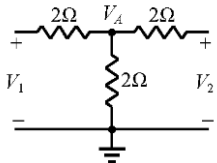
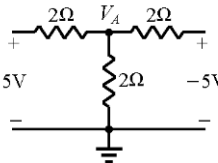
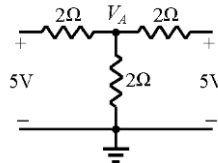
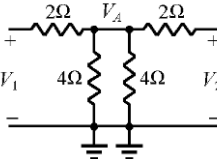
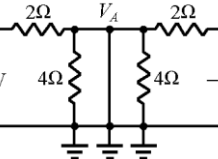
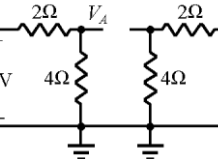


差動放大

重點整理

1. 對於左右完全對稱之電路，具有下列特性

左右電路完全對稱	差模型式(V_A 與地短路)	共模型式(V_A 與地開路)
		
<p>等效電路如下</p>	$\frac{V_A - 5}{2} + \frac{V_A}{2} + \frac{V_A + 5}{2} = 0 \Rightarrow V_A = 0V$	$\frac{V_A - 5}{2} + \frac{V_A}{2} + \frac{V_A - 5}{2} = 0 \Rightarrow V_A = \frac{10}{3}V$ $V_A = \frac{4}{2+4} \times 5 = \frac{10}{3}V$
		

2. 名詞介紹：

(1) 共模信號 $V_c : \frac{V_1 + V_2}{2}$

(2) 差模信號 $V_d : V_1 - V_2$

(3) 輸入信號改寫： $V_1 = V_c + \frac{V_d}{2}, V_2 = V_c - \frac{V_d}{2}$

(4) 共模增益 $A_c : \frac{V_{o1}}{V_c}$

(5) 差模增益 $A_d : \frac{V_{o1}}{V_d}$

(6) 共模拒斥比 $CMRR : \frac{A_d}{A_c}$

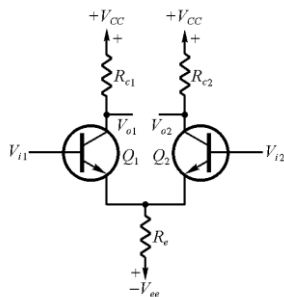
(7) 輸出： $V_o = A_d V_d + A_c V_c = A_d V_d \left(1 + \frac{A_c V_c}{A_d V_d} \right) = A_d V_d \left(1 + \frac{1}{CMRR} \frac{V_c}{V_d} \right)$

◎ 例題說明：

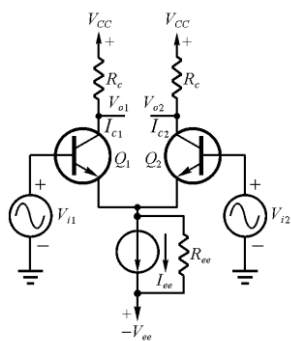
<p>一差動放大器，輸入電壓 $V_1 = 105 \mu V$，輸入電壓 $V_2 = 95 \mu V$，$CMRR = 100$，差模增益 $A_d = 100$，則輸出電壓 V_o 為 (A) $1050 \mu V$ (B) $1100 \mu V$ (C) $600 \mu V$ (D) $550 \mu V$。</p>	$V_c = \frac{105 \mu V + 95 \mu V}{2} = 100 \mu V$ $V_d = 105 \mu V - 95 \mu V = 10 \mu V$ $V_o = A_d V_d \left(1 + \frac{1}{CMRR} \frac{V_c}{V_d} \right) = 1100 \mu V$
<p>下列有關 $CMRR$ (共模拒斥比) 之敘述，何者錯誤？ (A) $CMRR$ 只有差動型式的放大器才有 (B) $CMRR = \frac{A_d}{A_c}$，其中 A_c 為共模增益，A_d 為差模增益 (C) 若以分貝 (dB) 表示，$CMRR = 20 \log \left \frac{A_d}{A_c} \right$ dB (D) $CMRR$ 愈小，愈能排除雜訊。</p>	<p>$CMRR$ 愈大，愈能排除雜訊。</p>
<p>有兩個輸入端之差動放大器，若欲提高 R_E 值而不影響 Q_1、Q_2 電晶體的工作點，一般射極都改用 (A) 定電壓源電路 (B) 定電流源電路 (C) 二極體電路 (D) 單接面電晶體電路。</p>	<p>差動放大器，若欲提高 R_E 值而不影響 Q_1、Q_2 電晶體的工作點，一般射極都改用定電流源電</p>

