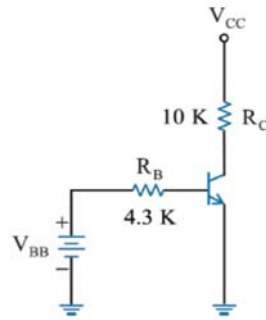


## Question1

圖 1 中之 BJT 電路，若 BJT 操作於主動模式時  $\beta = 100$ 。試依據下列情況求解流通集極及基極的

電流  $I_C$ 、 $I_B$ ：

- 若  $V_{BB} = 0.2V$ ；
- 若  $V_{BB} = 1V$ ；
- 若  $R_B = 43k\Omega$  及  $V_{BB} = 1V$ 。



**Sol:**

(a)  $V_{BB} = 0.2V$ ；

$$V_{BB} = 0.2V$$

$$\Rightarrow V_{BE} < V_{cut-in} (\cong 0.5V)$$

$\Rightarrow$  *cutoff mode* 截止狀態無電流通過 由此可得  $I_B = I_C = 0$

(b)  $V_{BB} = 1V$ ；

假設 *cutoff* 截止狀態  $I_B = 0$

$$\Rightarrow V_{BE} = V_{BB} - I_B R_B = 1V > V_{cut-in} (\cong 0.5V) \text{ 與假設不符!}$$

考慮另兩種可能 *active mode* 或 *saturation mode*

假設 *active mode*  $V_{BE} = 0.7V$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{1 - 0.7}{4.3K} = 0.07mA$$

$$I_C = \beta I_B = 100 * 0.07 = 7mA$$

$$check: V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = -60V < 0.3V \text{ 與假設不符!}$$

假設 *saturation mode*  $V_{BE} = 0.7V$ ， $V_{CE} = 0.2V$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{1 - 0.7}{4.3K} = 0.07mA$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - 0.2}{R_C} = 0.98mA \quad (check: I_C < \beta I_B \text{ 假設正確!})$$

(c)  $R_B = 43k\Omega$ ， $V_{BB} = 0.2V$ ；

假設 *saturation mode*  $V_{BE} = 0.7V$ ， $V_{CE} = 0.2V$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{0.2 - 0.7}{43K} = 0.007mA$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - 0.2}{R_C} = 0.98mA \quad check: I_C > \beta I_B \text{ 與假設不符!}$$

假設 *active mode*  $V_{BE} = 0.7V$

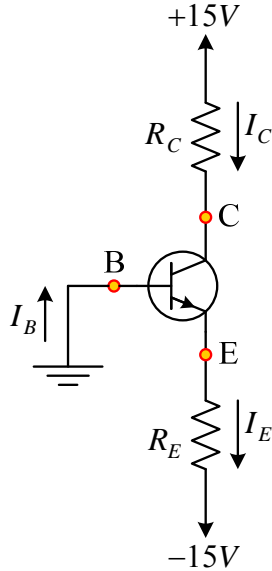
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{0.2 - 0.7}{43K} = 0.007mA$$

$$I_C = \beta I_B = 100 * 0.007 = 0.7mA$$

$$check: V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 3 > 0.3V \text{ 假設正確!}$$

## Question 2

圖 2 BJT 電路，BJT 操作於主動模式時， $\beta = 100$ ，基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$ ，集極電流  $I_C = 1mA$ ；當集極電流  $I_C = 2mA$  時，集極電壓  $V_C = 5V$ 。試求解電路中電阻  $R_C$  及  $R_E$  之值，並驗證 BJT 操作於主動模式。



**Sol:**

當集極電流  $I_C = 2mA$  時，集極電壓  $V_C = 5V$ ，可求得：

$$R_C = \frac{15 - V_C}{I_C} = \frac{15 - 5}{2 \times 10^{-3}} = 5k\Omega$$

若假設 BJT 元件操作在主動模式，集極電流可表示為：

$$I_C = I_S e^{V_{BE}/V_T} \Rightarrow V_{BE} = V_T \ln \frac{I_C}{I_S} \Rightarrow V_{BE2} - V_{BE1} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_{C1}}$$

當基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$  時，集極電流  $I_C = 1mA$ ；因此當集極電流  $I_C = 2mA$  時

$$V_{BE2} = V_{BE1} + V_T \times \ln \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 0.7 + (25 \times 10^{-3}) \times \ln \frac{2 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} = 0.717V$$

由於電路中 BJT 基極接地，即  $V_B = 0V$ ，且  $V_{BE} = 0.717V$ ，因此射極電壓  $V_E$ ：

$$V_E = V_B - V_{BE} = 0 - 0.717 = -0.717V$$

由於假設 BJT 元件操作在主動模式，因此  $I_E = \frac{1}{\alpha} I_C = \frac{\beta + 1}{\beta} \times I_C \Rightarrow I_E = 2.02mA$

