

電晶體

重點整理

1. 電晶體(Transistor), "Transfer Resistor", 轉移電阻器

- (1) 三層半導體組成, 具有三個端點, 基極(Base; B)、集極(Collector; C)及射極(Emitter; E)。
- (2) 低電阻輸入電路中的電流被轉換到高電阻的輸出電路中, 因而產生放大作用。

依 JIS 的規定, 電晶體的編號分為五段標示, 如:

第一段 第二段 第三段 第四段 第五段
2 S C 458 G

說明: 第一段: 0 表示光電晶體或光二極體, 1 表示二極體, 2 表示電晶體, 3 表示四端元件

第二段: Semiconductor 表示半導體

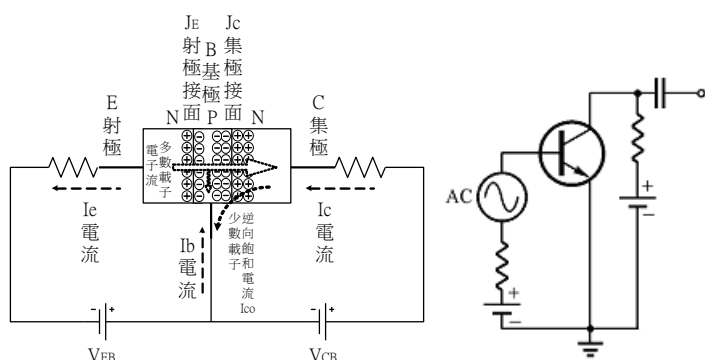
第三段: A 表示 PNP 高頻用, B 表示 PNP 低頻用, C 表示 NPN 高頻用, D 表示 NPN 低頻用, F 表示 P 閘 SCR, G 表示 N 閘 SCR, H 表示 UJT, J 表示 P 通道 JFET, K 表示 N 通道 JFET, M 表示 TRIAC

第四段: 登記序號

第五段: 改良品順序

註: CS9011、9013、9014 為 NPN 電晶體, CS9012、9015 為 PNP 電晶體

2. 電晶體的工作原理

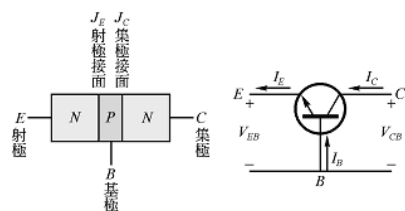


$$\times I_C = I_C(\text{多數載子}) + I_{CO}(\text{少數載子})$$

※ 電子由射極流經基極到達集極, 如同電子流由低電阻轉移到高電阻, 利用基極電流控制輸出電流, 使電晶體具有放大的作用。

3. BJ T(雙極性接面電晶體)基本結構與性質

(1) NPN

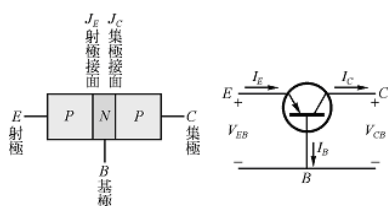


※ 箭頭指向是由 P 型指向 N 型, NPN 箭頭向外, PNP 箭頭向內

※ 射極引線上的箭頭代表 J_E 順偏時射極直流電流的流通方向, 電流關係 $I_E = I_B + I_C$

※ 在相同的電場強度下, 電子的速度約為電洞的兩倍, 因此 NPN 電晶體較 PNP 電晶體快速

(2) PNP



※ 射極的任務是向基極發射多數載子，故射極多數載子濃度最高，而為了減少射極注入多數載子與基極之多數載子復合的機會，基極載子濃度低，寬度最窄，集極為提高耐壓濃度最低，必須散發較多熱量，故最寬。

(3) 電晶體各腳雜質濃度

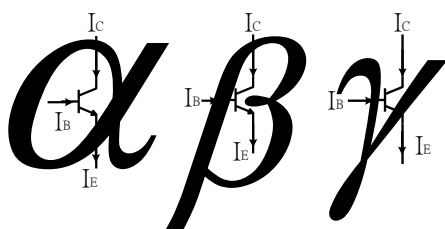
項目	雜質濃度	製造寬度
關係	$E \gg B > C$ 。	$C \geq E \gg B$
註	E、C 的濃度不同，一般使用不得對調使用，對調使用會使電流增益及耐壓降低。	B 越薄，其電晶體的 β 值越大。

(4) BJT 操作模式

BJT	飽和區	工作區	截止區	反向工作區
I_B 與 I_C	$I_B \beta_{dc} \geq I_C$	$I_C = \beta_{dc} I_B$	$I_B = 0$ 且 $I_C = I_{CEO} \approx 0$	
V_{CE}	$V_{CE} \approx 0.2V$	$V_{CE} \approx 0.2 \sim V_{CC}$	$V_{CE} = V_{CC}$ 外加電壓	
集極接面 J_C	順向偏壓	逆向偏壓	逆向偏壓	順向偏壓
射極接面 J_E	順向偏壓	順向偏壓	逆向偏壓	逆向偏壓
模式	開關 ON	放大	開關 OFF	TTL 邏輯

4. 電晶體各極電流之關係

(1) 圖形記憶



※按筆順先碰到當分母

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_C}{I_B + I_C} = \frac{\frac{I_C}{I_B}}{\frac{I_B + I_C}{I_B}} = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_C}{I_E - I_C} = \frac{\frac{I_C}{I_E}}{1 - \frac{I_C}{I_E}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\gamma = \frac{I_E}{I_B} = \frac{I_E}{I_E - I_C} = \frac{1}{1 - \frac{I_C}{I_E}} = \frac{1}{1 - \alpha}$$

