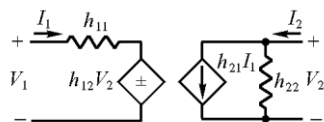


電晶體放大電路

重點整理

1. H 參數(混合參數)

$$\begin{cases} V_1 = f_1(I_1, V_2) = h_{11}I_1 + h_{12}V_2 \\ I_2 = f_2(I_1, V_2) = h_{21}I_1 + h_{22}V_2 \end{cases}$$



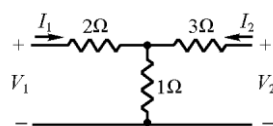
$$h_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{V_2=0} \quad \text{輸出短路之輸入阻抗 } h_i$$

$$h_{12} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0} \quad \text{輸入開路之反向電壓增益 } h_r$$

$$h_{21} = \left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0} \quad \text{輸出短路之順向電流增益 } h_f$$

$$h_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{I_1=0} \quad \text{輸入開路之輸出導納 } h_o$$

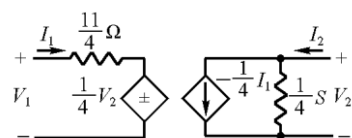
◎ 例題說明：試求下圖之 h 參數



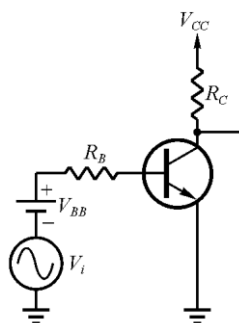
列克希荷夫電壓方程式：

$$\begin{cases} V_1 = 2I_1 + (I_1 + I_2) \\ V_2 = 3I_2 + (I_1 + I_2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = 3I_1 + I_2 \\ V_2 = I_1 + 4I_2 \end{cases}$$

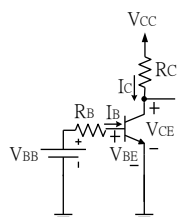
$$\begin{cases} V_1 - I_2 = 3 \cdot I_1 - 0 \cdot V_2 \\ 0 \cdot V_1 - 4 \cdot I_2 = I_1 - V_2 \end{cases} \Rightarrow V_1 = \frac{\begin{vmatrix} 3 \cdot I_1 & -1 \\ I_1 - V_2 & -4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 0 & -4 \end{vmatrix}} = \frac{-12I_1 + I_1 - V_2}{-4} = \frac{11}{4}I_1 + \frac{1}{4}V_2, I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 3 \cdot I_1 \\ 0 & I_1 - V_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & -1 \\ 0 & -4 \end{vmatrix}} = \frac{I_1 - V_2}{-4} = -\frac{1}{4}I_1 + \frac{1}{4}V_2$$



2. 電晶體完整電路分析



(1) 直流分析



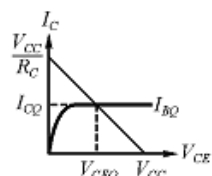
輸入迴路方程式(KVL)

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE}$$

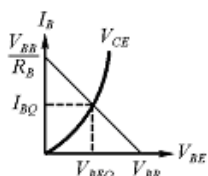
輸出迴路方程式(KVL)

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

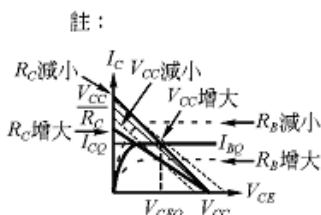
a. 圖解法



輸出特性曲線



輸入特性曲線



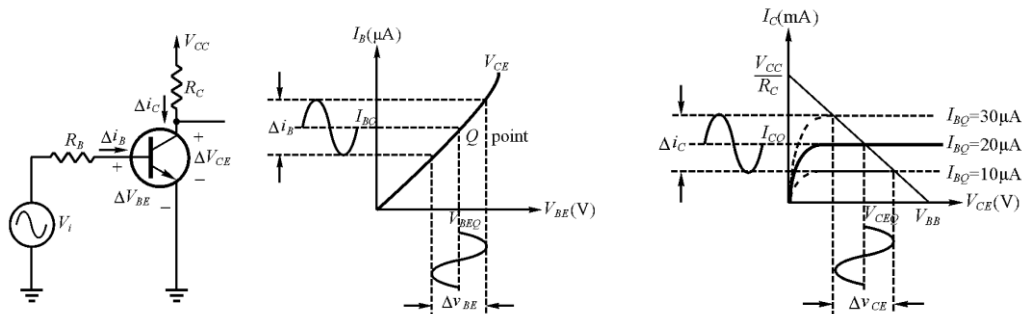
b. 計算法

$$I_B = \frac{V_{BB} - 0.7}{R_B}, I_C = \beta \cdot I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

(2) 交流分析

a. 圖解法



$$A_i = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}$$

$$R_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta i_B}$$

$$A_v = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{BE}}$$

$$R_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta i_C}$$

b. 由特性曲線中，求得等效電路再作交流分析

b.1 BJT 之二階等效電路(h-Model)

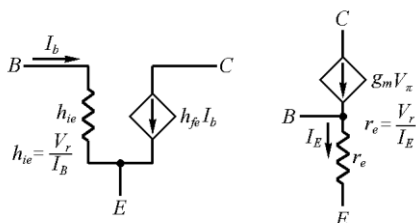
<p>求 h_{ie}</p> $h_{ie} = \left. \frac{V_{BE}}{I_B} \right _{\Delta V_{CE}=0} = \frac{(737-721)mV}{(20-10)\mu A} = 1.6K\Omega$	<p>求 h_{re}</p> $h_{re} = \left. \frac{V_{BE}}{V_{CE}} \right _{\Delta I_B=0} = \frac{(733-725)mV}{(20-0)V} = 4 \times 10^{-4}$
<p>求 h_{fe}</p>	<p>求 h_{oe}</p>

$h_{fe} = \frac{I_C}{I_B} \Big _{\Delta V_{CE}=0} = \frac{(2.7-1.7)mA}{(20-10)\mu A} = 100$	$h_{oe} = \frac{I_C}{V_{CE}} \Big _{\Delta I_B=0} = \frac{(2.05-1.95)mA}{(10-7)V} = 3.3 \times 10^{-5} \Omega^{-1}$
---	---

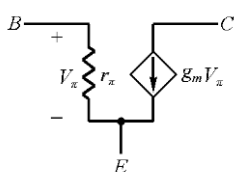
b.2 BJT 之一階等效電路(h-model)

i. h-model

因 h_{oe} 、 h_{re} 甚小，忽略



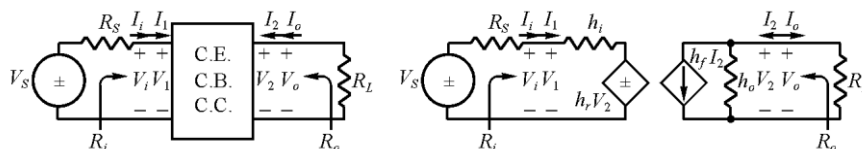
ii. π -model



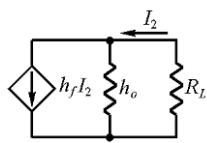
$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{V_T}{(1+h_{fe}) \times I_B} = \frac{h_{ie}}{1+h_{fe}}, h_{ie} = (1+h_{fe}) \times r_e$$

$$\begin{cases} h_{fe} \times i_b = g_m \times v_\pi \\ h_{ie} = r_\pi \end{cases}, h_{fe} = g_m \times \left(\frac{v_\pi}{i_b} \right) = g_m \times r_\pi \Rightarrow h_{fe} = g_m \times h_{ie} \Rightarrow \frac{1}{g_m} = r_e$$

c. 交流分析公式推導



i. 電流增益 $A_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{-I_2}{I_1}$



$$I_2 = \frac{1}{R_L + \frac{1}{h_o}} \times (h_f \cdot I_1) \Rightarrow A_I = \frac{I_2}{I_1} = \frac{-h_f}{1+h_o \cdot R_L} \text{ 若 } h_o \cdot R_L < 0.1 \text{ 則 } A_I \approx -h_f$$