由歐姆定律可知，

$$R_E = \frac{V_E - (-15)}{I_E} = \frac{-0.717 + 15}{2.02 \times 10^{-3}} = 7.07k\Omega$$

驗證假設 BJT 操作在主動模式之條件

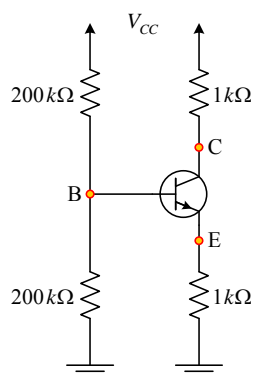
a) 基射極接面  $V_{BE}$ ： $V_{BE} = 0.717V > 0$  (順偏)；

b) 基集極接面  $V_{CB}$ ： $V_{CB} = 5 - 0 = 5V > 0$  (逆偏)。

符合假設！

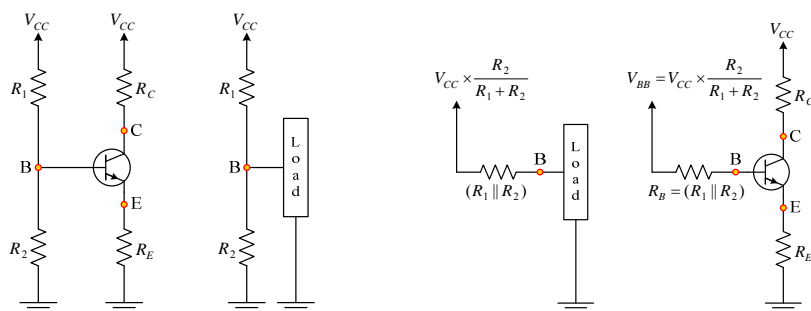
### Question3

圖 3 中之 BJT 電路，若直流電壓源  $V_{CC} = +10V$ 、基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$ ，試求解基極、集極及射極電壓，即  $V_B$ 、 $V_C$  及  $V_E$ ，其中 BJT 元件參數  $\beta = 100$ 。



Sol:

利用戴維寧等效電路，將原電路改寫：



$$V_{BB} = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times \frac{200 \times 10^3}{200 \times 10^3 + 200 \times 10^3} = 5V$$

$$R_B = (R_1 \parallel R_2) = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 100k\Omega$$

若 BJT 元件操作在主動模式下： $I_E = I_C + I_B$  &  $I_C = \beta I_B \Rightarrow I_E = (\beta + 1) \times I_B$

由 KVL 定律可知： $-V_{BB} + R_B \times I_B + V_{BE} + R_E \times I_E = 0$

$$\Rightarrow I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E + R_B / (\beta + 1)} = \frac{5 - 0.7}{(1 \times 10^3) + (100 \times 10^3) / (100 + 1)} = 2.16mA$$

由歐姆定律可知， $V_E = R_E \times I_E = (1 \times 10^3) \times (2.16 \times 10^{-3}) = 2.16V$

由歐姆定律可知， $V_B = V_{BB} - R_B \times I_B = V_{BB} - R_B \times \frac{I_E}{\beta + 1}$

$$\Rightarrow V_B = 5 - \frac{100 \times 10^3}{100 + 1} \times (2.16 \times 10^{-3}) = 2.86V$$

由歐姆定律可知， $V_C = V_{CC} - R_C \times I_C = V_{CC} - R_C \times \alpha I_E$

$$V_C = 10 - (1 \times 10^3) \times \frac{100}{(100 + 1)} \times (2.16 \times 10^{-3}) = 7.86V$$

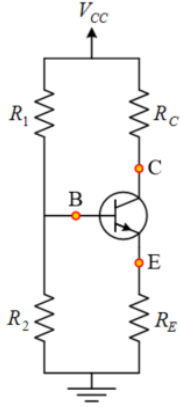
驗證假設 BJT 操作在主動模式之條件

- 基射極接面  $V_{BE}$ ： $V_{BE} = 0.7V > 0$  (順偏)；
- 基集極接面  $V_{CB}$ ： $V_{CB} = V_C - V_B = 7.86 - 2.86 > 0$  (逆偏)。