逆向飽和電流

$$I_C = \alpha \cdot I_E + I_{CBO} = \alpha \cdot (I_C + I_B) + I_{CBO}$$

$$\Rightarrow (1 - \alpha) \cdot I_C = \alpha \cdot I_B + I_{CBO}$$

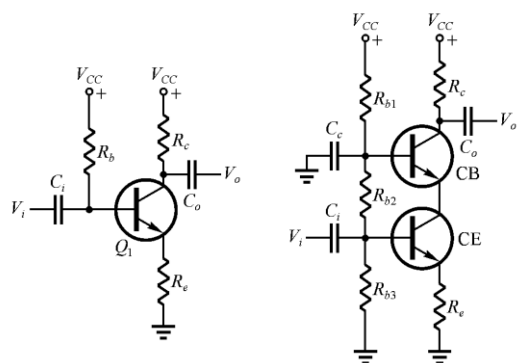
$$\Rightarrow I_C = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot I_B + \frac{1}{1 - \alpha} \cdot I_{CBO}$$

$$\Rightarrow I_C = \beta \cdot I_B + (1 + \beta) \cdot I_{CBO}$$

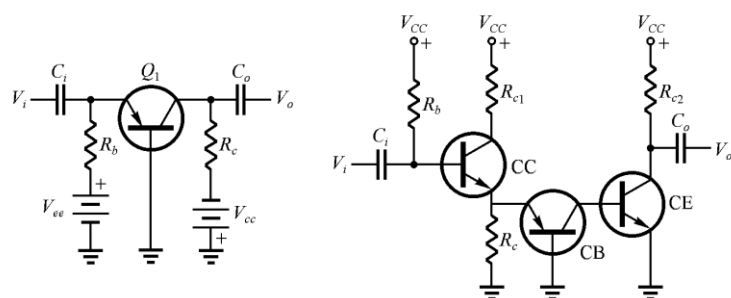
$$\Rightarrow I_C = \beta \cdot I_B + I_{CEO}$$

5. 電晶體的基本放大電路

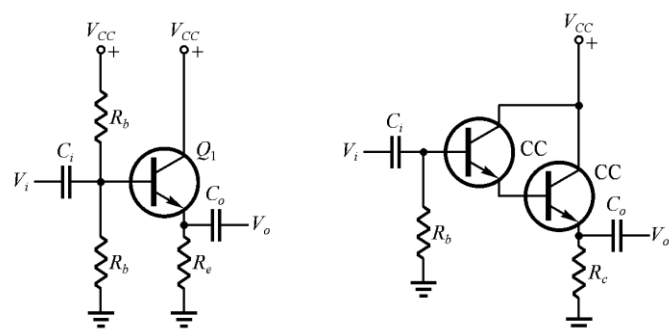
(1) 共射極(Common Emitter)CE :



(2) 共基極(Common Base)CB :



(3) 共集極(Common Collector)CC :



(4) BJT 的三種放大組態 :

組態	共基極 CB	共射極 CE	共集極 CC(射極隨耦器)
接腳	E 輸入, B 共用, C 輸出	B 輸入, E 共用, C 輸出	B 輸入, C 共用, E 輸出
輸出直流電流	$I_C = \alpha_{dc} I_E + I_{CBO}$	$I_C = \beta_{dc} I_B + I_{CEO}$	$I_E = \gamma_{dc} I_B + I_{CEO}$
BJT 的直流電流增益 A_I	$\alpha_{dc} \cong \frac{I_C}{I_E}$	$\beta_{dc} \cong \frac{I_C}{I_B}$	$\gamma_{dc} \cong \frac{I_E}{I_B}$
BJT 的交流電流增益 A_i	$\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \Big _{V_{CB}=\text{常數}}$	$\beta_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \Big _{V_{CE}=\text{常數}}$	$\gamma_{ac} = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B} \Big _{V_{EC}=\text{常數}}$
	最小($\alpha < 1$ 且 $\alpha \approx 1$)	中($\beta > 1$)	最大($\gamma = \beta + 1$)
交流電壓增益 A_v	最大	中($A_v > 1$)	最小($A_v < 1$ 且 $A_v \approx 1$)
功率增益 A_p	中	最大(A_i 、 A_v 皆大於 1)	最小

輸入阻抗 Z_i	最小	中	最大
輸出阻抗 Z_o	最大	中	最小
信號相移	0° (同相)	180° (反相)	0° (同相)
註	適合高頻電路。	一般放大器使用， 因為功率增益最大。	用於阻抗匹配， 由於輸出阻抗最低。
其他	I_{CBO} 表示 E 開路的 I_C ， 即漏電電流，少數載子造成。	I_{CEO} 表示 B 開路的 I_C ， 即漏電電流，少數載子造成。	I_{CEO} 表示 B 開路的 I_C ， 即漏電電流，少數載子造成。
各參數關係	$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ ， $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ ， $\gamma = 1+\beta$ ， $(1+\beta)(1-\alpha) = 1$ ， $I_{CEO} = (1+\beta)I_{CBO}$		

(5) 三種接法之 H 參數等效電路

C.E.	C.B.	C.C.
$\begin{cases} V_{be} = h_{ie} I_b + h_{re} V_{ce} \\ I_c = h_{fe} I_b + h_{oe} V_{ce} \end{cases}$	$\begin{cases} V_{eb} = h_{ib} I_e + h_{rb} V_{cb} \\ I_c = h_{fb} I_e + h_{ob} V_{cb} \end{cases}$	$\begin{cases} V_{bc} = h_{ic} I_b + h_{rc} V_{ec} \\ I_e = h_{fc} I_b + h_{oc} V_{ec} \end{cases}$

6. 電晶體特性

	CB(PNP)	CB(NPN)	CE(PNP)	CE(NPN)	CC(PNP)	CC(NPN)
構造偏壓						
符號偏壓						
特性方程式	$\begin{cases} V_{eb} = h_{ib} I_e + h_{rb} V_{cb} \\ I_c = h_{fb} I_e + h_{ob} V_{cb} \end{cases}$		$\begin{cases} V_{be} = h_{ie} I_b + h_{re} V_{ce} \\ I_c = h_{fe} I_b + h_{oe} V_{ce} \end{cases}$		$\begin{cases} V_{bc} = h_{ic} I_b + h_{rc} V_{ec} \\ I_e = h_{fc} I_b + h_{oc} V_{ec} \end{cases}$	
輸入特性曲線						
輸出特性曲線						