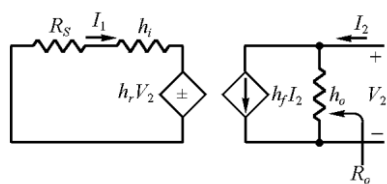
ii. 輸入阻抗 $R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_1}{I_1}$

$$V_1 = I_1 \cdot h_i + h_r \cdot V_2 = I_1 \cdot h_i + h_r \times (-I_2 \cdot R_L) = I_1 \cdot h_i + h_r \times (A_I \cdot I_1 \cdot R_L)$$

$$\Rightarrow R_i = \frac{V_1}{I_1} = h_i + h_r \cdot A_I \cdot R_L$$

iii. 電壓增益 $A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_2}{V_1}$, $A_V = \frac{V_2}{V_1} = \frac{-I_2 \cdot R_L}{I_1 \cdot R_i} = \frac{A_I \cdot R_L}{R_i}$

iv. 輸出阻抗 $R_o = \frac{V_2}{I_2} \Big|_{V_s=0}$

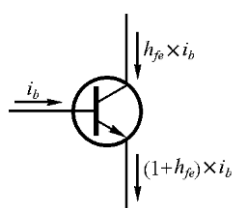


$$I_2 = h_o \cdot V_2 + h_f \cdot I_1 = h_o \cdot V_2 + h_f \times \left(\frac{-h_r \cdot V_2}{R_s + h_i} \right)$$

$$\Rightarrow Y_o = \frac{I_2}{V_2} = h_o - \frac{h_f \cdot h_r}{R_s + h_i} \Rightarrow R_o = \frac{1}{Y_o}$$

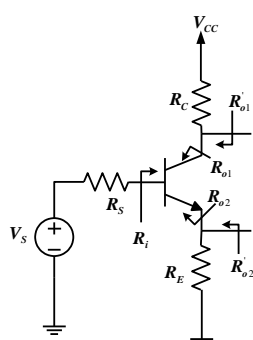
3. 使用一階等效電路求解交流分析之重要觀念

(1) 電流觀念



C.E.	C.C.	C.B.
$A_I = \frac{I_o}{I_i} = -h_{fe}$	$A_I = \frac{I_o}{I_i} = 1 + h_{fe}$	$A_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{h_{fe}}{1 + h_{fe}}$

(2) 電阻觀念



$$R_i = h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E = r_{\pi} + (1 + g_m \cdot r_{\pi}) \cdot R_E$$

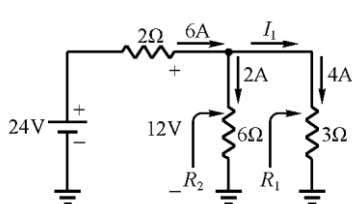
$$R_{o1} = \infty$$

$$R'_{o1} = R_{o1} // R_C = R_C$$

$$R_{o2} = \frac{R_s + h_{ie}}{1 + h_{fe}}$$

$$R'_{o2} = R_{o2} // R_E$$

(3) 基本電學觀念



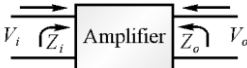
$$I_2 = \frac{24}{2 + (6//3)} = 6A$$

$$I_1 = I_2 \times \frac{6}{6+3} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{6}{6+3} = A_I \text{ (電流增益用分流)}$$

$$V_{3\Omega} = I_1 \times R_1 = I_2 \times R_2 = 12V \text{ (} I_1 \text{配} R_1, I_2 \text{配} R_2 \text{)}$$

$$V_{3\Omega} = \frac{(6//3)}{2 + (6//3)} \times V_i \Rightarrow \frac{V_{3\Omega}}{V_i} = \frac{(6//3)}{2 + (6//3)} = A_V \text{ (電壓增益用電阻比)}$$

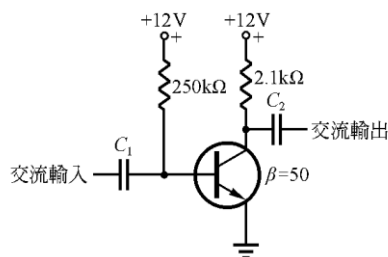
(4) 放大器觀念

	<p>符號說明：</p> <p>V_i：輸入電壓</p> <p>V_o：輸出電壓</p> <p>I_i：輸入電流</p> <p>I_o：輸出電流</p> <p>Z_i：輸入阻抗</p> <p>Z_o：輸出阻抗</p>	<p>電壓增益 $A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_o Z_o}{I_i Z_i} = A_i \frac{Z_o}{Z_i}$</p> <p>電流增益 $A_i = \frac{I_o}{I_i}$</p> <p>功率增益 $A_p = \frac{V_o I_o}{V_i I_i} = A_v A_i$</p>
---	--	--

4. 基本電路分析計算

(1) C.E.

a. 共射極固定偏壓



直流分析

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{11.3V}{250K\Omega} = 45.2\mu A, I_C = \beta \times I_B = 50 \times (45.2\mu A) = 2.26mA$$

$$check: \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{12 - 0.2}{2.1k\Omega} = 5.62mA > 2.26mA \text{ 電晶體工作在線性區}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 12 - (2.26mA)(2.1k\Omega) = 7.254V$$

交流分析

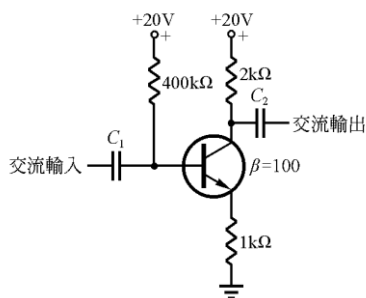
$$h_{ie} = \frac{26mV}{45.2\mu A} = 575\Omega = r_\pi$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_C \times R_C}{I_B \times h_{ie}} = -50 \times \frac{2.1k\Omega}{0.575k\Omega} = -182.6$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_B}{I_i} \times \frac{I_o}{I_B} = \frac{250k}{250k + 0.575k} \times (-50) = -49.88$$

$$\text{或 } A_i = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = -182.6 \times \frac{0.575k // 250k}{2.1k} = -49.88$$

b. 共射極射極偏壓



直流分析

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta) \times R_E} = \frac{19.3V}{501K\Omega} = 38.5\mu A, I_C = \beta \times I_B = 100 \times (38.5\mu A) = 3.85mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C - I_E \cdot R_E = 20 - (3.86mA)(2k\Omega + 1k\Omega) = 8.42V$$

交流分析

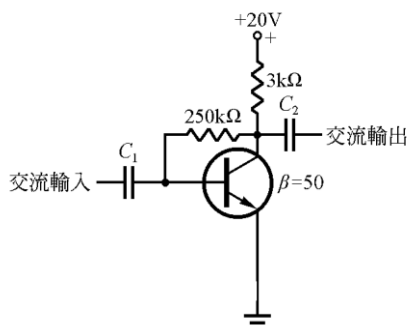
$$h_{ie} = \frac{26mV}{38.5\mu A} = 675\Omega = r_{\pi}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_C \times 2k}{I_B \times [0.675k + (1+100) \cdot 1k]} = -100 \times \frac{2k\Omega}{101.675k\Omega} = -1.967$$

$$A_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_B}{I_i} \times \frac{I_o}{I_B} = \frac{400k}{400k + 101.675k} \times (-100) = -79.73$$

$$\text{或 } A_I = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = -1.967 \times \frac{400k // 101.675k}{2k} = -79.73$$

c. 共射極集極回授



直流分析

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta) \cdot R_C} = \frac{19.3V}{403K\Omega} = 47.9\mu A, I_E = (1 + \beta) \times I_B = 51 \times (47.9\mu A) = 2.4mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E \cdot R_C = 20 - (2.4mA)(3k\Omega) = 12.8V$$