符合假設！

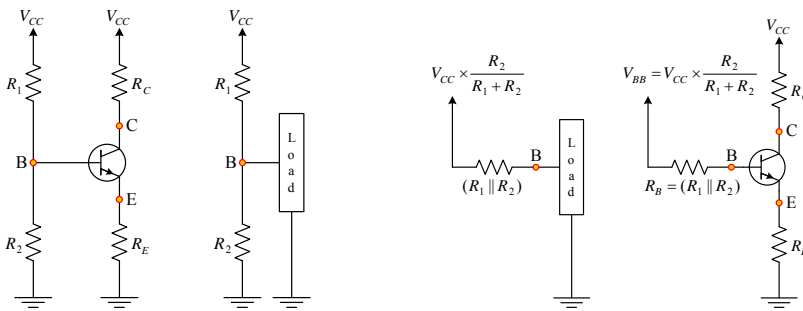
### Question4

圖 4 電路中，若電阻  $R_1 = R_2 = 100\text{k}\Omega$ 、 $R_C = 4\text{k}\Omega$ 、 $R_E = 5\text{k}\Omega$  及  $V_{CC} = 12\text{V}$ ，求流經集極的電流  $I_C$ 、集極與射極的電壓  $V_C$ 、 $V_E$ ，BJT 操作在主動模式的參數  $\beta = 100$ 。



**Sol:**

利用戴維寧等效電路，將原電路改寫：



$$V_{BB} = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \times \frac{100 \times 10^3}{100 \times 10^3 + 100 \times 10^3} = 6\text{V}$$

$$R_B = (R_1 \parallel R_2) = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 50\text{k}\Omega$$

假設 BJT 處於 active mode，並利用 KVL 得到：

$$\begin{aligned} V_{BB} &= I_B \cdot R_{BB} + V_{BE} + I_E \cdot R_E \\ \Rightarrow 6 &= I_B \cdot R_{BB} + 0.7 + (\beta + 1)I_B \cdot R_E \\ \Rightarrow I_B &= \frac{6 - 0.7}{R_{BB} + (100 + 1)R_E} = 0.0095(\text{mA}) \end{aligned}$$

得到  $I_B$  之後，就可以計算其他的電壓、電流：

$$V_B = V_{BB} - I_B \cdot R_{BB} = 6 - (0.0095) \cdot (50) = 5.52(\text{V})$$

$$V_E = V_B - 0.7 = 5.52 - 0.7 = 4.82(\text{V})$$

$$I_C = \beta I_B = (100) \cdot (0.0095) = 0.95(\text{mA})$$

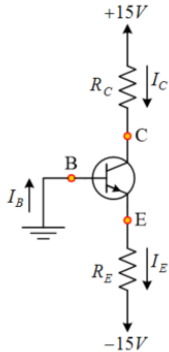
$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 12 - (0.95)(4) = 8.2(\text{V})$$

檢查： $V_{CE} = V_C - V_E = 3.38(\text{V})$

因為  $V_{CE} > 0.3\text{V}$ ，所以假設成立。

### Question 5

圖 5 電路中，若 BJT 其基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$  時，集極電流  $I_C = 1mA$ ；若集極電流  $I_C = 2mA$  時，集極電壓  $V_C = 5V$ 。試求解此電路中的電阻  $R_C$ 、 $R_E$  之值，其中 BJT 操作在主動模式的參數  $\beta = 100$ 。



**Sol:**

當集極電流  $I_C = 2mA$  時，集極電壓  $V_C = 5V$ ，可求得：

$$R_C = \frac{15 - V_C}{I_C} = \frac{15 - 5}{2 \times 10^{-3}} = 5k\Omega$$

若假設 BJT 元件操作在主動模式，集極電流可表示為：

$$I_C = I_S e^{V_{BE}/V_T} \Rightarrow V_{BE} = V_T \ln \frac{I_C}{I_S} \Rightarrow V_{BE2} - V_{BE1} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_{C1}}$$

當基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$  時，集極電流  $I_C = 1mA$ ；因此當集極電流  $I_C = 2mA$  時

$$V_{BE2} = V_{BE1} + V_T \times \ln \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 0.7 + (25 \times 10^{-3}) \times \ln \frac{2 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} = 0.717V$$

由於電路中 BJT 基極接地，即  $V_B = 0V$ ，且  $V_{BE} = 0.717V$ ，因此射極電壓  $V_E$ ：  
 $V_E = V_B - V_{BE} = 0 - 0.717 = -0.717V$

由於假設 BJT 元件操作在主動模式，因此  $I_E = \frac{1}{\alpha} I_C = \frac{\beta + 1}{\beta} \times I_C \Rightarrow I_E = 2.02mA$

由歐姆定律可知，

$$R_E = \frac{V_E - (-15)}{I_E} = \frac{-0.717 + 15}{2.02 \times 10^{-3}} = 7.07k\Omega$$

驗證假設 BJT 操作在主動模式之條件

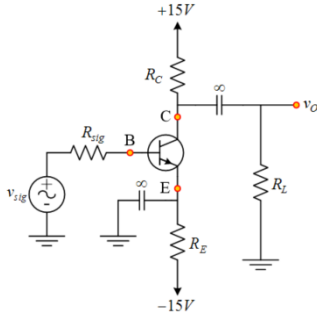
- 基射極接面  $V_{BE}$ ： $V_{BE} = 0.717V > 0$  (順偏)；
- 基集極接面  $V_{CB}$ ： $V_{CB} = 5 - 0 = 5V > 0$  (逆偏)。

