que la corriente de drenador de T_1 valga $I_{D1} = 1\,\text{mA}$, se le pide calcular:

a) La tensión V_{GS1}, confirmando que efectivamente T1 opera en saturación **(0,5 p)**
b) El valor de R **(0,5 p)**
c) La corriente I_0 **(0,8 p)**
d) El máximo valor de R_L para el que T_2 está en saturación **(0,7 p)**

DATOS:

$V_{DD} = 5$ V, $I_{D1} = 1\,\text{mA}$
Transistores MOSFET:
$V_T = 1\,\text{V}; V_A \to \infty$, $\kappa_1 = 1\,\text{mA/V}^2, \kappa_2 = 2\,\text{mA/V}^2$

SOLUCION DEL EJERCICIO 4

a) Si está en activa directa $V_{GS1} = V_T + \sqrt{\dfrac{I_{D1}}{\kappa_1}} = 2\,\text{V}$. *El transistor está en activa directa (saturado) ya que conduce (* $I_{D1} > 0$ *) y tiene drenador y puerta cortocircuitados y es normalmente OFF:*
$V_{GD1} = 0 < V_T \Leftrightarrow V_{DS1} = V_{GS1} > V_{GS1} - V_T$.

b) Y con una ecuación de malla:

$$V_{DD} = I_{D1}R + V_{GS1} \Rightarrow R = \frac{V_{DD} - V_{GS1}}{I_{D1}} = 3\,\text{k}\Omega$$

c) Del circuito $V_{GS2} = V_{GS1}$. *Si T_2 está saturado:*

$$I_0 = I_{D2} = \kappa_2 (V_{GS2} - V_T)^2 = \kappa_2 (V_{GS1} - V_T)^2 = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} I_{D1} = 2\,\text{mA}$$

d) La condición de saturación es:

$$V_{DS2} > V_{GS2} - V_T \Rightarrow V_{DD} - I_0 R_L > V_{GS2} - V_T \Rightarrow R_L < \frac{V_{DD} - (V_{GS2} - V_T)}{I_0} = 2\,\text{k}\Omega$$