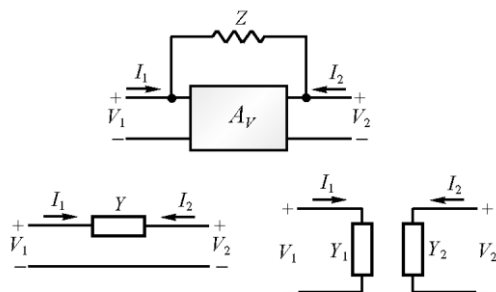
交流分析

$$h_{ie} = r_{\pi} = \frac{26mV}{47.9\mu A} = 543\Omega$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_C \times 3k}{I_B \times h_{ie}} = -50 \times \frac{3k\Omega}{543\Omega} = -276$$

$$A_I = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = -276 \times \frac{543\Omega // 903\Omega}{3k // 249k} = -31.6$$

補充：米勒定理



$$I_1 = Y \times (V_1 - V_2) = Y \cdot V_1 \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right), I_1 = Y_1 \cdot V_1$$

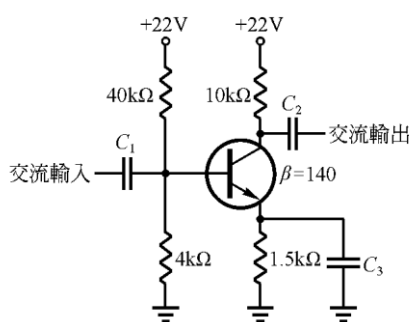
$$\Rightarrow Y_1 = Y \cdot \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) \Rightarrow Z_1 = \frac{Z}{1 - A_v}$$

$$I_2 = Y \times (V_2 - V_1) = Y \cdot V_2 \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right), I_2 = Y_2 \cdot V_2$$

$$\Rightarrow Y_2 = Y \cdot \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right) \Rightarrow Z_2 = \frac{Z}{1 - \frac{1}{A_v}}$$

輸入阻抗：MOSFET($10^{15} \sim 10^{12}$) > JFET($10^{12} \sim 10^5$) > OPA($10^{10} \sim 10^7$) > 靴帶式 > 達靈頓 > 射極隨耦器

d. 共射極分壓偏壓



直流分析

$$V_B = 22 \times \frac{4k}{40k + 4k} = 2V \quad V_E = 2 - 0.7 = 1.3V \quad I_E \cong I_C = \frac{1.3V}{1.5k\Omega} = 0.867mA$$

$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 22 - (0.867mA)(10k\Omega) = 13.33V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 13.33 - 1.3 = 12.03V$$

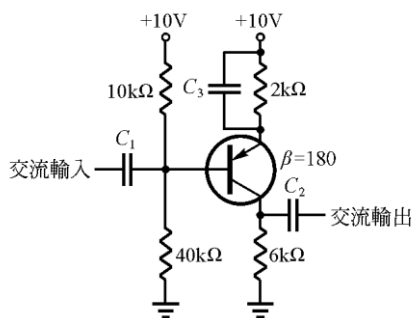
交流分析

$$I_B = \frac{0.867mA}{141} = 6.15\mu A, h_{ie} = \frac{26mV}{6.15\mu A} = 4.23k\Omega$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_C \times 10k}{I_B \times h_{ie}} = -140 \times \frac{10k\Omega}{4.23k\Omega} = -331$$

$$A_I = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = -331 \times \frac{4.23k \parallel 40k \parallel 4k}{10k} = -64.7$$

e. 共射極分壓偏壓電源由射極注入



直流分析

$$V_B = 10 \times \frac{40k}{40k + 10k} = 8V, V_E = V_B + V_{EB} = 8 + 0.7 = 8.7V$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_E}{R_E} = \frac{10 - 8.7}{2k} = 0.65mA \cong I_C$$

$$V_C = I_C \cdot R_C = (0.65mA)(6k\Omega) = 3.9V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 3.9 - 8.7 = -4.8V$$

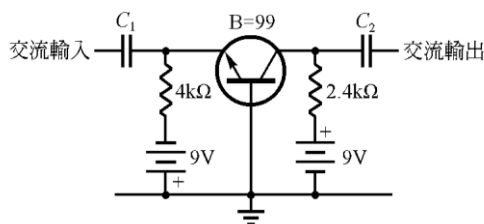
交流分析

$$r_e = \frac{26mV}{0.65mA} = 40\Omega$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_C \times R_C}{I_E \times r_e} \approx \frac{-6k}{40} = -150$$

(2) C.B.

a. 共基極偏壓



直流分析

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} = \frac{9 - 0.7V}{4k\Omega} = 2.075mA, I_C = \alpha \cdot I_E = 2.05mA$$

$$V_{CB} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 9 - (2.05mA)(2.4k\Omega) = 4.08V$$

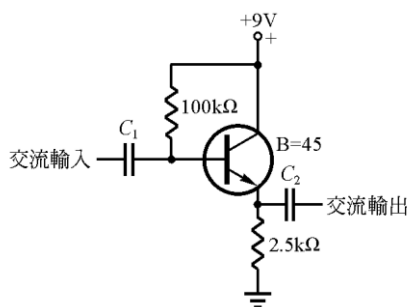
交流分析

$$r_e = \frac{26mV}{2.075mA} = 12.5\Omega$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_C \times R_C}{I_E \times r_e} \approx \frac{2.4K}{12.5} = 192$$

(3) C.C.

a. 共集極偏壓



直流分析

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta) \cdot R_E} = \frac{8.3V}{215k\Omega} = 38.6\mu A, I_E = (1 + \beta) \times I_B = 46 \times (38.6\mu A) = 1.8mA$$

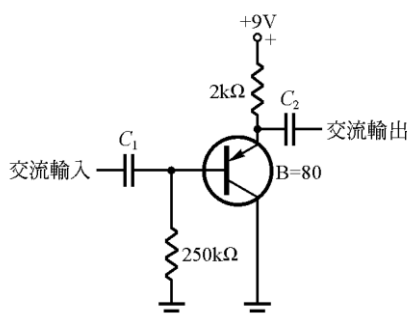
$$V_{CE} = V_{CC} - I_E \cdot R_E = 9 - (1.8mA)(2.5k\Omega) = 4.5V$$

$$V_E = I_E \cdot R_E = (1.8mA)(2.5k\Omega) = 4.5V$$

交流分析

$$r_e = \frac{26mV}{1.8mA} = 14.4\Omega$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_E \times 2.5K}{I_E \times (r_e + 2.5K)} = 0.994$$



直流分析

$$I_B = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta) \cdot R_E} = \frac{8.3V}{412k\Omega} = 20\mu A, I_C = \beta \times I_B = 80 \times (20\mu A) = 1.6mA$$

$$V_{CE} = V_E = V_{CC} - I_E \cdot R_E = 9 - (1.6mA)(2k\Omega) = 5.8V$$

交流分析

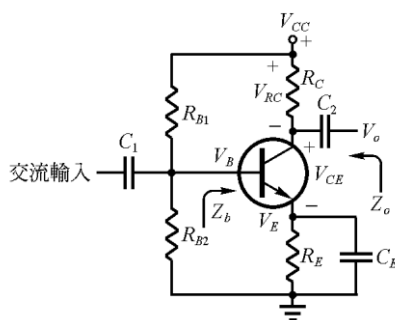
$$r_e = \frac{26mV}{1.6mA} = 16.25\Omega$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_E \times 2K}{I_E \times (r_e + 2K)} = 0.992$$