符合假設！

### Question 6

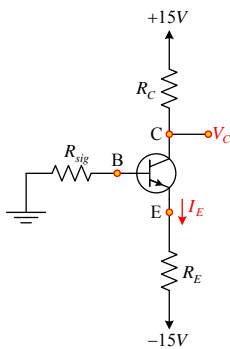
圖 6 電路中，若 BJT 操作於主動模式時，基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$ 、 $\beta = 75$ ，且 BJT 元件熱電壓  $V_T = 25mV$ 、忽略 Early Effect 及訊號源內阻  $R_{sig} = 2.5k\Omega$ ，

- 試求解射極電阻  $R_E$ ，使射極直流電流  $I_E = 0.5mA$ ；
- 試求解集極電阻  $R_C$ ，使集極直流電壓  $V_C = 5V$ ；
- 若負載電阻  $R_L = 10k\Omega$ ，繪出等效小訊號模型並求小訊號電壓增益  $v_o/v_{sig}$ 。



**Sol:**

考直流偏壓電路可重畫如下:



(a)

若 BJT 元件操作在主動模式下，且基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$

由 KVL 定律可知： $R_{sig} I_B + V_{BE} + R_E I_E - 15 = 0$

由於假設 BJT 元件操作在主動模式： $I_E = (\beta + 1)I_B$ ，且題目已知條件  $I_E = 0.5mA$ ，因此可得知，

$$(2.5 \times 10^3) \times \frac{I_E}{\beta + 1} + 0.7 + R_E I_E - 15 = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_E = 28.567k\Omega}$$

(b)

由題目已知條件  $I_E = 0.5mA$ ，且假設 BJT 元件操作在主動模式，因此

$$I_C = \alpha I_E = \frac{\beta}{\beta + 1} \times I_E = 0.493mA, \quad I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = 6.579 \mu A$$

因此集極直流電壓可表示為  $V_C = 15 - R_C I_C = 5V$ ，此外題目已知條件  $V_C = 5V$

可求得  $R_C = 20.284 k\Omega$

基極直流電壓則為  $V_B = 0 - R_{sig} I_B = -0.016V$

Step 3.

驗證假設 BJT 操作在主動模式之條件

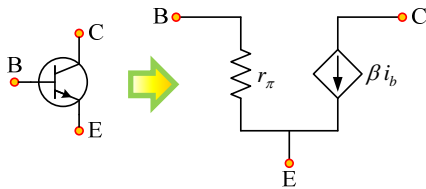
a) 基射極接面  $V_{BE}$  :  $V_{BE} = 0.7V > 0$  (順偏) ;

b) 基集極接面  $V_{CB}$  :  $V_{CB} = 5 - (-0.016) = 5.016V > 0$  (逆偏)。

符合假設 !

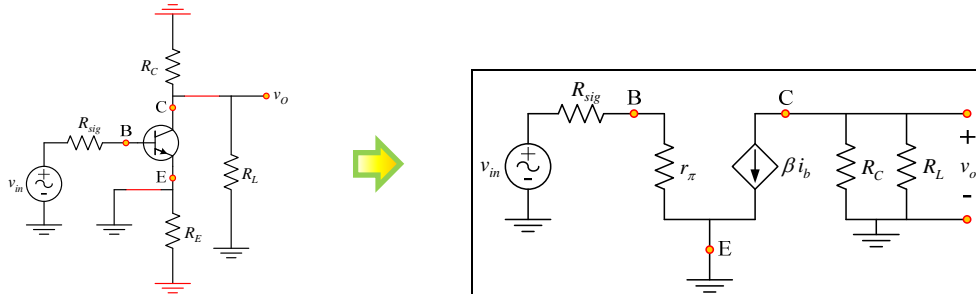
(c)

BJT 小訊號混合  $\pi$  模型 :



Step 1.

小訊號 BJT 電路可重畫如下:



Step 2.

其小訊號模型參數  $r_\pi = \frac{V_T}{I_B} = \frac{25 \times 10^{-3}}{6.579 \times 10^{-6}} = 3.800 k\Omega$

Step 3.

