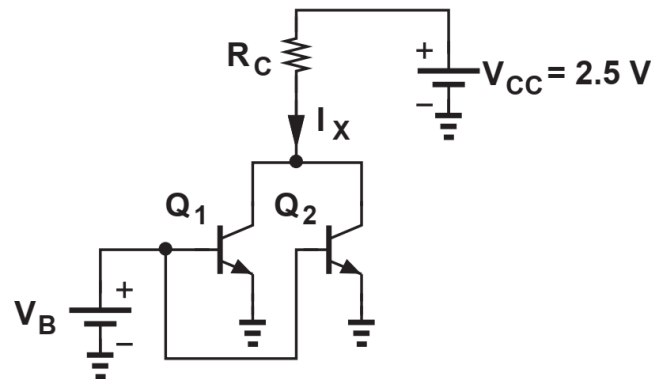




۱. مدار شکل زیر را در نظر بگیرید:

الف) اگر $I_{S1} = 2I_{S2} = 5 \times 10^{-16} A$ باشد، مقدار V_B را چنان تعیین کنید که $I_X = 1.2 mA$ باشد.

ب) چه مقدار مقاومت R_C می‌تواند ترانزیستور را در مرز ناحیه فعال قرار دهد؟



پاسخ:

$$I_X = I_1 + I_2 = I_{S1} \exp\left(\frac{V_B}{V_T}\right) + I_{S2} \exp\left(\frac{V_B}{V_T}\right) \Rightarrow I_X = (I_{S1} + I_{S2}) \exp\left(\frac{V_B}{V_T}\right)$$

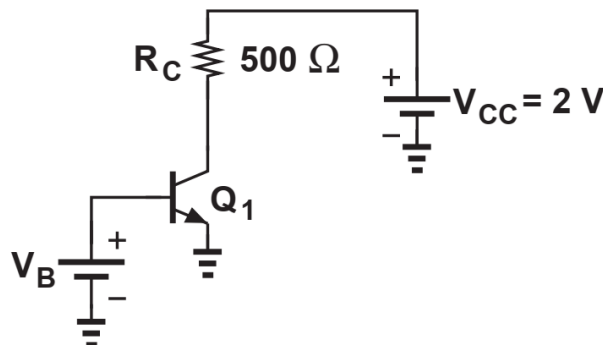
$$V_B = V_T \ln\left(\frac{I_X}{I_{S1} + I_{S2}}\right) \Rightarrow V_B = V_T \ln\left(\frac{I_X}{\frac{3}{2} I_{S1}}\right) = 26 \times 10^{-3} \ln\left(\frac{1.2 \times 10^{-3}}{\frac{3}{2} \times 5 \times 10^{-16}}\right) \Rightarrow V_B \approx 730.6 mV$$

ب) برای آنکه ترانزیستور در مرز ناحیه فعال باشد باید $V_C = V_B$ باشد. با استفاده از KVL داریم:

$$V_{CC} = R_C I_X + V_B \Rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_B}{I_X} = \frac{2.5 - 0.73}{1.2 \times 10^{-3}} \approx 1475 \Omega$$

۲. مدار شکل زیر را در نظر بگیرید. با فرض $I_S = 5 \times 10^{-16} A$ ، مقدار ولتاژ V_B را چنان انتخاب نمایید که ترانزیستور

Q_1 در مرز ناحیه فعال باشد.

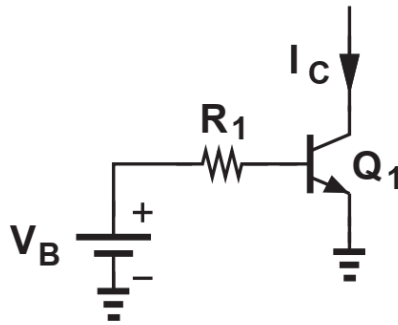


پاسخ: برای آنکه ترانزیستور در مرز ناحیه فعال باشد باید $V_C = V_B$ باشد. با استفاده از KVL داریم:

$$V_{CC} = R_C I_C + V_B \Rightarrow V_{CC} = R_C I_S \exp\left(\frac{V_B}{V_T}\right) + V_B \Rightarrow 2 = 500\Omega \times 5 \times 10^{-16} \exp\left(\frac{V_B}{26mV}\right) + V_B$$

$$\Rightarrow V_B \approx 760mV$$

۳. مدار شکل زیر را در نظر بگیرید. با فرض $I_S = 7 \times 10^{-16} A$ و $\beta = 100$ ، اگر $R_1 = 10k\Omega$ باشد، مقدار ولتاژ V_B را چنان تعیین کنید که $I_C = 1mA$ باشد.