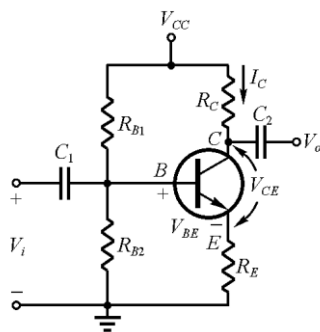


歷屆試題精選

- () 1. 如圖之電路，若電路中 $V_{CC}=22V$ 、 $R_{B1}=45k\Omega$ 、 $R_{B2}=5k\Omega$ 、 $R_C=10k\Omega$ 及 $R_E=1.5k\Omega$ ，BE 接面的切入電壓為 $0.7V$ ，並假設電晶體之電流增益 $\beta=100$ ，且熱電壓 $V_T=25mV$ ，進行小訊號分析，計算阻抗 Z_b 、 Z_o 、及放大器電壓增益 $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ ，請問下列答案何者最接近？ (A) $Z_b=25\Omega$ ， $Z_o=10k\Omega$ ， $A_v=-400$ (B) $Z_b=2.5k\Omega$ ， $Z_o=1M\Omega$ ， $A_v=400$ (C) $Z_b=2.5k\Omega$ ， $Z_o=10k\Omega$ ， $A_v=-400$ (D) $Z_b=2.5k\Omega$ ， $Z_o=10k\Omega$ ， $A_v=400$ 。 【93 四技二專】

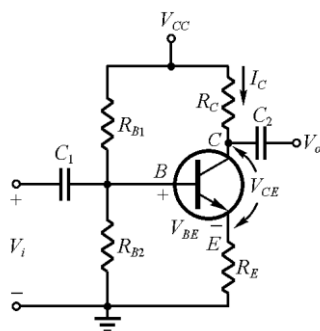


- () 2. 若下圖所有的電阻與電容特性都不受溫度影響，則一旦溫度升高時會造成何種變動： (A) I_C 減少， V_{CE} 減少 (B) I_C 減少， V_{CE} 增加 (C) I_C 增加， V_{CE} 減少 (D) I_C 增加， V_{CE} 增加。 【92 四技二專】

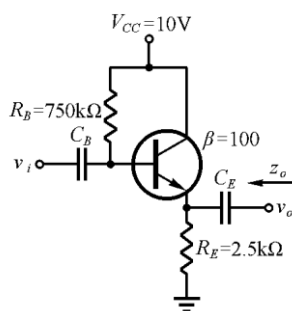


- () 3. 若下圖之 $V_{CC} = 15V$ ， $R_{B1} = R_{B2} = 100k\Omega$ ， $R_C = 4.3k\Omega$ ， $R_E = 6.8k\Omega$ ， $V_{BE} = 0.7V$ ，且 C_1 、 C_2 及 β 都非常大，則電壓增益 A_V 約為： (A) -0.63 (B) -0.76 (C) -0.996 (D)

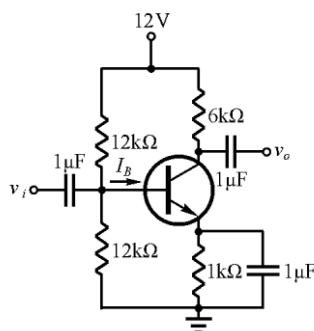
- 2.58。 【92 四技二專】



- () 4. 對於需要具備低輸入阻抗及高輸出阻抗、卻不要求高電流增益的電路而言(如：電流緩衝器)，最適合採用下列哪一種形式之電晶體放大電路？
 (A)無射極電阻之共射極放大電路 (B)有射極電阻之共射極放大電路
 (C)共基極放大電路 (D)共集極放大電路。 【92 四技二專】
- () 5. 如下圖，其小信號等效輸出阻抗 z_o 最接近下列何值？(熱當電壓 $V_T = 26\text{mV}$) (A)7.5Ω (B)17.5Ω (C)27.5Ω (D)37.5Ω。 【91 四技二專】



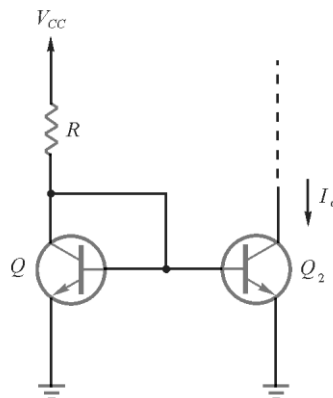
- () 6. 若放大器的頻率響應，其曲線上的最大電壓增益大小為 100，則在 - 3dB 截止頻率處之電壓增益大小為何？ (A)35.5 (B)50 (C)70.7 (D)100。 【91 四技二專】
- () 7. 下圖電路中，電晶體之 $\beta = 100$ ，則此電路中靜態工作點之 I_B ，其最接近之電流值為 (A)10 μA (B)50 μA (C)100 μA (D)500 μA 。 【90 四技二專】



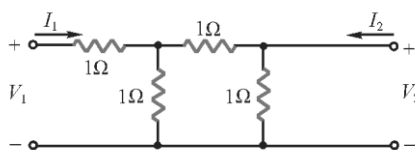
- () 8. 同上題電路中，其輸入為小訊號輸入，則電壓增益 v_o/v_i 約為 (A)0 (B) - 25 (C) - 50 (D)50。 【90 四技二專】

- () 9. 如圖所示之電路中，若電晶體導通時的 $V_{BE} = 0.7V$ ，則 I_o ? (A) $\frac{V_{CC} - 0.7}{R(1+1/\beta)}$
 (B) $\frac{V_{CC} - 0.7}{R(1+2/\beta)}$ (C) $\frac{V_{CC} - 0.7}{R(1+1/\beta^2)}$ (D) $\frac{V_{CC} - 0.7}{R(1+2/\beta^2)}$ 。

【90 年二技電子學-統一入學測驗】



- () 10. 如圖雙埠網路中， h_{11} 與 h_{22} 參數分別為多少？ (A) $h_{11} = 1.5$ 歐姆， $h_{22} = 1.5$ 姆歐 (B) $h_{11} = 0.67$ 歐姆， $h_{22} = 0.67$ 姆歐 (C) $h_{11} = 1.5$ 歐姆， $h_{22} = 0.67$ 姆歐 (D) $h_{11} = 3$ 歐姆， $h_{22} = 1.5$ 姆歐。
 【87 四技電機】

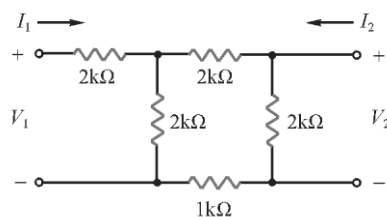


- () 11. 在電晶體參數中， $h_{21} = \frac{I_2}{I_1}$ (當 $V_2 = 0$ 時)，其 h_{21} 為何意義？ (A) 輸入阻抗 (B) 輸出導納
 (C) 逆向電壓轉換比 (D) 順向電流轉換比 (E) 輸出阻抗。

【89 四技推甄電機】

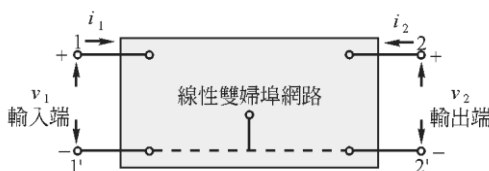
- () 12. 如圖的雙埠網路中， h_{21} 參數是多少？ (A) 0.2 (B) - 0.4 (C) - 0.7 (D) 0.35。

【89 四技聯招電機】



- () 13. 如圖所示之雙埠網路，若要利用 h 參數小訊號等效電路求四個參數值，需在下列何種條件下求得 (A) $i_1 = 0$ 或 $v_1 = 0$ (B) $i_2 = 0$ 或 $v_2 = 0$ (C) $v_1 = 0$ 或 $i_2 = 0$ (D) $i_1 = 0$ 或 $v_2 = 0$ 。

【89 四技聯招電子】



- () 14. 電晶體的雙埠網路方程式為 $V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$, $I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$, 其中 h_{11} 參數的單位為 (A)V (B)A (C)無 (D) Ω 。