基極小訊號電流  $i_b = \frac{v_{in}}{R_{sig} + r_\pi} = \frac{v_{in}}{6.3 \times 10^3}$

輸出小訊號電壓  $v_o = -(\beta i_b) \times (R_C \parallel R_L) = -\beta \times \frac{R_C \times R_L}{R_C + R_L} \times i_b = -502.344 \times 10^3 \times i_b$

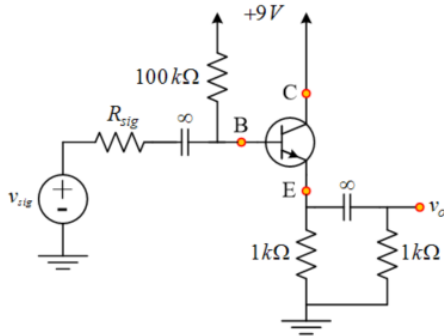
因此 BJT 電路小訊號電壓放大增益  $A_v = \frac{v_o}{v_{in}}$  可求解為 ,

$$A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = -502.344 \times 10^3 \times \frac{1}{6.3 \times 10^3} = -79.737 V/V$$

### Question 7

圖 7 電路中，若 BJT 操作於主動模式時，基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$ 、 $\beta = 200$ ，且 BJT 元件熱電壓  $V_T = 25mV$ 、忽略 Early Effect 及訊號源內阻  $R_{sig} = 10k\Omega$ ，

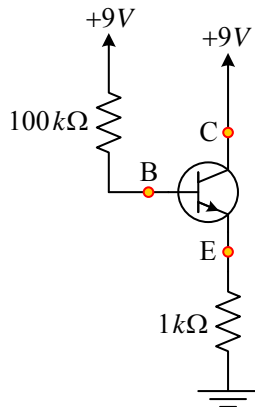
- 試求解射極直流電流  $I_E$ 、集極及基極直流電壓  $V_C$ 、 $V_B$ ；
- 試繪出 **等效小訊號模型** 並求解小訊號電壓增益  $v_o/v_{sig}$ 。



**Sol:**

(a)

直流偏壓電路:



$$KVL : 9V - I_b R_b - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

$$active: I_E = (\beta + 1)I_B \quad , \quad V_{BE} = 0.7V$$

$$I_B = \frac{9-0.7}{100+201} = 0.0275 \text{ mA}$$

$$I_E = 5.54 \text{ mA}$$

$$I_C = 200I_B = 5.5 \text{ mA}$$

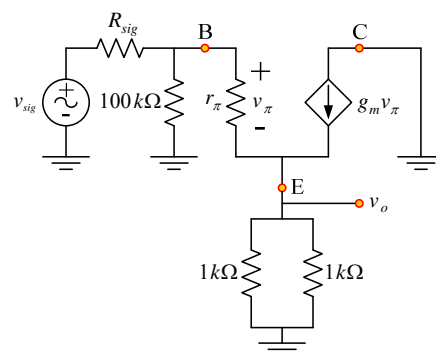
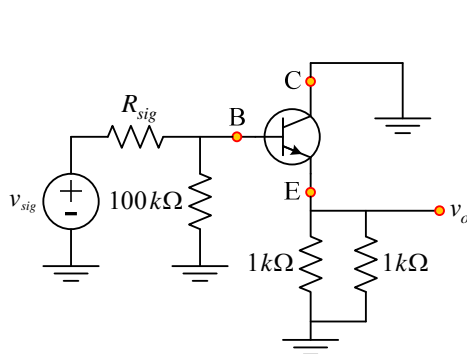
$$V_E = I_E R_E = 5.54 \text{ V}$$

$$V_B = 9 - I_B R_B = 3.5 \text{ V}$$

$$V_C = 9 \text{ V}$$

Check:  $V_{CE} = 9V - 5.54V = 3.46V > 0.3V$  故我們可以確定此電路為主動模式

(b) 小信號等效電路及模型





$$r_{\pi} = \frac{V_T}{I_B} = \frac{25}{0.0275} = 909 \Omega$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.025 \cdot 200}{25} = 0.22 \Omega^{-1}$$

*KCL:*

$$\frac{V_o - 0}{0.5k} + \frac{V_o - V_B}{r_{\pi}} - g_m V_{\pi} = 0$$

$$\frac{V_B - V_{sig}}{10k} + \frac{V_B}{100k} + \frac{V_B - V_o}{r_{\pi}} = 0$$

$$V_{\pi} = V_B - V_o$$

$$\frac{V_o}{V_{sig}} = 0.807$$

### Question 8

圖 8 電路中，若 BJT 元件操作在主動模式，且基極電流  $I_B = 14.46 \mu A$ 、射極電流  $I_E = 1.46 mA$  及

基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$ ，試求解 BJT 元件參數  $\alpha$  及  $\beta$ 。

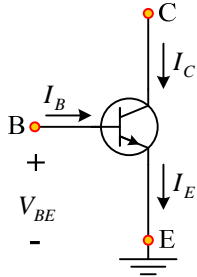


圖 24

**Sol:**

Step 1.

若 BJT 元件操作在主動模式下，其基極電流  $I_B$ 、集極電流  $I_C$  及射極電流  $I_E$  滿足：

$$I_E = I_C + I_B \quad \& \quad I_C = \beta I_B$$

因此可知

$$I_C = I_E - I_B = 1.45 mA$$

Step 2.