	路
某差動放大器的共模拒斥比 CMRR=100dB，其差模增益 A_d 與共模增益 A_c 的比值為 (A) 10^9 (B) 10^8 (C) 10^6 (D) 10^5 。	$10^{\frac{100}{20}} = \frac{A_d}{A_c} = 10^5$

3. 差動放大器



※ $|V_d| = |V_{i1} - V_{i2}| \leq 2V_T = 50mV$
 i_{c1} 及 i_{c2} 對 V_d 的變化為線性BJT差動對可當成放大器使用
 ※ $|V_d| = |V_{i1} - V_{i2}| \geq 4V_T = 100mV$
 會使電流完全流經BJT差動對的一側



$$V_{i1} - V_{be1} - V_{be2} - V_{i2} = 0$$

$$V_{be1}, V_{be2} \gg V_T \Rightarrow V_{be1} = V_T \ln \frac{I_{c1}}{I_{s1}}, V_{be2} = V_T \ln \frac{I_{c2}}{I_{s2}}$$

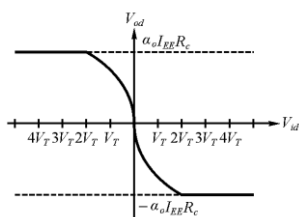
$$I_{s1} = I_{s2} \Rightarrow \frac{I_{c1}}{I_{c2}} = \exp\left(\frac{V_{i1} - V_{i2}}{V_T}\right) = \exp\left(\frac{V_{id}}{V_T}\right)$$

$$-(I_{c1} + I_{c2}) = I_{EE} = \frac{1}{\alpha_F} (I_{c1} + I_{c2})$$

$$I_{c1} = \frac{\alpha_F I_{EE}}{1 + \exp\left(-\frac{V_{id}}{V_T}\right)}, I_{c2} = \frac{\alpha_F I_{EE}}{1 + \exp\left(\frac{V_{id}}{V_T}\right)}$$

$$V_{o1} = V_{cc} - I_{c1} R_c, V_{o2} = V_{cc} - I_{c2} R_c$$

$$V_{od} = V_{o1} - V_{o2} = \alpha_F I_{EE} R_c \tanh\left(\frac{-V_{id}}{2V_T}\right)$$

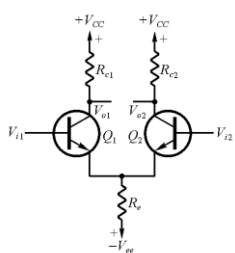


V_{id} 只有在小於 $2V_T$ 以內才能工作於線性區，為了增加輸入電壓之線性範圍，可在射極加入電阻稱為射極退化電阻，線性範圍可延展至 $I_{EE} R_E$ ，但電壓增益也減少幾乎相同倍數

※ 差動放大器輸出入分析

<p>單端輸入不平衡輸出 $V_o = AV_i$</p>	<p>單端輸入平衡輸出 $V_{od} = 2AV_i$</p>
<p>雙端輸入不平衡輸出 $V_o = 2AV_i$</p>	<p>雙端輸入平衡輸出 $V_{od} = 4AV_i$</p>

※ 差動放大器直流分析



$$V_{ee} = V_{BE} + I_E R_E \Rightarrow I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} \approx \frac{V_{EE}}{R_E}$$

電晶體 Q_1 及 Q_2 特性相同左右對稱 $I_{CQ1} = I_{CQ2} = \frac{I_E}{2}$

※ 差動放大器交流分析

差模增益 $A_d = V_o/V_d$	共模增益 $A_c = V_o/V_c$
$\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{\frac{V_d}{2}} = 2 \frac{V_o}{V_d} = 2 \times A_d = \frac{-h_f \times R_c}{h_i}$ $\therefore A_d = \frac{-h_f \times R_c}{2 \times h_i}$	$\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_c} = \frac{-h_f \times R_c}{h_i + (1 + h_f) \times 2R_e}$ $\therefore A_c = \frac{-h_f \times R_c}{h_i + (1 + h_f) \times 2R_e}$