<p>電 路 說 明</p>	<p style="text-align: center;">$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$</p> <p style="text-align: center;">$e_s \uparrow, I_E \downarrow, I_C \downarrow, V_o = V_{CC} - I_C R_C \uparrow$</p>	<p style="text-align: center;">$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$</p> <p style="text-align: center;">$e_s \uparrow, I_B \uparrow, I_C \uparrow, V_o = V_{CC} - I_C R_C \downarrow$</p>	<p style="text-align: center;">$I_E = (1 + \beta) I_B + (1 + \beta) I_{CBO}$</p> <p style="text-align: center;">$e_s \uparrow, I_B \uparrow, I_E \uparrow, V_o = I_E R_E \uparrow$</p>
----------------------------	--	---	--

7. 穩定因素

討論電晶體在溫度改變時 I_C 變化程度

因 I_{CO} 所引起(S)

$$S = \frac{\partial I_C}{\partial I_{CO}} \cong \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CO}} \Big|_{\beta, V_{BE} \text{定值}}$$

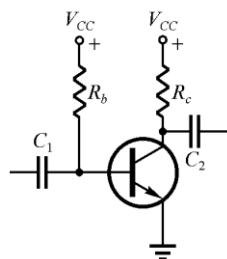
$$I_C = \beta \cdot I_B + (1 + \beta) \cdot I_{CO}$$

$$\frac{I_C}{dI_C} \Rightarrow 1 = \beta \cdot \frac{dI_B}{dI_C} + (1 + \beta) \cdot \frac{dI_{CO}}{dI_C} \Rightarrow 1 = \beta \cdot \frac{dI_B}{dI_C} + (1 + \beta) \cdot \frac{1}{S}$$

$$\therefore S = \frac{1 + \beta}{1 - \beta \cdot \frac{dI_B}{dI_C}}$$

範例練習：

1. 固定偏壓法

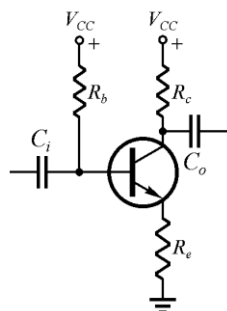


列輸入迴路方程式

$$V_{CC} - I_B \cdot R_B - V_{BE} = 0, \frac{dI_B}{dI_C} = 0$$

$$S = \frac{1 + \beta}{1 - \beta \cdot \frac{dI_B}{dI_C}} = \frac{1 + \beta}{1 - \beta \cdot 0} = 1 + \beta$$

2. 射極回授偏壓法



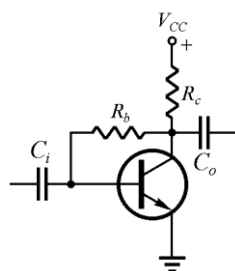
列輸入迴路方程式

$$V_{CC} = I_B \cdot R_b + V_{BE} + I_E \cdot R_e = I_B \cdot (R_b + R_e) + V_{BE} + I_C \cdot R_e, \frac{dI_B}{dI_C} = \frac{-R_e}{R_e + R_b}$$

$$S = \frac{1 + \beta}{1 - \beta \cdot \frac{dI_B}{dI_C}} = \frac{R_e + R_b}{R_e + \frac{R_b}{1 + \beta}}$$

集極電流 $I_C \cong I_E \cong \frac{V_E}{R_e}$, 幾乎與 β 無關

3. 集極回授偏壓法

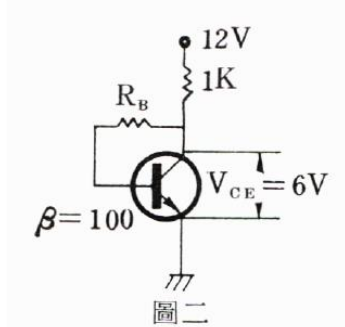


列輸入迴路方程式

$$V_{CC} = I_B \cdot R_b + V_{BE} + I_E \cdot R_c = I_B \cdot (R_b + R_c) + V_{BE} + I_C \cdot R_c, \frac{dI_B}{dI_C} = \frac{-R_c}{R_b + R_c}$$

$$S = \frac{1 + \beta}{1 - \beta \cdot \frac{dI_B}{dI_C}} = \frac{R_c + R_b}{R_c + \frac{R_b}{1 + \beta}}$$

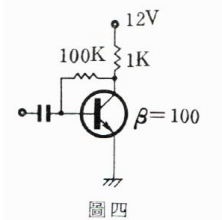
如圖二中，假設電晶體之 $\beta = 100$ ， $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ ，且 $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ， $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ ，欲使 $V_{CE} = 6 \text{ V}$ 時，則 R_B 之值及穩定因數 S 各為 (A) $R_B = 95 \text{ k}\Omega$ ， $S = 49$ (B) $R_B = 101 \text{ k}\Omega$ ， $S = 48$ (C) $R = 69 \text{ k}\Omega$ ， $S = 68$ (D) $R = 73 \text{ k}\Omega$ ， $S = 50$ 。



A

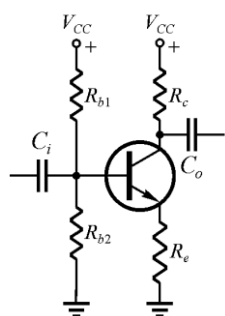
圖四電路中，求 V_{CE} 及 S 分別應為多少？（ $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ ）
 (A) $V_C = 6.35\text{ V}$ ， $S = 50.5$
 (B) $V_C = 5.65\text{ V}$ ， $S = 63$ (C) $V_C = 6.89\text{ V}$ ， $S = 51$ (D) $V_C = 6.86\text{ V}$ ， $S = 1$ 。