由  $I_B = 14.46 \mu A$ 、 $I_C = 1.45 mA$  且  $I_E = 1.46 mA$ ，便可求得 BJT 元件參數  $\alpha$  及  $\beta$ ：

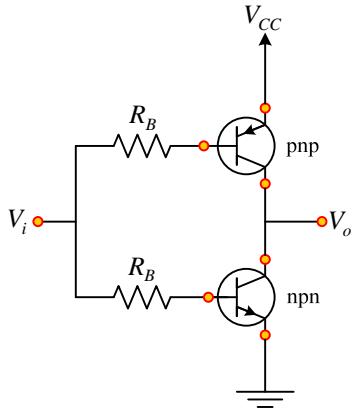
$$\boxed{\alpha = \frac{I_C}{I_E} = 0.99} \quad , \quad \boxed{\beta = \frac{I_C}{I_B} = 99.97}$$

### Question 9

圖 9 為 BJT 元件所構成之數位電路，其中  $V_{CC} = 5V$ 、 $V_i = 0.2V$  或  $V_i = 4.8V$ 。若  $R_B = 10k\Omega$  且輸出端無負載的情況下，試說明此 BJT 電路的物理意義並求解其平均靜態功率損耗。

note: npn-BJT 的元件參數  $V_{BE(ON)} = 0.7V$ 、 $V_{CE(sat)} = 0.2V$ 、 $\beta = 100$ ；

pnp-BJT 的元件參數  $V_{EB(ON)} = 0.7V$ 、 $V_{EC(sat)} = 0.2V$ 、 $\beta = 100$ 。



Sol:

Step1. 開關在  $V_i = V_L$  時的表現狀態

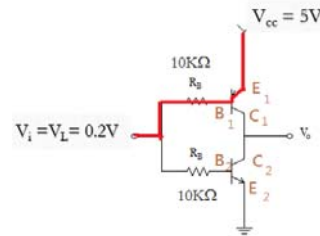
由題目知  $V_i = V_L = 0.2V$ ， $V_{B1}$  為低電位、 $V_{E1}$  為高電位， $V_{E1B1} > 0.7$ ，pnp 電晶體導通；

$V_{B2}$  為低電位、 $V_{B2E2} < 0.7$ ，npn 電晶體不導通

$$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7 - V_L}{R_B} = \frac{5 - 0.7 - 0.2}{10K} = 0.41 \text{ (mA)}$$

$$I_C = 0$$

$$P_1 = (V_{CC} - V_L) \cdot I_B = 1.97 \text{ (mW)}$$



Step2. 開關在  $V_i = V_H$  時的表現狀態

由題目知  $V_i = V_H = 4.8V$ ， $V_{B1}$  為高電位、 $V_{E1B1} < 0.7$ ，pnp 電晶體不導通；

$V_{B2}$  為高電位、 $V_{E2}$  接地， $V_{B2E2} > 0.7$ ，npn 電晶體導通。

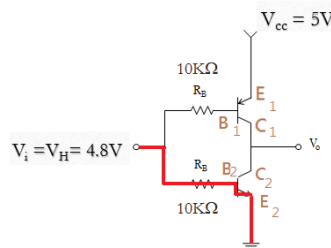
$$I_B = \frac{V_H - 0.7}{R_B} = 0.41 \text{ (mA)}$$

$$I_C = 0$$

$$P_2 = V_H \cdot I_B = 1.97 \text{ (mW)}$$

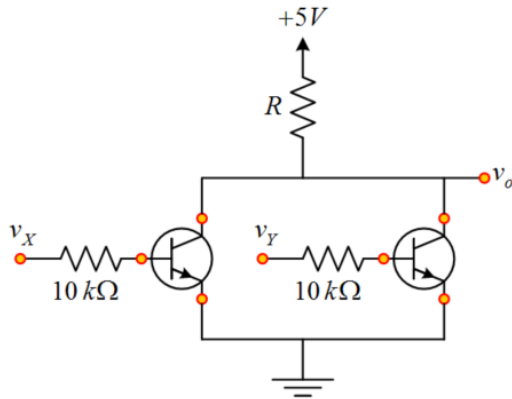
所以平均靜態功率損耗為

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} = 1.97 \text{ (mW)}$$



### Question 10

圖 10 為 BJT 所構成之邏輯電路，若 5V 及 0.2V 皆可作為輸入端的輸入訊號，試求解每種輸入訊號組合下之輸出端訊號，並將其繪製成表格說明此電路為何種邏輯閘。



**Sol:**

$V > 0.7V$  BJT 導通

$\rightarrow V_o = V_{CE} = 0.2V$  (低電壓)