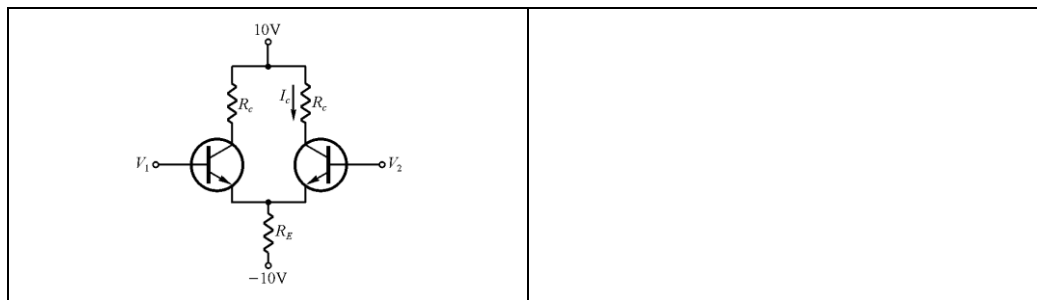
※ $CMRR = \frac{A_d}{A_c} \approx \frac{(1 + h_f) \times R_e}{h_i}$

※ 差動放大器定電流(提高 R_E , 提高 CMRR)分析

$I_E \approx I_C = \frac{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{ee} \right) - V_{BE}}{R_e}$	$I_E \approx I_C = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_e}$	$I_E \approx I_C = \frac{V_Z}{R_e}$

◎ 例題說明：

<p>圖中，若 $R_c=5k\Omega$, $R_E=10k\Omega$, $V_1=V_2=0$, 則 I_c 約為</p>	$I_E = \frac{10 - 0.7}{10K} = 0.93mA$ $I_{E1} = \frac{I_E}{2} = 0.465mA$
---	--



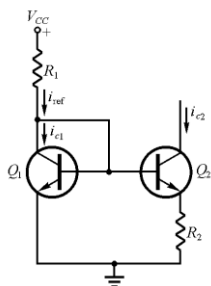
※ 定電流



電流鏡(Current mirror)

威爾森電流鏡(Wilson Current Source)

※ 維勒電流鏡(Widlar Current Source)



$$V_{BE1} - V_{BE2} - I_{c2}R_2 = 0$$

$$V_T \ln \frac{I_{c1}}{I_{s1}} - V_T \ln \frac{I_{c2}}{I_{s2}} - I_{c2}R_2 = 0$$

電晶體完全對稱 $I_{s1} = I_{s2} \Rightarrow V_T \ln \frac{I_{c1}}{I_{c2}} = I_{c2}R_2$

$V_{cc}=30V$, $R_1=29.3k\Omega$, $V_{BE(on)}=0.7V$, 求 $I_{c2}=10\mu A$ 時之 R_2 值

$$I_{c1} = \frac{30 - 0.7}{29.3k\Omega} = 1mA$$

$$V_T \ln \frac{I_{c1}}{I_{c2}} = 26mV \ln \left(\frac{1mA}{10\mu A} \right) = 119mV = I_{c2}R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{119mV}{10\mu A} = 11.9k\Omega$$

$I_{ref}=1mA$, $R_2=5k\Omega$, 求 I_{c2}

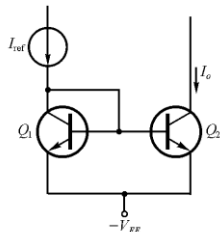
$$V_T \ln \frac{1mA}{I_{c2}} - 5k\Omega(I_{c2}) = 0$$

利用嘗試法可得 $I_{c2} = 20\mu A$

例題說明：

<p>如圖所示, Q_1 與 Q_2 為匹配(matched)之電晶體且皆操作於作用區(active region), 求 $\frac{I_o}{I_{ref}} = (\beta_1 = \beta_2 = \beta)$ (A) $\frac{1}{1 + \beta^2}$ (B) $\frac{1}{1 + \beta}$</p>	$I_{ref} = (\beta + 2) \times I_B$ $I_o = \beta \times I_B$ $\frac{I_o}{I_{ref}} = \frac{\beta \times I_B}{(\beta + 2) \times I_B} = \frac{1}{1 + \frac{2}{\beta}}$
--	---