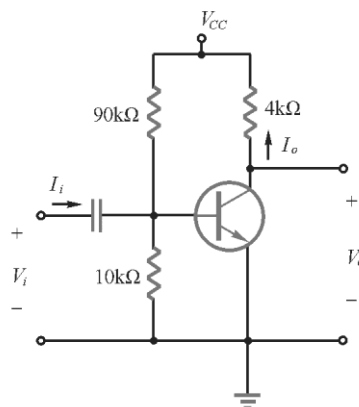
【88 四技推甄】【88 中區夜二專電子】

- () 15. 小信號操作，其主要目標為 (A)功率放大 (B)穩定性佳 (C)線性放大 (D)頻率響應佳。

【87 電子保甄】

- () 16. 如圖所示電晶體放大電路， $h_{fe} = 200$, $h_{ie} = 4k\Omega$, $h_{oe} = h_{re} = 0$, 電容阻抗忽略不計，試利用近似等效模型求解 I_o / I_i 約為多少？ (A)150 (B) - 150 (C)138 (D) - 138 (E) - 166。

【86 四技電子】



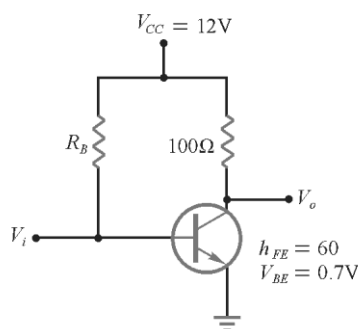
- () 17. 量測一電晶體電路所得數據如表 1，試求其基射極間之小信號電阻值 r_π ? (A)1905 Ω (B)1775 Ω (C)1505 Ω (D)1375 Ω 。

表 1

	I_B	I_C	g_m
第一次量測	100 μ A	9 mA	80 ms
第二次量測	120 μ A	11.2 mA	80 ms

- () 18. 試設計電阻值 R_B , 使電路為 A 類放大器，可有最大功率輸出(即 Q 點位於負載線中間處)。(A)11.3k Ω (B)6.0k Ω (C)5.4k Ω (D)9.2k Ω 。

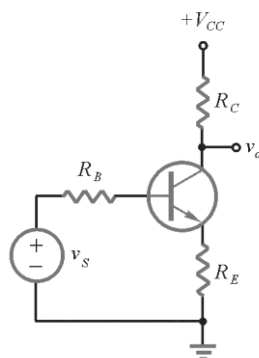
【86 二技電子電路】



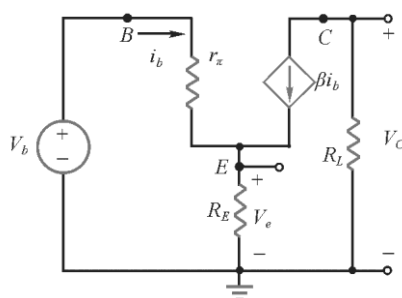
- () 19. 同上題, 假設電晶體之 $V_T = 26\text{mV}$, 試求電路之電壓增益 $A_V = V_o/V_i$? (A) - 50 (B) - 169 (C) - 231 (D) - 357。 【86 二技電子電路】

- () 20. 如圖所示之共射極電晶體放大電路, $R_C = 15\text{k}\Omega$, $R_E = 3\text{k}\Omega$, $R_B = 3\text{k}\Omega$, 若電晶體 $h_{ie} = 2\text{k}\Omega$, $h_{fe} = 50$, 其電壓增益 $A_V = \left| \frac{v_o}{v_s} \right|$ 約為 (A)5 (B)10 (C)15 (D)25。

【86 電機保甄】



- () 21. 如圖, 其中 $\beta = 100$, $r_\pi = 2.5\text{k}\Omega$, $R_E = 1\text{k}\Omega$ 且 $R_L = 10\text{k}\Omega$, 求 $|v_c/v_b|$: (A)12.7 (B)9.7 (C)6.3 (D)3.1。 【88 二技電子學】



- () 22. 續上題, 求 v_e/v_b : (A)0.98 (B)0.75 (C)0.55 (D)0.32。

【88 二技電子學】

- () 23. 試以近似解計算如圖 4 之 A_V 、 R_L 及 R_o 之值 ($\beta = 100$) (A) $A_V \cong -4$, $R_i \cong 5\text{k}\Omega$, $R_o \cong 4\text{k}\Omega$ (B) $A_V \cong -4$, $R_i \cong 1\text{k}\Omega$, $R_o \cong 2\text{k}\Omega$ (C) $A_V \cong -6$, $R_i \cong 5\text{k}\Omega$, $R_o \cong 2\text{k}\Omega$ (D) 以上皆非。

【88 四技電子】

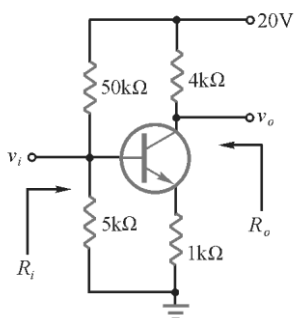
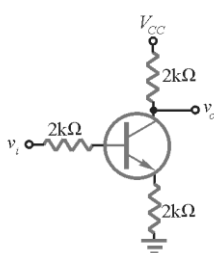


圖 4

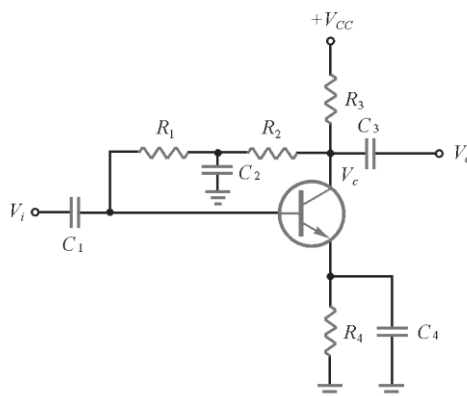
- () 24. 如圖 2 所示電路，若 $h_{re} = h_{oe} = 0$ ， $h_{ie} = 1\text{k}\Omega$ ， $h_{fe} = 100$ ，則 v_i 點與接地間的輸入阻抗為
 (A) $5\text{k}\Omega$ (B) $4\text{k}\Omega$ (C) $1\text{k}\Omega$ (D) $205\text{k}\Omega$ 。

【87 四技電子】

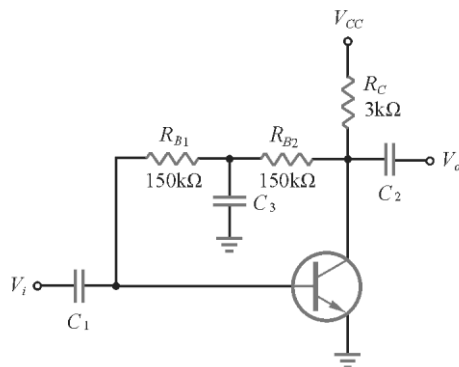


- () 25. 如圖所示電路，那兩者電容的目的是用來消除電壓增益的衰減？ (A) C_1, C_3 (B) C_2, C_4
 (C) C_3, C_4 (D) C_1, C_2 。

【90 年四技電子-統一入學測驗】



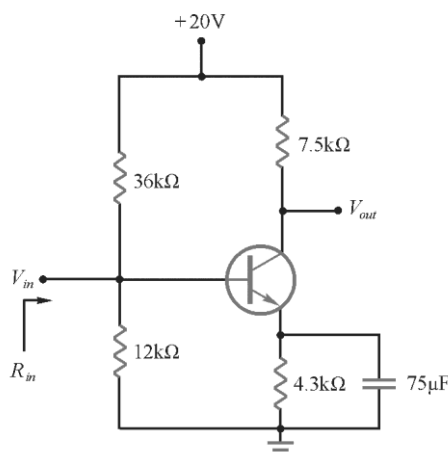
- () 26. 續上題，何者為反交連電容？ (A) C_1 (B) C_2 (C) C_3 (D) C_4 。
 () 27. 如圖所示電路，若 $h_{fe} = 50$ ， $h_{ie} = 1\text{k}\Omega$ ， h_{re} 及 h_{oe} 略去不計，則電壓增益 A_V 約為多少？ (A)
 - 150 (B) 150 (C) - 200 (D) 200。【89 四技聯招電子】



() 28. 已知電晶體 $\beta = 240$ ，試求圖之中頻電壓增益 $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ 約為多少？