\*電壓通過 R 會壓降


$V < 0.7V$  BJT 不導通

$\rightarrow V_o = 5V$

\*無電流通過電阻，無電壓降

$V_x$	$V_y$	$V_o$
0.2V	0.2V	5V
0.2V	5V	0.2V
5V	0.2V	0.2V
5V	5V	0.2V

$V_x$	$V_y$	$V_o$
0.2V	0.2V	5V
0.2V	5V	0.2V
5V	0.2V	0.2V
5V	5V	0.2V



$V_x$	$V_y$	$V_o$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

由此可知為 **NOR** 邏輯閘

### Question 11

下列 BJT 電路中，若 BJT 元件操作在主動模式，且基極電流  $I_B = 14.46 \mu\text{A}$ 、射極電流  $I_E = 1.46\text{mA}$  及基射極電壓  $V_{BE} = 0.7\text{V}$ ，試求解 BJT 元件參數  $\alpha$  及  $\beta$ 。

Step1.

若 BJT 元件操作在主動模式下，其基極電流  $I_B$ 、集極電流  $I_C$  及射極電流  $I_E$  滿足：

$$I_E = I_C + I_B \quad \& \quad I_C = \beta I_B$$

因此可知

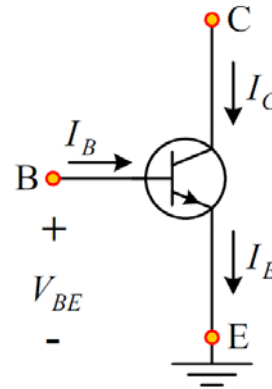
$$I_C = I_E - I_B = 1.45 \text{ mA}$$

Step2.

由  $I_B = 14.46 \mu\text{A}$ 、 $I_C = 1.45\text{mA}$  且  $I_E = 1.46\text{mA}$ ，便可求得 BJT 元件參數  $\alpha$  及  $\beta$ ：

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = 0.99$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 99.97$$



## Question 12

下列 BJT 電路中，若基極電壓  $V_B = -1.5V$ 、基射極電壓  $V_{BE} = 0.7V$ ，試求解集極電壓  $V_C$ 、射極電壓  $V_E$  及 BJT 元件參數  $\alpha$  及  $\beta$ 。

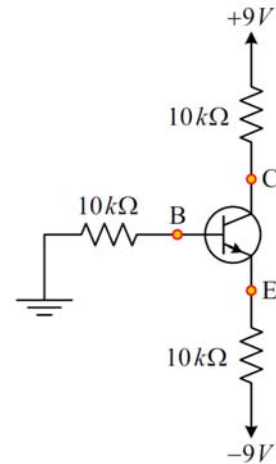
**Sol:**

Step1. 由題目已知條件及歐姆定律可知

$$V_E = V_B - V_{BE} = -1.5 - 0.7 = -2.2V$$

$$I_B = \frac{0 - V_B}{10 \times 10^3} = \frac{1.5}{10 \times 10^3} = 0.15 \text{ mA}$$

$$I_E = \frac{V_E - (-9)}{10 \times 10^3} = 0.68 \text{ mA}$$



Step2.

若 BJT 元件遭坐在主動模式下，

$$I_E = I_C + I_B \quad \& \quad I_C = \beta I_B \quad \& \quad I_C = \alpha I_E$$

且

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

因此  $I_E = I_C + I_B = (\beta + 1) \times I_B$

$$\Rightarrow \beta = \frac{I_E}{I_B} - 1 = 3.5, \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{3.53}{(3.53 + 1)} = 0.779$$

$$I_C = I_E - I_B = 0.68 - 0.15 = 0.53 \text{ mA} \Rightarrow V_C = 9 - (10 \times 10^3) \times I_C = 3.7V$$

Step4.

驗證假設 BJT 操作在主動模式之條件

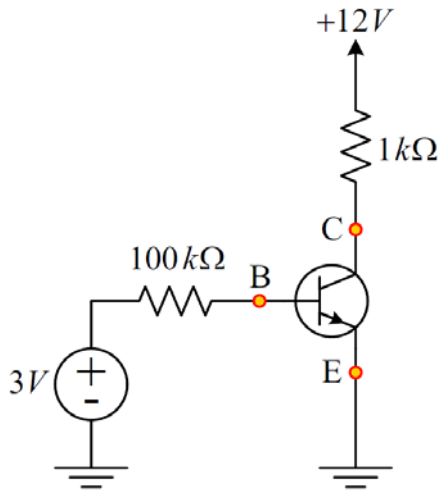
a) 基射極接面  $V_{BE}$ :  $V_{BE} = 0.7V > 0$  (順偏)

b) 基集極接面  $V_{CB}$ :  $V_{CB} = V_C - V_B = 3.7 - (-1.5) = 5.2V > 0$  (逆偏)

符合假設!