圖四之負回授方式，稱之為 (A)電壓串聯負回授 (B)電壓並聯負回授 (C)電流串聯負回授 (D)電流並聯負回授。



圖四 A B

4. 自給偏壓法



列輸入迴路方程式

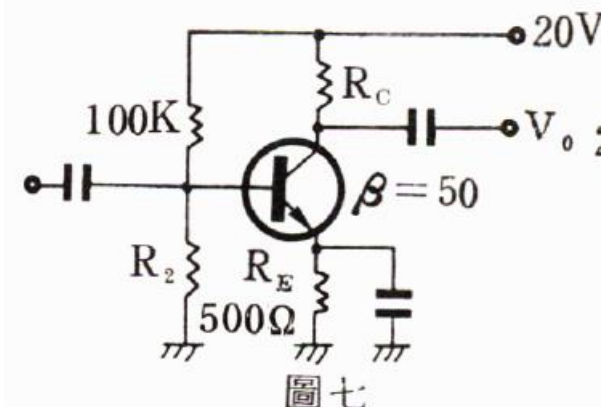
$$V_{bb}' = I_B \cdot R_{bb} + V_{BE} + I_E \cdot R_e = I_B \cdot R_{bb} + V_{BE} + I_B \cdot R_e + I_C \cdot R_e, \frac{dI_B}{dI_C} = \frac{-R_e}{R_{bb} + R_e}$$

$$S = \frac{1 + \beta}{1 - \beta \cdot \frac{dI_B}{dI_C}} = \frac{R_e + R_{bb}}{R_e + \frac{R_{bb}}{1 + \beta}}$$

利用近似解時，電壓電流計算未用到 β ，又稱與 β 無關的直流偏壓電路

圖七所示電路中，如 $I_C = 4\text{ mA}$ 時 $V_{CE} = 8\text{ V}$ ，求 R_C 與 R_2 之阻值應分別為 (A) $R_C = 2.5\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 22\text{ K}$ (B) $R_C = 2.5\text{ K}$ ， $R_2 = 11.1\text{ k}\Omega$ (C) $R_C = 2\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 16\text{ k}\Omega$ (D) $R_C = 2.5\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 15.6\text{ k}\Omega$ 。

圖七所示分壓偏壓法電路中，試求其穩定因數為 $S =$ (A) 0 (B) 18.3 (C) 50 (D) 51。



圖七 D B

(1) S 的簡易求法

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CO}} = \frac{I_B \text{所流過的電阻和}}{I_B \text{所流過的電阻和, 其中 } R_B \text{項需除以 } (1 + \beta)}$$

(2) 因 V_{BE} 所引起 (S')

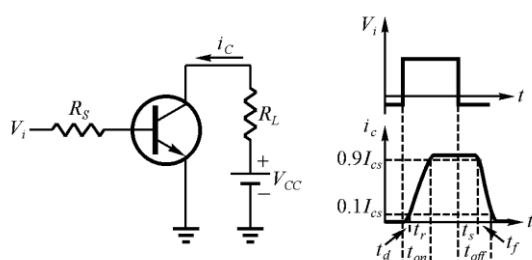
$$S' = \frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \cong \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{BE}} \Big|_{\beta, I_{CO} \text{定值}}$$

(3) 因 β 所引起 (S'')

$$S'' = \frac{\partial I_C}{\partial \beta} \cong \frac{\Delta I_C}{\Delta \beta} \Big|_{I_{CO}, V_{BE} \text{定值}}$$

穩定因素愈大，其熱穩定性愈差，電路之工作愈不穩定。

8. 雙極性電晶體之交換時間



t_d : 延遲時間(delay time), 0~10%

t_r : 上昇時間(rise time), 10%~90%

t_s : 儲存時間(storage time), 100%~90%

t_f : 下降時間(fall time), 90%~10%

t_{on} : 導通時間(turn on time), $t_d + t_r$

t_{off} : 關閉時間(turn off time), $t_s + t_f$



歷屆試題精選

- () 1. 下列何者為電晶體之編號？ (A) $\mu A741$ (B) 1N4001 (C) 2N2222 (D) NE555。

【93 四技二專---電機專二】

- () 2. 若一電晶體的基極電流 $I_b=1\text{mA}$ ，集極電流 $I_c=0.1\text{A}$ ，電晶體之 $\beta=100$ ，則此電晶體工作在哪一區？ (A) 主動區 (B) 飽和區 (C) 截止區 (D) 無法判斷。

【93 四技二專---電機專二】

- () 3. 下列有關雙極性電晶體特性的描述，何者錯誤？ (A) 電晶體操作在作用(active)區時，射極(E)-基極(B)介面為順向偏壓，集極(C)-基極(B)介面為逆向偏壓 (B) 電晶體操作在飽和(saturation)區時，射極(E)-基極(B)介面為逆向偏壓，集極(C)-基極(B)介面為逆向偏壓 (C) 一般電晶體放大器之輸入阻抗：共基極(CB)<共射極(CE)<共集極(CC) (D) 一般電晶體放大器之輸出阻抗：共集極(CC)<共射極(CE)<共基極(CB)。

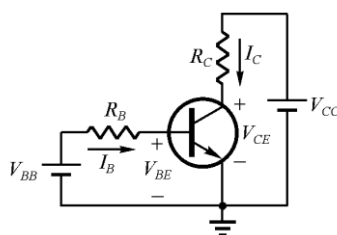
【93 四技二專】

- () 4. 以知某電晶體之共基極(CB)電流增益 α 由 0.99 變為 0.98，若此電晶體基極電流

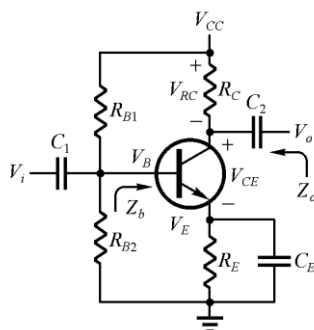
$I_B=0.02\text{mA}$ ，請問下列敘述何者錯誤？ (A)共射極(CE)電流增益 β 將會增加 (B)射極電流由 2mA 降為 1mA (C)集極電流由 1.98mA 降為 0.98mA (D)若想維持原來的集極電流，可增加基極電流。【93 四技二專】