(C) $\frac{1}{1+\frac{2}{\beta^2}}$ (D) $\frac{1}{1+\frac{2}{\beta}}$ 。



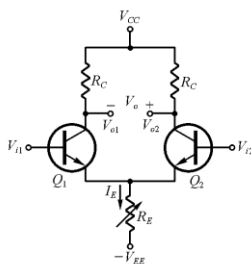
歷屆試題精選

- () 1. 下列有關差動放大器的敘述，何者有誤？ (A)共模拒斥比 CMRR，愈小愈能抑制雜訊 (B)共模拒斥比 CMRR 定義為：差模增益 A_d 與共模增益 A_c 的比值 (C)差模增益 A_d 愈大愈好 (D)共模增益 A_c 愈小愈好。

【93 四技二專】

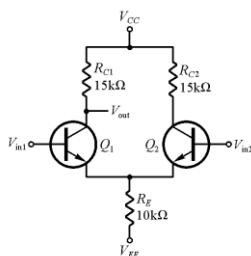
- () 2. 如下圖所示之 Q_1 與 Q_2 完全對稱，且 $V_{i1} = V_{i2}$ ，則在正常的運作下將 R_E 阻值調高的影響為：(A) I_E 變小， V_{O1} 變高， V_O 不變 (B) I_E 變小， V_{O1} 變低， V_O 不變 (C) I_E 變大， V_{O1} 變低， V_O 不變 (D) I_E 變小， V_{O1} 變高， V_O 變高。

【92 四技二專】



- () 3. 如圖所示電路，假設電晶體之 $h_{fe} = \beta = 60$ ， $h_{ie} = r_{\pi} = 3k\Omega$ ，當電路採雙端輸入、單端輸出時，其共模拒斥比(CMRR)約為 (A)150 (B)200 (C)300 (D)400。

【91 四技二專】



- () 4. 某差動放大器之共模拒斥比 $CMRR = 60dB$ 、差模增益 $A_d = 100$ ，若差動放大器之共模輸入訊號 $V_c = 10V$ 、差模輸入訊號 $V_d = 0.1V$ ；則此差動放大器之輸出電壓可能為 (A)10.01V (B)10.00V (C)11.00V (D)20.00V。

【90 四技二專】

- () 5. 假設放大器之差動增益為 $A_d = 1000$ ， $CMRR = 100$ ，試計算輸入電壓 $V_{i1} = 75\mu V$ (非反向輸入

端電壓)， $V_{i2}=25\mu\text{V}$ (反向輸入端電壓)時之差動放大器的輸出電壓為 (A)49.5mV (B)51.5mV (C)50.5mV (D)48.5mV (E)47.5mV。

【89 四技二專】

() 6. 差動放大器之 CMRR 定義為 (A) $\frac{A_d}{A_c}$ (B) $\frac{A_c}{A_d}$ (C) $A_c - A_d$ (D) $A_c + A_d$ (E) $A_c A_d$ (A_c : 共模增益 ; A_d : 差模增益)。

【89 四技二專】

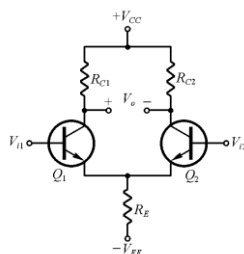
() 7. 某差動放大器，差模訊號電壓增益 A_d 為 200，而共模拒斥比 $\text{CMRR}=80\text{dB}$ ，試求其共模訊號電壓增益 A_c 為何？ (A)2 (B)0.2 (C)0.02 (D)0.002。

【89 四技二專】

() 8. 下列對於差動放大器(Differential Amplifier)的敘述，何者是錯誤的？ (A)是由兩個特性相同的共射極放大電路並接，且共用射極電阻組成的對稱式電路 (B)共模組態是指在兩輸入端接上極性相同的信號，而使得輸出等於零的電路結構 (C)差模組態是指讓兩輸入端有電壓差存在，而使得輸出不為零的電路結構 (D)共模拒斥比(Common-Mode Rejection Ratio，簡稱 CMRR)是指差模增益對共模增益的比值，此值愈小愈好 (E)理想的差動放大器會將共模信號抵消，而將差模信號放大。