پاسخ: با به دست آوردن جریان بیس و ولتاژ بیس امیتر، پس از نوشتن KVL داریم:

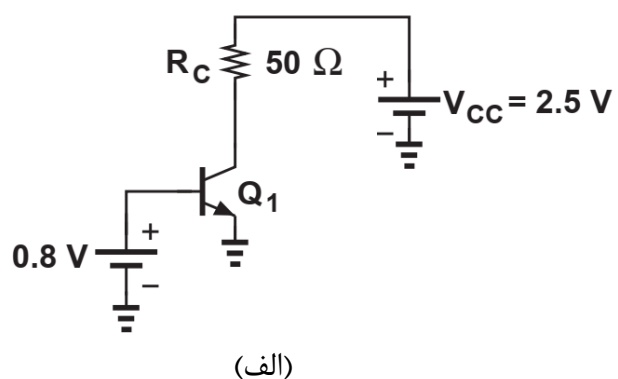
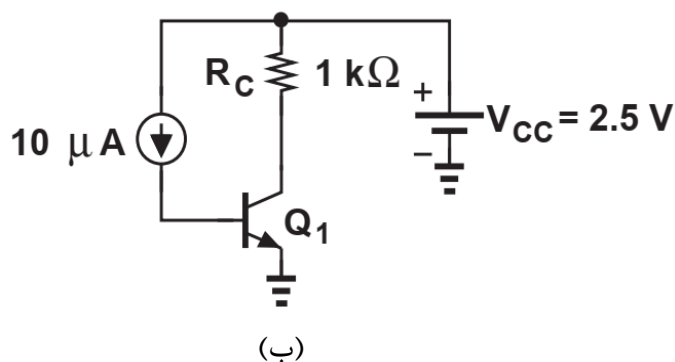
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1mA}{100} = 10\mu A$$

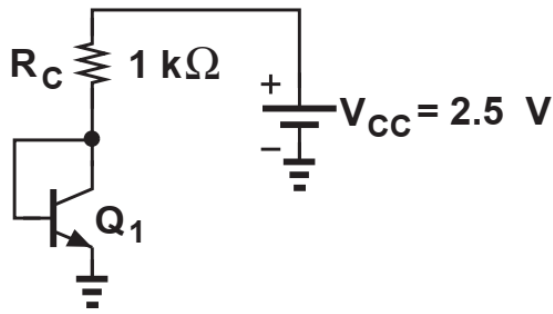
$$V_{BE} = V_T \ln\left(\frac{I_C}{I_S}\right) = 26mV \ln\left(\frac{1mA}{7 \times 10^{-16}}\right) \Rightarrow V_{BE} \approx 727.7mV$$

$$\Rightarrow V_B = R_1 I_B + V_{BE} \Rightarrow V_B \approx 10^4 \Omega \times 10^{-5} A + 728mV \approx 0.828mV$$

۴. نقطه کار و مدل سیگنال کوچک ترانزیستور Q_1 را برای هر یک از شکل‌های زیر به دست آورید. مقادیر زیر

مفروض است: $I_S = 8 \times 10^{-16} A$ و $\beta = 100$ و $V_A = +\infty$





(ج)

پاسخ: الف)

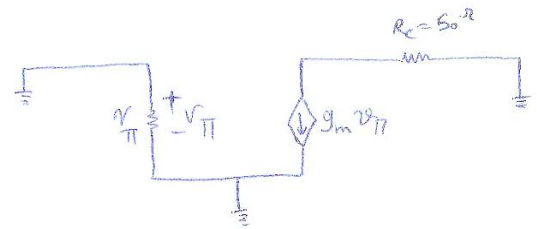
$$V_A = +\infty \Rightarrow r_0 = \infty, \quad I_S = 8 \times 10^{-16} \text{ A}, \quad \beta = 100$$

$$V_{BE} = 0.8 \text{ V} = 800 \text{ mV}$$

$$I_C = I_S \exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right) = 8 \times 10^{-16} \exp\left(\frac{800 \text{ mV}}{26 \text{ mV}}\right) \approx 18.5 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C = 2.5 \text{ V} - 50 \Omega \times 18.5 \text{ mA} = 1.575 \text{ V} > V_{BE}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{18.5 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 712 \text{ mS}, \quad r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{712 \text{ mS}} = 140.45 \Omega$$