- (A) - 200 (B) - 300 (C) - 400 (D) - 500。

【89 二技電子電路】

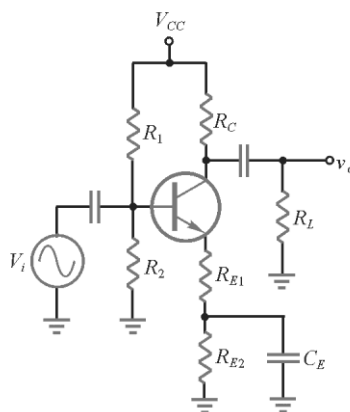


() 29. 續上題，試求電路之輸入阻抗 R_{in} ？ (A) $9k\Omega$ (B) $6k\Omega$ (C) $4.7k\Omega$ (D) $3.6k\Omega$ 。

【89 二技電子電路】

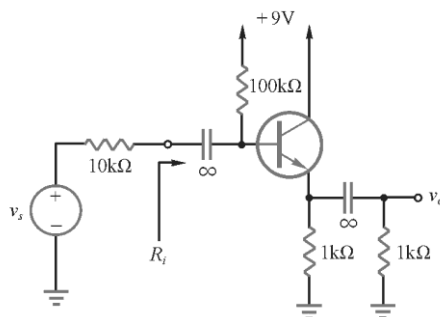
() 30. 如圖所示，為 CE 放大器，有關電壓增益 $A_v = |V_o/V_i|$ ，下列敘述何者正確 (A) R_{E1} 電阻值變小， A_v 變大 (B) R_C 電阻值變大， A_v 變小 (C) 將 C_E 拔除， A_v 變大 (D) 將 C_E 拔除， A_v 不變。

【88 四技電子】



() 31. 如圖所示之電路中，若電晶體 β 值為 200，電晶體導通時的 $V_{BE} = 0.7V$ ，則將電晶體用其

小信號模型代入後得輸入阻抗 $R_i = ?$ (A)30.3k Ω (B)40.3k Ω (C)50.3k Ω (D)60.3k Ω 。【90年二技電子學-統一入學測驗】

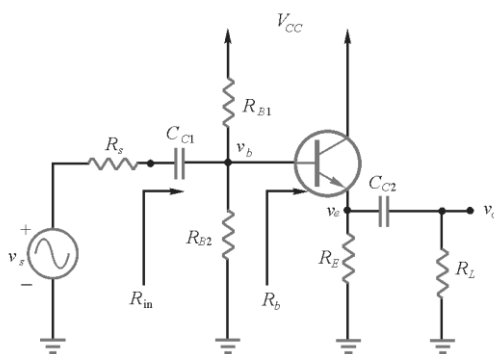


- () 32. 同上題， $\frac{v_o}{v_s} = ?$ (A)0.727 (B)0.827 (C)0.927 (D)1.027。

【90年二技電子電路-統一入學測驗】

- () 33. 如圖，求 v_b 之直流偏壓，其中 $V_{CC} = +15V$ ， $R_{B1} = R_{B2} = 100k\Omega$ ， $R_E = 2k\Omega$ ， $\beta = 100$ ， $V_{BE} = 0.7V$ 。(A)7.15V (B)6.15V (C)5.15V (D)4.15V。

【86二技電子學】



- () 34. 同上題，求流經 R_E 之直流電流 (A)4.73mA (B)3.73mA (C)2.73mA (D)1.73mA。

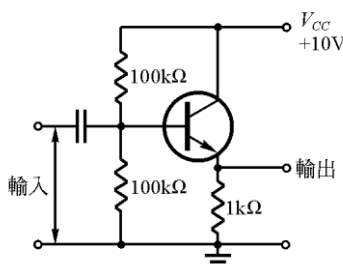
【86二技電子學】

- () 35. 同上題，求輸入電阻 R_m ，其中 $R_s = 2k\Omega$ ， $R_L = 2k\Omega$ ，熱電壓 $V_T = 25mV$ (A)23.54k Ω (B)33.54k Ω (C)43.54k Ω (D)53.54k Ω 。【86二技電子學】

- () 36. 一共基極放大電路，若電流增益 $\alpha = 0.96$ ，輸入電阻為 200Ω ，負載電阻為 $200k\Omega$ ，則電路之電壓增益為 (A)960 (B)1920 (C)2880 (D)3840。

【88四技推甄】

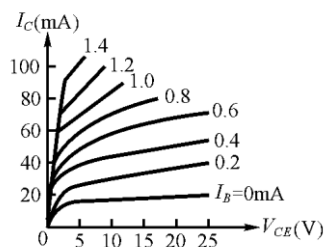
- () 37. 圖中之電晶體放大器稱為 (A)共集極放大器 (B)共射極放大器 (C)共基極放大器 (D)直流放大器。



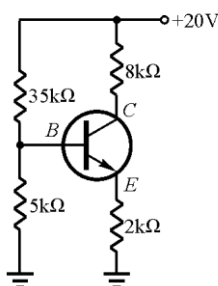
- () 38. 表中放大器(A), (B), (C), 何者為基極接地放大器?

	放大器(A)	放大器(B)	放大器(C)
電流增益	0.98	49	50
電壓增益	60 分貝	54 分貝	0 分貝
電力增益	32 分貝	42 分貝	16 分貝

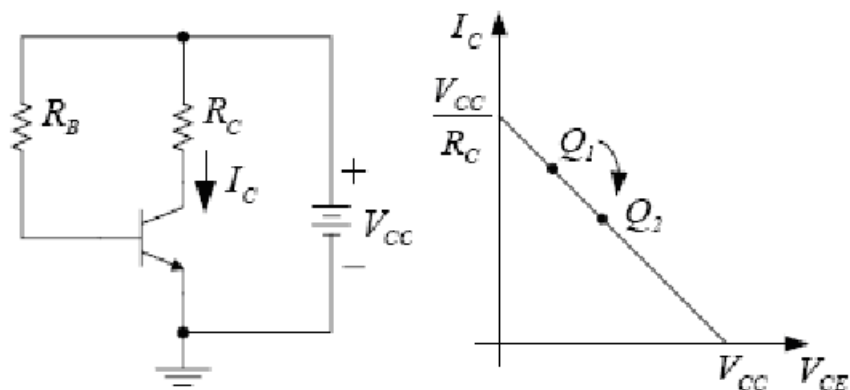
- () 39. 在圖中所示之特性曲線族, 屬於何類電晶體? (A)FET (B)PNP 電晶體 (C)NPN 電晶體 (D)以上皆非。



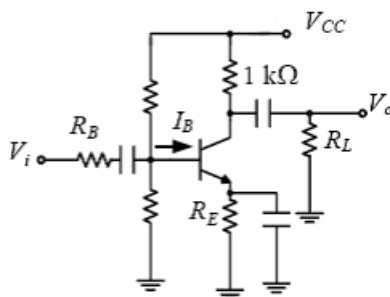
- () 40. 如圖, $V_{BE}=0.5V$, 飽和時 $V_{BES}=0.8V$, $V_{CES}=0.2V$, 若 $V_C=20V$, $V_B=0.78V$, $V_E=0.78V$, 問電晶體可能為下列何種狀況? (A)CE 開路, BE 正常 (B)CE 開路, BE 短路 (C)CE 開路, BE 開路 (D)CE 短路, BE 短路 (E)電晶體截止狀況。(註: 各點電壓均為對地電壓)



- () 41. 下列電晶體放大器中, 具有最低輸出阻抗的為何者? (A) 共集極放大器 (B) 共射極放大器 (C) 共基極放大器 (D) 多級共射極放大器 【94 四技二專】
- () 42. 如圖所示電路, 為一偏壓電路及其直流輸出負載線, 若原工作點在 Q1 位置, 欲修正工作點至 Q2 位置, 則應: (A) 減少 R_B (B) 增加 R_B (C) 減少 R_C (D) 增加 R_C 【94 四技二專】