【89 四技二專】

() 9. 下列關於差動放大器(如圖所示)的描述，何者錯誤?(註 A_c : 共模增益 ; A_d : 差模增益) (A)理想差動放大器當兩輸入端接上相同的訊號時，輸出 $V_o=0$ (B)共模拒斥比(CMRR)愈大愈好 (C)理想差動放大器 $A_c=\infty$ ， $A_d=0$ (D)差動放大器的射極電阻 R_E 愈大時，可增加共模拒斥比 (E)共模拒斥比愈大，表示放大器的雜訊抑制能力愈佳。



() 10. 一差動放大器，若欲提高其共模拒斥比(CMRR)，可將電路中之射極電阻 R_E 以下列何者取代為最佳？ (A)定電壓源 (B)定電流源 (C)定電容 (D)定電感。

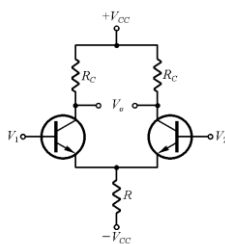
() 11. 差動放大器做雙端輸入放大，如兩信號大小相同，相位相同時，則其輸出是 (A) $V_o=A \times V_i$ (B) $V_o=2A \times V_i$ (C) $V_o=4A \times V_i$ (D)0。

() 13. 設計電晶體差動放大器時，射極共同點接一穩定電流源之主要目的是 (A)增加負回授量 (B)增加頻寬 (C)增加增益量 (D)提高 CMRR。

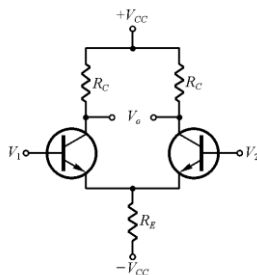
【88 四技二專】

() 14. 差動放大器中之 R_E 電阻，在積體電路內，多以何種方式取代？ (A)定電感 (B)定電容 (C)定電壓源 (D)定電流源。

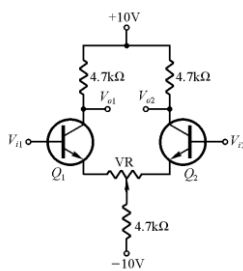
() 15. 如圖所示電路，為一差動放大器，當 V_{CC} 值下跌時，若仍滿足條件 $(1+h_{fe})2R_E \gg h_{ie}$ ，則下列何者仍將維持不變？ (A)共模增益絕對值 (B)差模增益絕對值 (C)共模拒斥比 (CMRR) (D)輸出信號 V_o 大小。



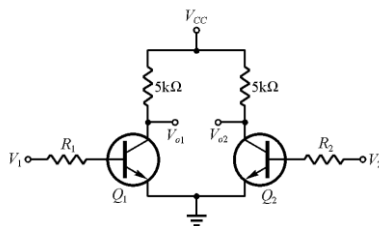
- () 16. 如圖所示之差動放大器，當 R_E 的值增加時，下列敘述何者為真？ (A) 共模拒斥比 CMRR 變小 (B) 放大器穩定度降低 (C) 共模增益 A_c 的絕對值變小 (D) 電路的雜訊排斥能力變差。



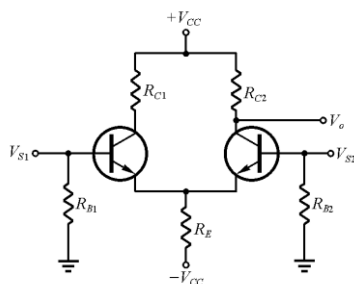
- () 17. 一差動放大器的 $A_d=100$ ， $A_c=0.5$ ，兩個輸入分別是 $V_a(t)=0.01\cos(2\pi 400t)+0.2\cos(2\pi 60t)$ ， $V_b(t)=-0.01\cos(2\pi 400t)+0.2\cos(2\pi 60t)$ ，此差動放大器的輸出 $V_o(t)=$ (A) $2\cos(2\pi 400t)+0.1\cos(2\pi 60t)$ (B) $1\cos(2\pi 400t)+0.2\cos(2\pi 60t)$ (C) $2\cos(2\pi 400t)+0.2\cos(2\pi 60t)$ (D) $4\cos(2\pi 400t)+0.1\cos(2\pi 60t)$ 。
- () 18. 有關下圖的差動放大器，下列敘述何者錯誤？ (A) 可變電阻 VR 的作用為直流平衡調整 (B) VR 太大將會使差動增益降低 (C) 調整 VR 對電路之直流平衡點沒有影響 (D) 若將 V_{i2} 接地，則形成單端輸入雙端輸出差動放大器。