- () 5. 如圖之電路，其中 $R_C=1\text{k}\Omega$ ， $R_B=10\text{k}\Omega$ ，並假設電晶體的特性 V_{ce} 飽和電壓為 0.2V ， V_{BE} 飽和電壓為 0.8V ， V_{BE} 順向作用之切入電壓為 0.7V ，共射極順向電流增益 $\beta_f=100$ ，請問下列敘述何者錯誤？ (A)若 $V_{CC}=5\text{V}$ ， $V_{BB}=1.15\text{V}$ ，則 $V_{CE}=0.5\text{V}$ (B)若 $V_{CC}=5\text{V}$ ， $V_{BB}=1.0\text{V}$ ，則 $I_C=3\text{mA}$ (C)若 $V_{CC}=5\text{V}$ ， $V_{BB}=5\text{V}$ ，則 $I_C=43\text{mA}$ (D)若 $V_{CC}=5\text{V}$ ， $V_{BB}=0\text{V}$ ，則 $V_{CE}=5\text{V}$ 。

【93 四技二專】



- () 6. 圖為電晶體放大電路，假設其工作點位於作用區，下列有關此電路之描述何者錯誤？ (A)此電路為共射極放大電路 (B) C_E 為旁路電容，可提高交流增益 (C) C_1 為阻隔電容，可用來阻隔 V_i 之直流偏壓 (D)此放大器的偏壓電路為固定偏壓，其缺點為溫度穩定性不佳。【93 四技二專】

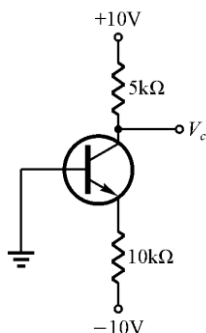


- () 7. 承上題之電路，若電路中 $V_{CC}=22\text{V}$ 、 $R_{B1}=45\text{k}\Omega$ 、 $R_{B2}=5\text{k}\Omega$ 、 $R_C=10\text{k}\Omega$ 及 $R_E=1.5\text{k}\Omega$ ，且假設電晶體之電流增益 β 很大，BE 接面的切入電壓為 0.7V ，計算電路中的直流偏壓，請問下列何者錯誤？ (A) $V_E=1.5\text{V}$ (B) $V_{CE}=20.5\text{V}$ (C) $V_B=2.2\text{V}$ (D) $V_{RC}=10\text{V}$ 。

【93 四技二專】

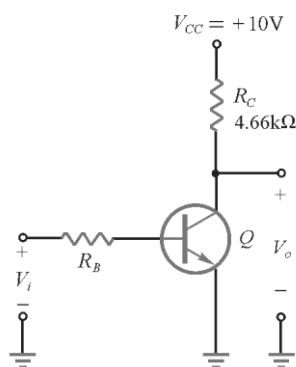
- () 8. 一般雙極接面電晶體(BJT)的摻雜(doping)濃度大小依序為： (A) $B > C > E$ (B) $B > E > C$ (C) $E > C > B$ (D) $E > B > C$ 。【92 四技二專】

- () 9. 如下圖，假設射極電壓為 -0.7V 、 $\beta = 50$ 時，求 $V_C = ?$ (A) 1.37V (B) 3.82V (C) 5.44V (D) 7.73V 。【91 四技二專】



- () 10. 雙極性電晶體(BJT)放大器有三種基本組態：共基極(CB)組態、共射極(CE)組態與共集極(CC)組態，其中具有電壓大小放大作用但不具電流大小放大作用者為： (A)CB (B)CE (C)CC (D)CE及CB。 【91 四技二專】
- () 11. 如圖所示的電晶體電路，假設 $\beta = 100$ ， $V_{BE(sat)} = 0.7V$ ， $V_{CE(sat)} = 0.2V$ ， $V_i = 5V$ ，求使電晶體停留在飽和區之最大 R_B 值為多少？ (A)204k Ω (B)48k Ω (C)112k Ω (D)76k Ω 。

【90 年四技電子-統一入學測驗】【89 二技電子學】



- () 12. 下列何者非為主動元件？ (A)電容器 (B)電晶體 (C)真空管 (D)場效電晶體。
【88 四技推甄】
- () 13. 功率電晶體其外殼的金屬，一般都與電晶體本身的那一極相連 (A)射極 (B)基極 (C)集極 (D)空腳。
【84 保甄電子實務】【88 四技推甄】【88 電機保甄】
- () 14. 在工作區工作的共射極電晶體放大器，若 $I_B = 0.05mA$ ， $I_E = 5.05mA$ ，則 β 值應為 (A)100 (B)125 (C)150 (D)200。【83 保甄電子】【87 電子保甄】【88 南區夜二專電子】
【88 四技推甄】【89 南區夜二專電子】
- () 15. 某電晶體操作在基-射接面為順偏，基-集接面為逆偏情形下，已知 $i_C = 9.5mA$ 及 $i_E = 10mA$ ，求 i_B 及 β 值？ (A)0.5mA，19 (B)0.5mA，0.95 (C)19.5mA，19 (D)19.5mA，0.95。
【87 電機保甄】
- () 16. 電晶體的共基極電流放大率 α 與共射極電流放大率 β 兩者之間的關係為 (A) $\beta = \frac{\alpha}{\alpha + 1}$

$$(B) \beta = \frac{\alpha + 1}{\alpha} \quad (C) \beta = \frac{\alpha}{\alpha - 1} \quad (D) \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (E) \beta = \frac{1 - \alpha}{\alpha}。$$