(ب)

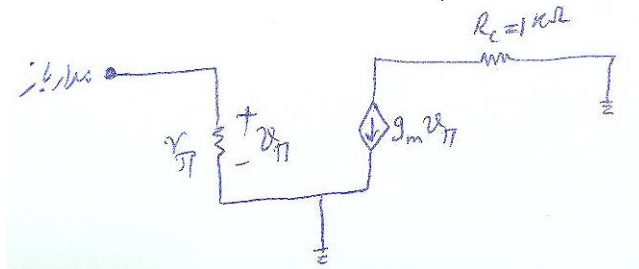
$$V_A = +\infty \Rightarrow r_0 = \infty, \quad I_S = 8 \times 10^{-16} \text{ A}, \quad \beta = 100$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 10 \mu\text{A} = 1 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C = 2.5 \text{ V} - 1 \text{ k}\Omega \times 1 \text{ mA} = 1.5 \text{ V}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = \frac{1}{26} \text{ S}$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{\frac{1}{26}} = 2.6 \text{ k}\Omega$$



(ج)

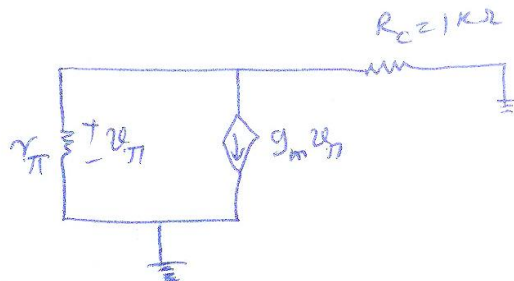
$$V_A = +\infty \Rightarrow r_0 = \infty, \quad I_S = 8 \times 10^{-16} \text{ A}, \quad \beta = 100$$

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{BE}$$

$$\Rightarrow 2.5 \text{ V} = 1 \text{ k}\Omega \times I_S \exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right) + V_{BE} \Rightarrow V_{BE} \approx 739 \text{ mV}$$

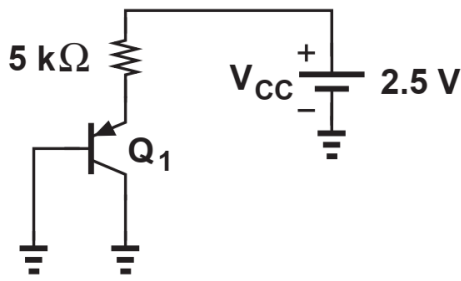
$$\Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C} = \frac{2.5 \text{ V} - 739 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} = 1.76 \text{ mA}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.76 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} \approx 67.7 \text{ mS}, \quad r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{67.7 \text{ mS}} \approx 1.48 \text{ k}\Omega$$

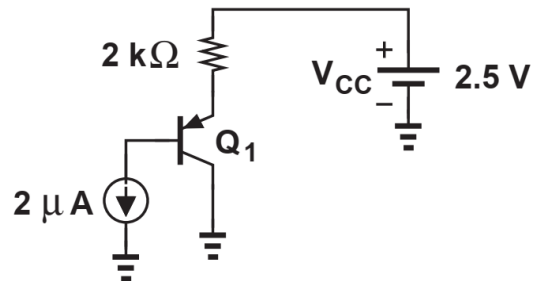


۵. نقطه کار و مدل سیگنال کوچک ترانزیستور Q_1 را برای هر یک از شکل‌های زیر به دست آورید. مقادیر زیر

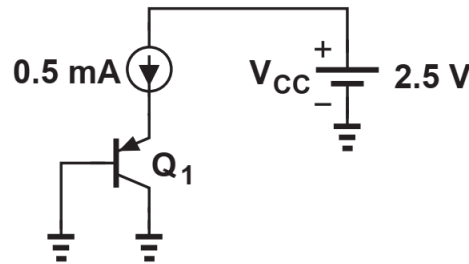
مفروض است: $V_A = +\infty$ و $\beta = 100$ و $I_S = 3 \times 10^{-17} \text{ A}$



(ب)



(الف)



(ج)

پاسخ: دقت شود که در مدارهای داده شده، ترانزیستورها PNP هستند.