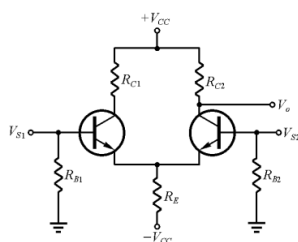
- () 19. 如圖所示， Q_1 之 $A_{V1}=20$ ， $V_1=1V$ ， Q_2 之 $A_{V2}=20$ ， $V_2=0.8V$ ，則差動輸出電壓 $V_{od}=$ (A) $-1.5V$ (B) $-3V$ (C) $-4V$ (D) $-9V$ 。



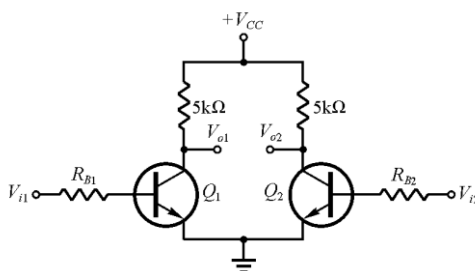
- () 20. 如圖的電路， $V_{s1}=1V$ ， $V_{s2}=1V$ 時， $V_o=0.08V$ ； $V_{s1}=0.5V$ ， $V_{s2}=-0.5V$ 時， $V_o=20V$ ，則此電路之 CMRR 為 (A) 160 (B) 200 (C) 250 (D) 300。



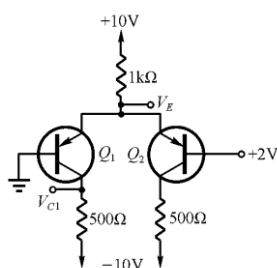
- () 21. 同上題， $V_{s1}=0.5V, V_{s2}=0.3V$ 時， V_o 為 (A)4.032V (B)3.032V (C)2.032V (D)1.032V。



- () 22. 如圖所示為一差動放大器，若 Q_1 之 $A_{V1}=20, V_{i1}=1V, Q_2$ 之 $A_{V2}=30, V_{i2}=0.6V$ ，則差動輸出電壓 $V_{od}=V_{o1}-V_{o2}$ 為多少？ (A)-4V (B)-2V (C)1V (D)2V。

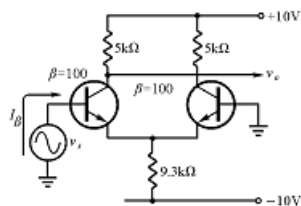


- () 23. 如圖所示之電路中，設電晶體的 $\beta=\infty$ ，電晶體導通時的 $V_{BE}=0.7V$ ，則 $v_E=?$ (A)-0.7V (B)5V (C)1.2V (D)0.7V。

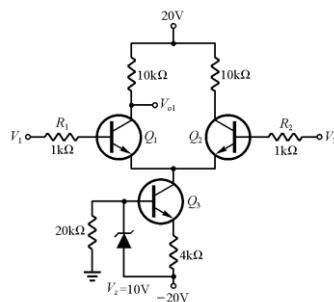


- () 24. 同上題， $V_{C1}=?$ (A)-10V (B)-7.35V (C)-6.35V (D)-5.35V。

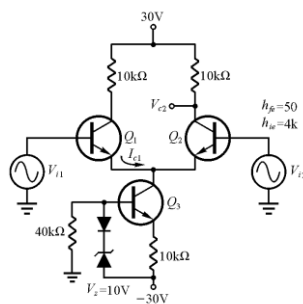
- () 25. 如圖所示之電路中，在 $v_s=0$ 時， I_B 約為何？ (A)1mA (B)10 μA (C)5 μA (D)1 μA 。