【89 四技推甄電機】

- () 17. 假設不考慮漏電流的情形，有關電晶體之敘述，下列何者正確？ (A) $\beta = \frac{\alpha}{1 + \alpha}$

$$(B) I_C = I_E + I_B \quad (C) \alpha = \frac{\beta}{\beta - 1} \quad (D) I_E = (\beta + 1)I_B。$$

【87 中區夜二專電子】【87 南區夜二專電子】

- () 18. 電晶體之基極電流(I_B)由 $10\mu A$ 增至 $110\mu A$ 時，集極電流(I_C)由 $1mA$ 增至 $6mA$ ，此電晶體之電流放大因數 β 為 (A)20 (B)24 (C)50 (D)60。

【83 夜二專中電機(一)】【86 夜二專電機南】

【89 四技保甄電子】【89 四技保甄電機】

- () 19. 在雙極性電晶體的共射極組態中，作用區常被用來放大信號，主要是因為在該區有何特性？ (A) I_C 與 I_B 無關 (B) 輸入阻抗極高 (C) 電晶體輸出電流對輸入電流反應極為靈敏 (D) I_C 約等於 I_{CBO} 。【89 四技聯招電機】

- () 20. 兼具電流放大與電壓放大作用的雙極性電晶體放大器為 (A) 共基極組態 (B) 共射極組態 (C) 共集極組態 (D) 射極隨耦器。【73 保送甄試】【79 電機保甄】【82 保甄電機(二)】
【85 二技電子學】【87 四技電子】

- () 21. 在雙載子接面電晶體(BJT)放大器中，具有最大之電壓增益與電流增益乘積的是何種組態？ (A) 共基極放大器 (B) 共射極放大器 (C) 共集極放大器 (D) 共汲極放大器。【88 四技電機】

- () 22. 共射極放大器的部份特性為 (A) 電流增益 α ，反相 180° (B) 電流增益 β ，相位不變 (C) 電流增益 α ，相位不變 (D) 電流增益 β ，反相 180° 。【88 北區夜二專電機】【88 四技推甄】

- () 23. 具電流放大，不具電壓放大的電晶體組態是 (A) 共基極電路 (B) 共射極電路 (C) 共集極電路 (D) 共陽極電路。【89 四技聯招電子】【89 夜二專北區電機】

- () 24. 下列有關共集極放大電路之敘述何者正確？ (A) 信號由集極輸入 (B) 輸入電阻高 (C) 射極電壓的平均值永遠為 $0V$ (D) 又稱集極隨耦器。

【87 四技電機】

- () 25. 下列敘述何者錯誤？ (A) BJT 當開關使用時是工作於飽和區(saturation region)或截止區(cut off region) (B) BJT 當放大器使用時是工作於作用區(active region) (C) BJT 在工作區(active region)的偏壓方式是 $B-E$ 接面順向偏壓， $B-C$ 接面逆向偏壓 (D) BJT 在飽和區(saturation region)的偏壓方式是 $B-E$ 接面逆向偏壓， $B-C$ 接面逆向偏壓。【85 二技電子電路】【82 四技電機】【83 二技電子電路】【88 四技推甄】

- () 26. 電晶體在飽和區工作時，基極、射極和集極之間電壓關係為 (A) $V_{BE} > 0$ ， $V_{BC} < 0$ (B) $V_{BE} < 0$ ， $V_{BC} > 0$ (C) $V_{BE} > 0$ ， $V_{BC} > 0$ (D) $V_{BE} < 0$ ， $V_{BC} < 0$ 。

【87 中區夜二專電機】【88 電機保甄】【88 南區夜二專電機】

- () 27. 通常當一電晶體開關進入飽和區時，其集極、射極間的電壓(V_{CE})大約為多少伏特？

(A)1.2V (B)5V (C)0.2V (D)0.7V (E)0.8V。

【86 四技電子】

- () 28. NPN 電晶體若欲工作在作用區(active region), 則 (A)基射界面需順偏, 基集界面需順偏 (B)基射界面需順偏, 基集界面需反偏 (C)基射界面需反偏, 基集界面需順偏 (D)基射界面需反偏, 基集界面需反偏。

【79 夜二專】【81 彰師電機】【85 北電子夜二專】【87 四技電機】

- () 29. 下列對電晶體工作在飽和區時之敘述, 何者正確? (A)基極與射極界面逆偏, 基極與集極界面逆偏 (B)基極與射極界面順偏, 基極與集極界面逆偏 (C)基極與射極界面逆偏, 基極與集極界面順偏 (D)基極與射極界面順偏, 基極與集極界面順偏。

【90 年四技電機-統一入學測驗】

- () 30. 電路中輸出和輸入的電壓或電流為非連續性的變化, 只有高和低兩種狀態時, 此電路稱為 (A)類比電路 (B)數位電路 (C)微分電路 (D)積分電路。

【89 四技聯招電機】

- () 31. NPN 電晶體, 其 $h_{FE} = 100$, 且流入集極電流為 0.8 安培, 流入基極電流為 12 毫安培, 則此電晶體處在 (A)截止區 (B)主動區 (C)飽和區 (D)無法判定。

【87 夜二專中區電機】【88 電機保甄】

- () 32. 下列有關電晶體之描述何者錯誤? (A)BJT 之構造是對稱的, 因此射極與集極可對調使用 (B)FET 優點之一為其(低頻)輸入阻抗甚高 (C)若 BJT 的基極與射極之界面為順向偏壓, 基極與集極之界面亦為順向偏壓, 則該 BJT 工作在飽和區 (D)為使 BJT 具有線性放大作用, 必須偏壓在作用區(active region)。