(الف)

$$V_A = +\infty \Rightarrow r_0 = \infty, \quad I_S = 3 \times 10^{-17} \text{ A}, \quad \beta = 100$$

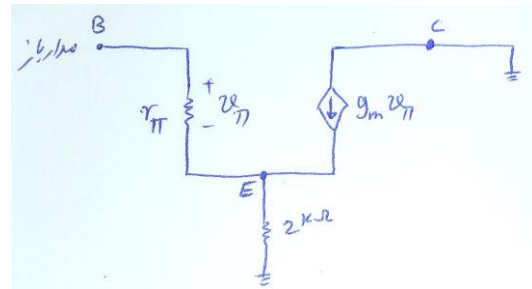
$$I_C = \beta I_B = 100 \times 2 \mu\text{A} = 0.2 \text{ mA}$$

$$V_{CC} = R_E I_E + V_{EC}$$

$$\Rightarrow V_{EC} \approx V_{CC} - R_E I_C = 2.5 - 2 \text{ k}\Omega \times 0.2 \text{ mA} = 2.1 \text{ V}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.2 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} \approx 7.7 \text{ mS}$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{7.7 \text{ mS}} \approx 12.99 \text{ k}\Omega$$



(ب)

$$V_A = +\infty \Rightarrow r_0 = \infty, \quad I_S = 3 \times 10^{-17} \text{ A}, \quad \beta = 100$$

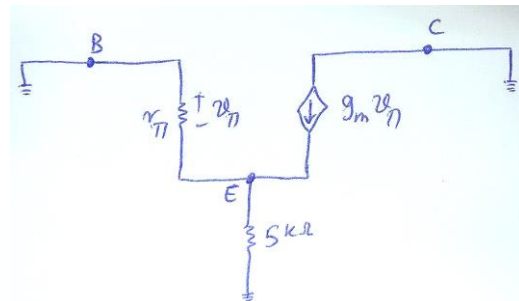
$$V_{CC} = R_E I_E + V_{EB} \approx R_E I_C + V_{EB}$$

$$2.5 \text{ V} = 5 \text{ k}\Omega \times 3 \times 10^{-17} \exp\left(\frac{V_{EB}}{V_T}\right) + V_{EB} \Rightarrow V_{EB} = 781.9 \text{ mV},$$

$$I_C = 3 \times 10^{-17} \times \exp\left(\frac{781.9 \text{ mV}}{26 \text{ mV}}\right) = 345 \mu\text{A}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{345 \mu\text{A}}{26 \text{ mV}} \approx 13.3 \text{ mS}$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{13.3 \text{ mS}} \approx 7.538 \text{ k}\Omega$$



(ج)

$$V_A = +\infty \Rightarrow r_0 = \infty, \quad I_S = 3 \times 10^{-17} \text{ A}, \quad \beta = 100$$

$$I_E = 0.5^{mA} \Rightarrow I_C \approx I_E = 0.5^{mA}$$

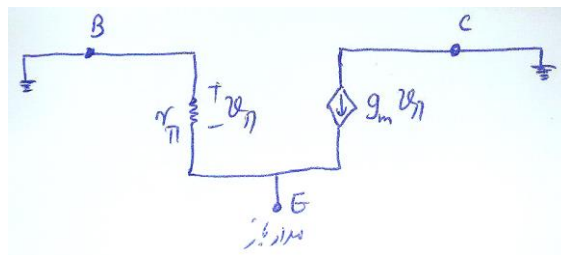
$$I_C = I_S \exp\left(\frac{V_{EB}}{V_T}\right)$$

$$\Rightarrow 0.5^{mA} = 3 \times 10^{-17} \exp\left(\frac{V_{EB}}{26^{mV}}\right)$$

$$\Rightarrow V_{EB} = 26^{mV} \times \ln\left(\frac{0.5^{mA}}{3 \times 10^{-17} \text{ A}}\right) \Rightarrow V_{EB} \approx 791.6^{mV}$$

$$V_{EC} = V_{EB} = 791.6^{mV}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.5^{mA}}{26^{mV}} \approx 19.2^{mS} \quad r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{19.2^{mS}} \approx 5.2^{k\Omega}$$



موفق باشید

صفوی