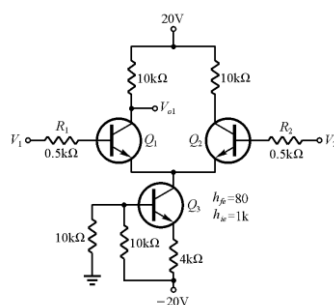
- () 26. 如圖所示電路，設 Q_1 、 Q_2 特性完全相同，則 $I_{E1}=I_{E2}=?$ (A)1.86mA (B)2.325mA (C)1.1625mA (D)0.5325mA。



- () 27. 同上題，設 $h_{fe}=60$ ， $R_1=R_2=1K\Omega$ ， $h_{ie}=1K\Omega$ ，求電壓增益 $A_d=?$ (A)300 (B)150 (C)120 (D)85.6。
- () 28. 同上題， Q_3 電晶體定電流主要目的 (A)提高電壓增益 (B)提高輸入阻抗 (C)加強平衡補償 (D)提高共模拒斥比。
- () 29. 同上題，輸入阻抗為 (A)1K (B)2K (C)3K (D)4K。
- () 30. 如圖所示之電路， Q_1 、 Q_2 特性完全對稱，求 Q_1 之 I_{C1} 為 (A)0.5mA (B)1mA (C)2mA (D)0.4mA。



- () 31. 同上題， Q_2 之 V_{C2} 直流電壓為 (A)15V (B)20V (C)25V (D)22.5V。
- () 32. 同上題之差模增益為 (A)125 (B)62.5 (C)250 (D)500。
- () 33. 同上題之共模拒斥比為 (A)62.5 (B)125 (C)250 (D)近似 ∞ 。
- () 34. 如圖所示電路，設 Q_1 、 Q_2 特性完全相同，則 $I_{C1}=I_{C2}=?$ (A)2.32mA (B)1.16mA (C)0.58mA (D)0.29mA。



- () 35. 同上題， Q_2 之直流電壓 V_{CE1} 應為 (A)9.1V (B)8.4V (C)7.6V (D)10.42V。
- () 36. 同上題，電路之電壓增益 A_{V1} 應為 (A) - 320 (B)400 (C) - 267 (D) - 400。
- () 37. 差動放大器能夠消除雜訊，因為雜訊是 (A)同相單端 (B)同相雙端 (C)反相單端 (D)反相雙端 輸入。
- () 38. 欲使差動放大器之 CMRR 值增大，宜採用 (A)平衡輸出 (B)大負載電阻 (C)大射極電阻 (D)大 β 值電晶體。
- () 39. 設差動放大器 $A_d=200$ ， $A_c=0.5$ ，則 CMRR 為 (A)46dB (B)52dB (C)26dB (D)23dB。
- () 40. 下列關於差動放大器 CMRR 值之敘述，何者正確？ (A)愈小愈好 (B) $CMRR=|A_c/A_d|$ (C)愈大愈好 (D)小於 1。
- () 41. 有一差動放大器，差模增益 $A_d = 1000$ ，共模增益 $A_c = 0.1$ ，則其共模拒斥比 CMRR 為多少？ (A) 0.0001 (B) 100 (C) 1000.1 (D) 10000 【94 四技二專】
- () 42. 有一差動放大器，其差模增益 $A_d = 1000$ 、共模增益 $A_c = 1$ ，則其共模拒斥比 CMRR = ? (A) 30 dB (B) 40 dB (C) 50 dB (D) 60 dB 【95 四技二專】

歷屆試題解答

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

- 共模拒斥比 CMRR，愈大愈能抑制雜訊
- 正常的運作下將 R_E 阻值調高 I_E 變小， V_{O1} 變高， V_o 不變

$$CMRR = \frac{3k + 61 \times 2 \times 10k}{2 \times 3k} = 203.8$$

- $CMRR = 60dB, A_d = 100 \Rightarrow A_c = 0.1$
 $V_o = A_c V_c + A_d V_d = 10 \times 0.1 + 100 \times 0.1 = 11V$

$$V_c = \frac{75\mu V + 25\mu V}{2} = 50\mu V, V_d = 75\mu V - 25\mu V = 50\mu V$$