- () 43. 承第 42 題圖之電路，若 $V_{CC} = 10\text{ V}$ ， $R_B = 100\text{ k}\Omega$ ， $R_C = 500\ \Omega$ ， $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ ， $\beta = 100$ ，則 I_C 約為多少？ (A) 4.7 mA (B) 9.3 mA (C) 19.6 mA (D) 35.2 mA 【94 四技二專】
- () 44. 如圖所示， V_i 為輸入， V_o 為輸出，則此電路應歸類為下列何者？ (A) 共射極放大電路 (B) 共基極放大電路 (C) 共集極放大電路 (D) 差動放大電路 【94 四技二專補考】



- () 45. 承第 44 題圖電路， R_E 在偏壓電路中有何效用？ (A) 增加增益 (B) 增加 I_B (C) 增加靈敏度 (D) 增加穩定性 【94 四技二專補考】
- () 46. 若負載具有阻抗小及高耗電特性，則下列何種放大電路較適合予驅動？ (A) 共射極放大電路 (B) 共基極放大電路 (C) 共集極放大電路 (D) 差動放大電路 【94 四技二專補考】

歷屆試題解答

1. (C) 2. (C) 3. (A) 4. (C) 5. (C) 6. (C) 7. (D) 8. (A) 9. (B) 10. (A)
 11. (D) 12. (B) 13. (D) 14. (D) 15. (C) 16. (D) 17. (D) 18. (A) 19. (C) 20. (A)
 21. (B) 22. (A) 23. (A) 24. (D) 25. (B) 26. (B) 27. (A) 28. (B) 29. (D) 30. (A)
 31. (C) 32. (B) 33. (B) 34. (C) 35. (B) 36. (A) 37. (A) 38. (A) 39. (C) 40. (B)
 41. (A) 42. (B) 43. (B) 44. (A) 45. (D) 46. (C)

$$1. \quad V_B = 22\text{V} \times \frac{5\text{K}\Omega}{45\text{K}\Omega + 5\text{K}\Omega} = 2.2\text{V}, R_{BB} = 45\text{K} // 5\text{K} = 4.5\text{K}$$

$$I_B = \frac{2.2\text{V} - 0.7\text{V}}{4.5\text{K} + 101 \times 1.5\text{K}\Omega} = 9.6\ \mu\text{A}, h_{ie} = \frac{25\text{mV}}{9.6\ \mu\text{A}} = 2.5\text{K}\Omega$$

$$Z_b = 2.5\text{K}\Omega, Z_o = 10\text{K}\Omega, A_v = \frac{-100 \times 10\text{K}\Omega}{2.5\text{K}\Omega} = -400$$

2. 溫度升高時會造成 I_C 增加， V_{CE} 減少，工作點往飽和區偏移

- 3.
- β
- 很大利用近似解法

$$V_B = 15V \times \frac{100K\Omega}{100K\Omega + 100K\Omega} = 7.5V$$

$$I_E = \frac{7.5V - 0.7V}{6.8K\Omega} = 1mA, r_e = \frac{26mV}{1mA} = 26\Omega$$

$$A_v = \frac{-4.3K\Omega}{26\Omega + 6.8K\Omega} = -0.63$$

4. 共基極放大電具備低輸入阻抗及高輸出阻抗

$$5. \quad I_E = \frac{10V - 0.7V}{2.5K\Omega + \frac{750K\Omega}{101}} = 0.94mA$$

$$r_e = \frac{26mV}{0.94mA} = 27.66\Omega$$

$$Z_o = 2.5K\Omega // 27.66\Omega = 27.5\Omega$$

6. -3dB 截止頻率處之電壓增益大小為
- $100 \times 0.707 = 70.7$

$$7. \quad V_B = 12V \times \frac{12K\Omega}{12K\Omega + 12K\Omega} = 6V, R_{BB} = 6K\Omega$$

$$I_B = \frac{6V - 0.7V}{6K\Omega + 101 \times 1K\Omega} = 49.5\mu A$$

$$I_{c(sat)} \cong \frac{12V - 0.2V}{6K\Omega + 1K\Omega} = 1.68mA$$

$$\beta \times I_B = 100 \times 49.5\mu A = 4.95mA > I_{c(sat)} \text{ 進入飽和區}$$

$$V_B \cong 1K \times 1.68 + 0.7 = 2.38V$$

$$I_B \cong \frac{12 - 2.38}{12K\Omega} - \frac{2.38}{12K\Omega} = 600\mu A$$

精確解

$$\begin{cases} I_E = I_B + I_C \\ I_C \times 6K + 0.2V + I_E \times 1K = 12V \\ I_B \times 6K + 0.7V + I_E \times 1K = 6V \end{cases}$$

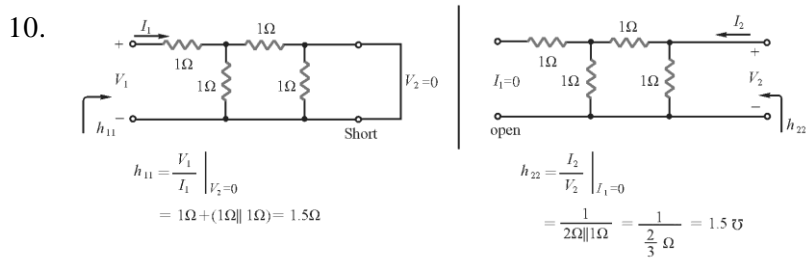
$$\text{可得 } I_B \cong 500\mu A$$

8. 電晶體進入飽和區工作，電壓增益
- v_o/v_i
- 為 0

$$9. \quad (1) \quad I_{REF} = \frac{V_{CC} - 0.7V}{R}$$

$$(2) \quad \frac{I_{REF}}{I_o} = \frac{\beta + 2}{\beta} = \frac{1 + \frac{2}{\beta}}{1} = \frac{V_{CC} - 0.7}{I_o}$$

$$\Rightarrow I_o = \frac{V_{CC} - 0.7}{1 + \frac{2}{\beta}} = \frac{V_{CC} - 0.7}{R(1 + \frac{2}{\beta})}$$



11. $h_{21} = \frac{I_2}{I_1}$ 為順向電流轉換比

12. $h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{V_2=0}$ 將 V_2 短路

$$I_2 = -I_1 \times \frac{2K\Omega}{2K\Omega + 3K\Omega} = -0.4I_1$$

$$\Rightarrow h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{V_2=0} = -0.4$$

13. $h_{11} = \frac{V_1}{I_1} \Big|_{V_2=0}$ 輸出短路之輸入阻抗 h_i

$$h_{12} = \frac{V_1}{V_2} \Big|_{I_1=0}$$
 輸入開路之反向電壓增益 h_r

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{V_2=0}$$
 輸出短路之順向電流增益 h_f

$$h_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{I_1=0}$$
 輸入開路之輸出導納 h_o

14. $h_{11} = \frac{V_1}{I_1} \Big|_{V_2=0}$ 輸出短路之輸入阻抗 h_i

$$h_{12} = \frac{V_1}{V_2} \Big|_{I_1=0}$$
 輸入開路之反向電壓增益 h_r

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{V_2=0}$$
 輸出短路之順向電流增益 h_f

$$h_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{I_1=0}$$
 輸入開路之輸出導納 h_o

15. 小信號操作，其主要目標為線性放大

16. $\frac{I_o}{I_i}$ = 輸入端 \times BJT \times 輸出端

$$= \frac{i_b}{I_i} \times \frac{i_c}{i_b} \times \frac{I_o}{i_c} \quad (I_o \text{ 與 } I_c、I_i \text{ 之極性方向，請留意})$$

$$= \frac{9k}{9k + h_{ie}} \times 200 \times (-1) = -138$$

輸入端
BJT
輸出端

17. (1) $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{11.2m - 9m}{120\mu - 100\mu} = 110$

(2) $g_m = \frac{\beta}{r_\pi} \Rightarrow r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{110}{80ms} = 1375 \Omega$