- () 33. 電晶體電路中, 在正常情況下若將電晶體當成開關, 當 OFF 狀態時, 其工作區域為 (A)線性工作區 (B)截止區 (C)飽和區 (D)負電阻區。

【89 夜二專南區電機】【90 年四技電機-統一入學測驗】

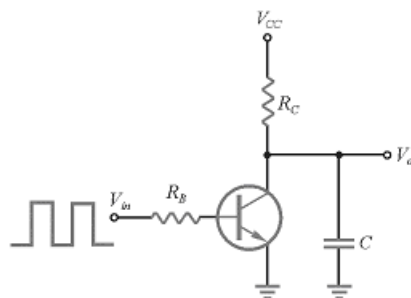
- () 34. 在反相器中(inverter)中, 電晶體只工作於 (A)飽和區 (B)飽和或截止區 (C)主動區 (D)截止區。

【85 二技電機學】

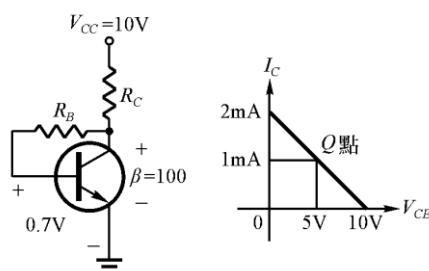
- () 35. 下列敘述何者錯誤? (A)電晶體之 B 極有效寬度愈窄, 則 β 值愈高 (B)將電晶體 E、C 兩端對調使用, 則 β 會降低, 這是因為 C 極濃度較 E 極低之緣故 (C)電晶體在工作區時, I_C 隨 V_{CE} 增加而減少, 這是歐利(Early)效應的結果 (D)兩個背對背連接之二極體一定不能當電晶體使用。

- () 36. CS9014 為 (A)PNP 電晶體 (B)NPN 電晶體 (C)FET (D)TTL。

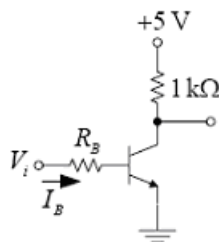
- () 37. 圖中為電晶體式鋸齒波產生器, 電容器 C 充電之時間常數為何? (A) $R_B \cdot C$ (B) $r_{CE} \cdot C$ (C) $R_C \cdot C$ (D) $(R_B + R_C) \cdot C$ 。 【86 四技電機】



- () 38. 電晶體交換電路的開路(turn on)時間等於 (A)延遲時間加儲藏時間 (B)上升時間加延遲時間 (C)上升時間加儲藏時間 (D)延遲加下降時間。
- () 39. I_{CEO} 與 I_{CBO} 的關係為 (A) $I_{CBO}=(1+\beta)I_{CEO}$ (B) $I_{CEO}=(1+\beta)I_{CBO}$ (C) $I_{CBO}=\beta I_{CEO}$ (D) $I_{CEO}=\frac{I_{CBO}}{1+\beta}$ 。
- () 40. 參考圖, R_B 應為多少才能滿足 Q 點之條件? (A)430k Ω (B)43k Ω (C)500k Ω (D)50k Ω 。



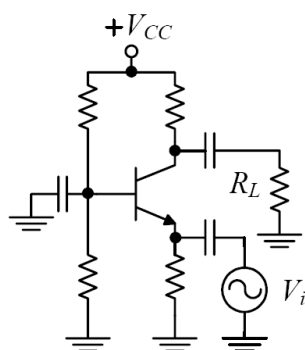
- () 41. 有一電晶體, 適當偏壓於作用區, 測得 $I_B = 0.05 \text{ mA}$, $I_E = 5 \text{ mA}$, 則此電晶體的 α 參數值為多少? (A) 0.01 (B) 0.99 (C) 9.9 (D) 100 【94 四技二專】
- () 42. 如圖所示, 若電晶體的 α 值為 100, 則使電晶體處於飽和狀態的最小 I_B 約為多少? (A) 0.05 mA (B) 0.5 mA (C) 5 mA (D) 500 mA 【94 四技二專】



- () 43. 有一電晶體, 已知 E - B 接面為順向偏壓, C - B 接面為逆向偏壓, 則此電晶體工作在哪個區? (A) 截止區 (B) 飽和區 (C) 作用區 (D) 空乏區 【94 四技二專補考】
- () 44. 電晶體在數位電路中的用途為何? (A) 放大 (B) 振盪 (C) 開關 (D) 整流 【94 四技二專補考】
- () 45. 下列關於 BJT 的敘述, 何者錯誤? (A) 對 NPN BJT 而言, $I_E = I_B + I_C$ (B) 對 PNP BJT 而言, $I_E = I_B + I_C$ (C) β 為共射極放大器的電流增益 (D) α 為共集極放大器的電流增益 【95 四技二專】

- () 46. 下列關於電晶體基本放大電路組態特性的敘述，何者錯誤？(A) 共射極組態放大電路又稱為射極隨耦器(B) 共射極組態之輸入與輸出信號相位差 180 度(C) 共基極組態放大電路的高頻響應最佳(D) 共射極組態兼具有電流放大與電壓放大的作用【95 四技二專】
- () 47. 下列關於電晶體基本放大電路組態特性的敘述，何者錯誤？(A) 共射極組態放大電路又稱為射極隨耦器(B) 共射極組態之輸入與輸出信號相位差 180 度(C) 共基極組態放大電路的高頻響應最佳(D) 共射極組態兼具有電流放大與電壓放大的作用【95 四技二專】
- () 48. 如圖所示電路， V_i 為輸入信號， R_L 為負載，下列何者為此放大器電路組態？(A) 共基極放大器(B) 共射極放大器(C) 共集極放大器(D) 射極隨耦器