$$V_o = A_d V_d \left(1 + \frac{1}{CMRR} \frac{V_c}{V_d} \right) = 50.5mV$$

6. CMRR 定義為 $\frac{A_d}{A_c}$
7. $10^{\frac{80}{20}} = \frac{200}{A_c} \Rightarrow A_c = 0.02$
8. 共模拒斥比(Common-Mode Rejection Ratio, 簡稱 CMRR)是指差模增益對共模增益的比值, 此值愈大愈好
9. 理想差動放大器 $A_c=0, A_d=\infty$
11. 兩信號大小相同, 相位相同時, 則其輸出是 0
12. 差動放大器中之 R_E 電阻愈大, 則提高 CMRR
13. 射極共同點接一穩定電流源之主要目的是提高 CMRR
14. 積體電路內, R_E 電阻多定電流源方式取代
15. $(1+h_{fe})2R_E \gg h_{ie}$ 共模增益絕對值將維持不變

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c} \approx \frac{(1+h_f) \times R_e}{h_i} \quad A_c = \frac{-h_f \times R_c}{h_i + (1+h_f) \times 2R_e} \quad A_d = \frac{-h_f \times R_c}{2 \times h_i}$$

16. 當 R_E 的值增加時, 共模增益 A_c 的絕對值變小, CMRR 變大, 放大器穩定度提高, 電路的雜訊排斥能力變好

17. $V_c = 0.2 \cos(2\pi 60t), V_d = 0.02 \cos(2\pi 400t)$
 $V_o = 100 \times 0.02 \cos(2\pi 400t) + 0.5 \times 0.2 \cos(2\pi 60t)$
 $= 2 \cos(2\pi 400t) + 0.1 \cos(2\pi 60t)$

18. 調整 VR 對電路之直流平衡點有影響, 可變電阻 VR 的作用為直流平衡調整

19. $-20 \times 1 - (-20 \times 0.8) = -4V$

20. $A_c = 0.08, A_d = 20$

$$CMRR = \frac{20}{0.08} = 250$$

21. $V_c = 0.4V, V_d = 0.2V$

$$V_o = A_d V_d + A_c V_c = 20 \times 0.2 + 0.08 \times 0.4 = 4.032V$$

22. $-20 \times 1 - (-30 \times 0.6) = -2V$

23. $V_E = V_{BE} = 0.7V$

24. $I_{E1} = I_{C1} = \frac{10V - 0.7V}{1K\Omega} = 9.3mA$

$$V_{C1} = 9.3mA \times 0.5K - 10V = -5.35V$$

25. $I_E = \frac{10 - 0.7}{9.3K} = 1mA$

$$I_{E1} = \frac{I_E}{2} = 0.5mA$$

$$I_B = \frac{0.5mA}{101} \cong 5\mu A$$

26. $I_E = \frac{10 - 0.7}{4K} = 2.325mA$

$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{I_E}{2} = 1.1625mA$$

27. $A_d = \frac{60 \times 10K}{2 \times (1K + 1K)} = 150$
28. Q_3 電晶體定電流主要目的提高共模拒斥比
29. $Z_i = 2 \times (1K + 1K) = 4K\Omega$
30. $I_E = \frac{10}{10K} = 1mA$
 $I_{C1} = \frac{I_E}{2} = 0.5mA$
31. $V_{C2} = V_{CC} - I_{C2}R_2 = 30 - (10K \times 0.5mA) = 25V$
32. $A_d = \frac{50 \times 10K}{8K} = 62.5$
33. 電流源 R_E 近似 ∞ , A_C 約為 0
34. $I_{E3} = \frac{-10 - 0.7 - (-20)}{4K} = 2.325mA$
 $I_{C1} = \frac{I_{E3}}{2} = 1.16mA$
35. $V_{C1} = V_{CC} - I_{C1}R_C = 20 - (10K \times 1.16mA) = 8.4V$
 $V_{CE1} = 8.4 - (-0.7) = 9.1V$
36. $A_v = \frac{-80 \times 10K}{2 \times (1K + 0.5K)} = -267$
37. 差動放大器能夠消除雜訊，因為雜訊是同相雙端輸入
38. 差動放大器中之 R_E 電阻愈大，則提高 CMRR
39. $20 \log \frac{200}{0.5} = 52dB$
40. $CMRR = |A_d / A_c|$
41. $CMRR = \frac{A_d}{A_c} = \frac{1000}{0.1} = 10000$
42. $CMRR = 20 \log \frac{A_d}{A_c} = 20 \log \frac{1000}{1} = 60dB$