### Question 13

下列 BJT 電路中，求解集極直流電流  $I_C$  及參數  $g_m$ ，其中 BJT 元件參  $\beta = 100$ 、 $V_T = 25\text{mV}$ ，且若 BJT 操作在主動模式時，基射極電壓  $V_{BE} = 0.7\text{V}$ 、 $g_m = \frac{I_C}{V_T}$ 。



**Sol:**

Step1.

由 KCL 定律可知， $-3 + (100 \times 10^3) \times I_B + V_{BE} = 0$

$$\Rightarrow I_B = \frac{3 - 0.7}{100 \times 10^3} = 0.023 \text{ mA}$$

若 BJT 元件操作在主動模式下，

$$I_E = I_C + I_B = \beta I_B$$

$$I_E = (\beta + 1) \times I_B = 2.323 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 2.3 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow V_C = 12 - (1 \times 10^3) \times I_C = 12 - (1 \times 10^3) \times (2.3 \times 10^{-3}) = 9.7 \text{ V}$$

a) 基射極接面  $V_{BE}$ :  $V_{BE} = 0.7\text{V} > 0$  (順偏)；

b) 基集極接面  $V_{CB}$ :  $V_{CB} = V_C - V_B = 9.7 - 2.86 > 0$  (逆偏)

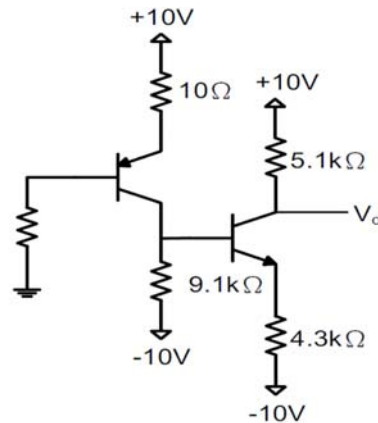
符合假設!

Step2.

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{2.3 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} = 92 \text{ mA/V}$$

### Question 14

下列BJT 電路中，設BJT 元件參數 $\beta=100$ ，試求電壓 $V_o$ 。



**Sol:**

先求出 Q1 電晶體  $I_c$  :

Step1:

$$I_{E1} = \frac{10 - V_{B1} + 0.7}{10} = (\beta + 1)I_{B1}$$

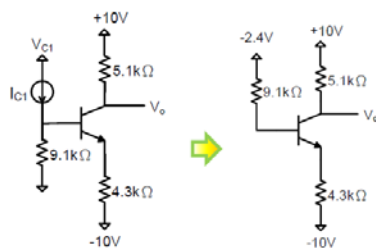
又  $I_{B1} = \frac{V_{B1}}{100}$  代入上式可得：

$$\frac{10 - (V_{B1} + 0.7)}{10} = \frac{101}{100} V_{B1}$$

$$\Rightarrow V_{B1} = \frac{100}{10 + 101} \frac{10 - 0.7}{10}$$

$$\Rightarrow I_{B1} = \frac{V_{B1}}{100} = \frac{10 - 0.7}{100 + 10 \times 101} = 8.4 \times 10^{-3} \text{ mA}$$

$\therefore I_{C1} = 0.84 \text{ mA}$ ，接著已戴維寧等校簡化 Q2 之偏壓如下：



$$I_{B2} = \frac{-2.4 + 10 + 0.7}{9.1\text{k} + 4.3\text{k} \times 101} = 0.0156 \text{ mA}$$

$$\therefore I_{C2} = 1.56 \text{ mA}$$

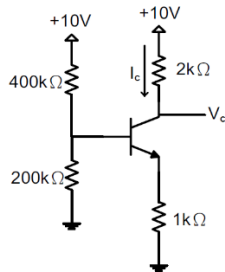
$$\therefore V_o = 10 - 1.56 \times 5.1\text{k} = 2.04 \text{ V}$$



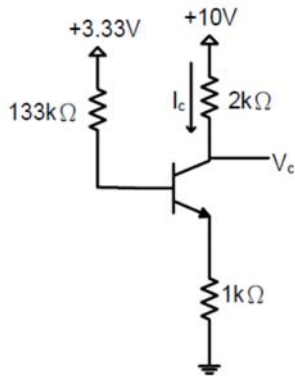
### Question 15

下列 BJT 電路中，設 BJT 元件參數  $\beta = 100$ ，試求其集極電流  $I_c$  及集極電壓  $V_c$ 。

**Sol:**



將基極端化簡為戴維寧等效電路如下



假設 BJT 為主動區：

$$I_B = \frac{3.33 - 0.7}{133k + 101 \times 1k} = 1.124 \times 10^{-2} \text{ mA}$$

$$I_C = \beta \times I_B = 1.124 \text{ mA}$$

$$V_C = 10 - 1.124 \text{ m} \times 2k = 7.75V$$

$$\text{驗證 } V_B = 3.33 - I_B \times 133k = 1.84V$$

顧 BC 接面為逆偏，符合主動區之假設。