【95 四技二專】



● 歷屆試題解答

1. (C) 2. (A) 3. (B) 4. (A) 5. (C) 6. (D) 7. (B) 8. (D) 9. (C) 10. (A)
 11. (A) 12. (A) 13. (C) 14. (A) 15. (A) 16. (D) 17. (D) 18. (C) 19. (C) 20. (B)
 21. (B) 22. (D) 23. (C) 24. (B) 25. (D) 26. (C) 27. (C) 28. (B) 29. (D) 30. (B)
 31. (C) 32. (A) 33. (B) 34. (B) 35. (C) 36. (B) 37. (C) 38. (B) 39. (B) 40. (A)
 41. (B) 42. (A) 43. (C) 44. (C) 45. (D) 46. (B) 47. (A) 48. (A)

- (A) μ A741 運算放大器 (B)1N4001 二極體 (C)2N2222 電晶體 NPN (D)NE555 專用 IC
- 主動區

$$I_C = \beta \times I_B$$
- 電晶體操作在飽和(saturation)區時，射極(E)-基極 (B) 接面為順向偏壓，集極 (C)-基極 (B) 接面為順向偏壓
- $$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

 α 由0.99變為0.98則 β 由99變為49
- $$I_B = \frac{5V - 0.7V}{10K\Omega} = 0.43mA$$

$$I_{C(sat)} = \frac{5V - 0.2V}{1K\Omega} = 4.8mA$$

 $\beta I_B > I_{C(sat)}$ 進入飽和區

$$I_C = I_{C(sat)} = 4.8mA$$

6. 此放大器的偏壓電路為分壓偏壓射極回授，溫度穩定性佳

7. β 很大採用近似解

$$V_B = 22V \times \frac{5K\Omega}{45K\Omega + 5K\Omega} = 2.2V$$

$$I_E = \frac{2.2V - 0.7V}{1.5K\Omega} = 1mA$$

$$V_{CE} = 22 - 1mA \times (10K + 1K) = 11V$$

8. 電晶體(BJT)的摻雜(doping)濃度 $E \gg B > C$

9.
$$I_E = \frac{9.3V}{10K\Omega} = 0.93mA$$

$$V_c = 10 - 0.93mA \times \frac{50}{1+50} \times 5K\Omega = 5.44V$$

10. CB 之電流增益小於 1

11. (1)
$$I_{C(sat)} = \frac{10V - 0.2V}{4.66k\Omega} = \frac{9.8}{4.66} mA$$

(2)
$$I_{B(min)} = \frac{5V - 0.7V}{R_B} = \frac{4.3}{R_B}$$

(3) 判別式：
$$I_B \times \beta \geq I_{C(sat)} \Rightarrow \frac{4.3}{R_B} \times 100 > \frac{9.8}{4.66} mA \Rightarrow 204.47k\Omega > R_B$$

12. 電容器為被動元件

13. 為散熱，功率電晶體其外殼的金屬一般都與電晶體集極相連

14.
$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{5.05mA - 0.05mA}{0.05mA} = 100$$

15.
$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{9.5mA}{0.5mA} = 19$$

16.
$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}, \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}, \gamma = 1 + \beta$$

17.
$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}, \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}, \gamma = 1 + \beta, I_E = I_B + I_C = (1 + \beta) \times I_B$$

18.
$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{6mA - 1mA}{110\mu A - 10\mu A} = 50$$

20. 共射極組態兼具電流放大與電壓放大作用

21. 共射極放大器具有最大之電壓增益與電流增益乘積

22. 共射極放大器的部份特性為電流增益 β ，反相 180°

23. 共集極電路具電流放大，不具電壓放大

24. 共集極放大電路之輸入電阻高

25. 電晶體操作在飽和(saturation)區時，射極(E)-基極(B)接面為順向偏壓，集極 (C)-基極(B)接面為順向偏壓

26. NPN 電晶體在飽和區工作時 $V_{BE} > 0$ ， $V_{BC} > 0$

27. 電晶體開關進入飽和區時，其集極、射極間的電壓(V_{CE})大約為 0.2V 伏特

28. NPN 電晶體若欲工作在作用區(active region)，則基射接面需順偏，基集接面需反偏

29. 電晶體工作在飽和區時基極與射極接面順偏，基極與集極接面順偏
30. 數位電路只有高和低兩種狀態
31. $\beta \times I_B > I_C$ 電晶體進入飽和區
32. 摻雜(doping)濃度 $E \gg B > C$ ，BJT 射極與集極不可對調使用，否則增益下降、耐壓降低
33. 電晶體當成開關，當 OFF 狀態時，其工作區域為截止區
34. 反相器中(inverter)中，電晶體只工作於飽和或截止區
35. 電晶體在工作區時， I_C 隨 V_{CE} 增加而增加，這是歐利(Early)效應的結果
36. CS9014 為 NPN 電晶體
37. 電容器 C 充電之時間常數為 $R_C \cdot C$
38. 電晶體交換電路的開路(turn on)時間等於上升時間加延遲時間
39. $I_{CEO} = (1 + \beta)I_{CBO}$
40.
$$I_B = \frac{1mA}{100} = \frac{5V - 0.7V}{R_B}$$

$$R_B = 430K\Omega$$
41.
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_E - I_B}{I_E} = \frac{5mA - 0.05mA}{5mA} = 0.99$$
42.
$$I_{Csat} \approx \frac{5V}{1k\Omega} = 5mA$$

$$\beta I_B \geq I_{Csat}$$

$$I_B = 0.05mA$$
43. 電晶體在作用區時 E - B 接面為順向偏壓，C - B 接面為逆向偏壓
44. 電晶體在數位電路中只有導通與截止的開關作用
45. α 為共基極放大器的電流增益
46.
$$I_E = (1 + \beta) \times I_B = \left(1 + \frac{\alpha}{1 - \alpha}\right) \times I_B = \left(1 + \frac{0.98}{1 - 0.98}\right) \times 0.04mA = 2mA$$
47. 共集極組態放大電路又稱為射極隨耦器
48. 信號由射極輸入、集極輸出為共基極組態