18. (1) A類 $\Rightarrow V_{CE} = \frac{1}{2} V_{CC} = 6V$

$$\Rightarrow I_C = \frac{6V}{R_C} = \frac{6V}{100\Omega} = 60mA$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{60mA}{60} = 1mA$$

(2) 輸入迴路：

$$\Rightarrow V_{CC} = I_B \times R_B + V_{BE}$$

$$\Rightarrow 12 = 1m \times R_B + 0.7$$

$$\Rightarrow R_B = 11.3k\Omega$$

19. (1) $h_{ie} = \frac{V_T}{I_B} = \frac{26mV}{1mA} = 26$

(2) $A_V = -\beta \times \frac{R_C}{h_{ie}} = -60 \times \frac{100\Omega}{26\Omega} = -230.8$ 倍

20. $A_V = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-\beta \cdot R_C}{R_B + h_{ie} + R_E \cdot (1 + \beta)} = \frac{-750}{153} \doteq -5$ 倍

21. (1) $\frac{v_C}{v_B}$ = 共射式放大。

(2) $\frac{v_C}{v_B} = \frac{-(\beta \times i_b)R_L}{i_b \times r_\pi + i_e \times R_E} = \frac{-\beta \times R_L}{r_\pi + (1 + \beta) \cdot R_E}$
 $= \frac{-100 \times 10k}{2.5k + (1 + 100) \times 1k} = \frac{-1000}{103.5} = -9.7$ 倍。

22. (1) $\frac{v_e}{v_b}$ = 共集式放大器。

(2) $\frac{v_e}{v_b} = \frac{+i_e \times R_E}{i_b \times r_\pi + i_e \times R_E} = \frac{(1 + \beta)R_E}{r_\pi + (1 + \beta)R_E} = \frac{101k}{103.5k} \doteq 0.98$ 倍。

23. $A_V \cong \frac{-4K\Omega}{1K\Omega} = -4$

$$R_i \cong 50K\Omega // 5K\Omega // (101 \times 1K) = 5K\Omega$$

$$R_o \cong 4K\Omega$$

24. $R_i \cong 2K\Omega + (101 \times 2K\Omega) = 204K\Omega$

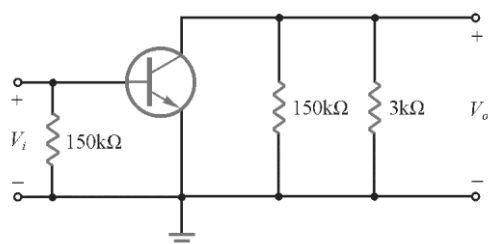
25. (1) C_2 ：反交連電容器，使 R_1 ， R_2 分別接地，以防止電壓並聯負回授之衰減。

(2) C_4 ：射極旁路電容器，使 R_4 短路接地，以防止電流串聯負回授之衰減。

26. C_2 為反交連電容。

27. (1) 交流等效電路。

(2) $A_V = -\beta \times \frac{R_C // R_{B2}}{h_{ie}} = -50 \times \frac{3k // 150k}{1k\Omega} = -150$ 倍。



28. (1) 輸入戴維寧等效：

$$V_{BB} = 20 \times \frac{12}{36+12} = 5V, R_{BB} = 5V$$

$$R_{BB} = 36k // 12k = 9k \Omega$$

(2) “與 β 無關” 判別式成立 $\Rightarrow R_{BB} = 9k \Omega$ ，忽略不計

$$R_{BB} \leq \frac{1}{10} \times (1 + \beta) \times R_E \Rightarrow 9K \leq \frac{1}{10} \times 240 \times 4.3k, \text{ 成立。}$$

$$(3) I_E = \frac{V_{BB} - 0.7V}{R_E} = \frac{5V - 0.7V}{4.3k} = 1mA$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{I_E}{\beta} = \frac{1mA}{240}$$

$$(4) h_{ie} = r_{\pi} = \frac{V_T}{I_B} = \frac{25mV}{\frac{1mA}{240}} = 6k \Omega$$

$$(5) A_V = -\beta \times \frac{R_C}{h_{ie}} = -240 \times \frac{7.5k\Omega}{6k\Omega} = -300 \text{ 倍}$$

29. $R_{in} = 36k // 12k // h_{ie} = 9k \Omega // 6k \Omega = 3.6k \Omega$

30. $A_V \cong \frac{-R_C}{R_{E1}}$

31. (1) 直流分析：

$$I_{C(sat)} = \frac{9 - 0.2}{1k\Omega} = 8.8mA$$

求 I_B ：

$$9 = I_B \times 100 + 0.7 + (1 + 200) I_B \times 1$$

$$\Rightarrow I_B = 0.0276mA$$

Check：

$$\Rightarrow I_B \times \beta = 5.52mA < I_{C(sat)}$$

\Rightarrow 在工作區內

(2) 交流分析：

$$r_{\pi} = \frac{26mV}{I_B} = \frac{26mV}{0.027mA} = 0.942k \Omega$$

$$R_i = 100k // [r_{\pi} + (1 + \beta) \times (1k // 1k)]$$

$$= 100k // [0.942k + 201 \times 0.5k] = 100k // 101.442k = 50.358k \Omega$$

32. $\frac{v_0}{v_s} = \frac{v_i}{v_s} \times \frac{v_0}{v_i} = \frac{R_i}{10k + R_i} \times \frac{(1 + \beta) \times 0.5k}{r_{\pi} + (1 + \beta) \times 0.5k}$

$$= \frac{50.358k}{10k + 50.358k} \times \frac{100.5k}{101.442k} = 0.8266 \text{ 倍}$$

33. (1) 取戴維寧等效電路：

$$V_{BB} = V_{CC} \times \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 15 \times \frac{100k}{100k + 100k} = 7.5V$$

$$R_{BB} = R_{B1} // R_{B2} = 100k // 100k = 50k \Omega$$

$$(2) \text{輸入迴路} : V_{BB} = I_B \times R_{BB} + V_{BE} + I_E \times R_E$$

$$\Rightarrow 7.5\text{V} = I_B \times 50\text{k} + 0.7 + (1 + 100) \times I_B \times 2\text{k}$$

$$\Rightarrow I_B = 27.2\mu\text{A}, I_E = (1 + \beta)I_B = 2.72\text{mA}$$

$$(3) V_b = V_{BB} - I_B \times R_{BB} = 7.5\text{V} - 27.2\mu \times 50\text{k}$$

$$= 7.5 - 1.36 = 6.14\text{V}$$

$$35. (1) r_\pi = \frac{V_T}{I_B} = \frac{25\text{mV}}{27.2\mu\text{A}} = 0.9\text{k}\Omega$$

$$(2) R_{in} = R_{BB} // [r_\pi + (1 + \beta) \times (R_E // R_L)]$$

$$= 50\text{k} [0.9\text{k} + (1 + 100) \times (2\text{k} // 2\text{k})]$$

$$= 50\text{k} // 101.9\text{k} = 33.54\text{k}\Omega$$

$$36. A_v = 0.96 \times \frac{200\text{k}\Omega}{200\Omega} = 960$$

37. 輸入端在基極，輸出端在射極，共集極放大器

38. A 為 C.B.

B 為 C.E.

C 為 C.C.

39. 為 NPN 共射極之輸出特性曲線

40. V_c 為 20V，8K 電阻無壓降， I_c 為零故知 CE 開路， V_{BE} 相等故知 BE 短路

41. 電晶體放大器中共集極放大器，具有最低輸出阻抗

42. 增加 R_B 工作點會慢慢遠離飽和區，可將工作點由 Q1 位置，修正至 Q2 位置

$$43. I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10\text{V} - 0.7\text{V}}{100\text{k}\Omega} = 93\mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 93\mu\text{A} = 9.3\text{mA}$$

44. V_i 由基極輸入， V_o 由集極輸出，則此電路應歸類為共射極放大電路

45. RE 在偏壓電路中有增加熱穩定性之效用

46. 共集極放大電路適合予驅動具有阻抗小及高耗電特性之負載