

串級放大

重點整理

1. 串級系統

(1) 總電壓增益

$$A_{VT} = A_{V1} \cdot A_{V2} \cdots A_{Vn} !$$

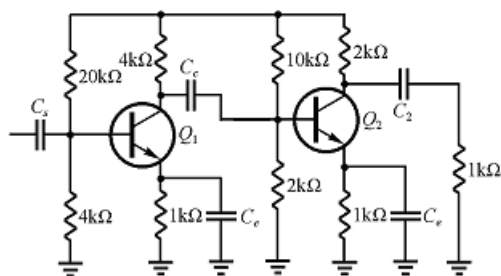
(2) 總電流增益

$$A_{IT} = A_{I1} \cdot A_{I2} \cdots A_{In}$$

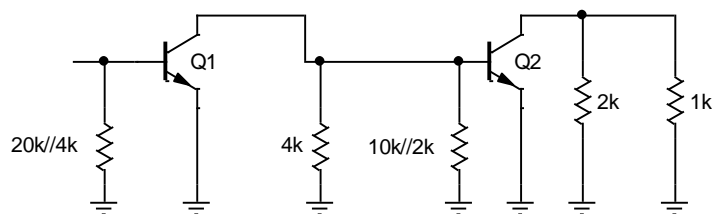
(3) 總功率增益

$$A_{PT} = A_{VT} \cdot A_{IT}$$

2. 電阻電容耦合放大



上圖中， $Q1$ 及 $Q2$ 之 $\beta = 50, h_{ie} = 0.5k\Omega$

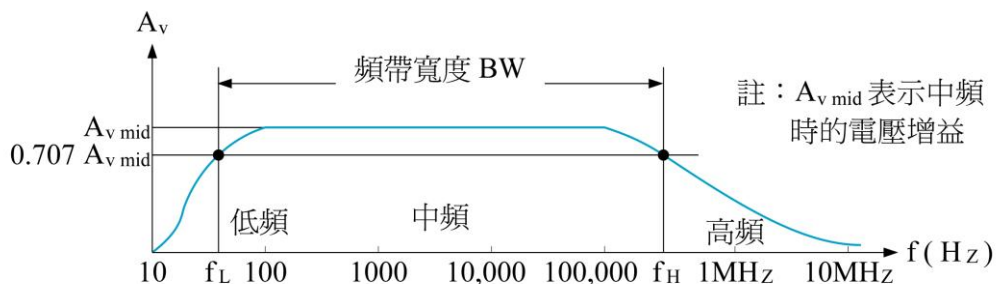


交流分析

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_1}{V_i} \times \frac{V_o}{V_1} = \frac{-50 \times (4k // 10k // 2k // 0.5k)}{0.5} \times \frac{-50 \times (2k // 1k)}{0.5} = 2340$$

$$A_i = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = 2340 \times \frac{20k // 4k // 0.5k}{1k} = 1017$$

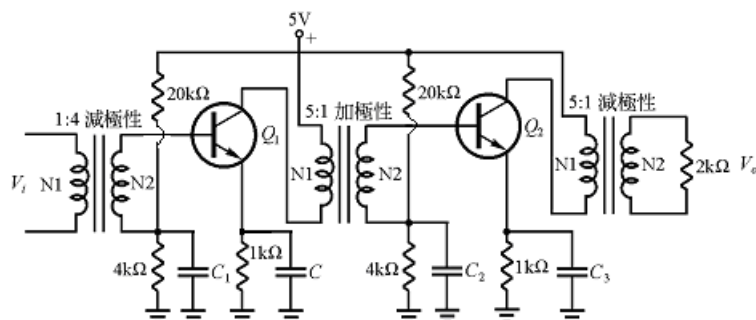
$$\text{或 } A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_{b1}}{I_{i1}} \times \frac{I_{c1}}{I_{b1}} \times \frac{I_{b2}}{I_{c1}} \times \frac{I_{c2}}{I_{b2}} \times \frac{I_o}{I_{c2}} = \frac{20 // 4}{(20 // 4) + 0.5} \times 50 \times \frac{(10 // 2)}{(10 // 2) + 0.5} \times 50 \times \frac{2}{2 + 1} = 1017$$



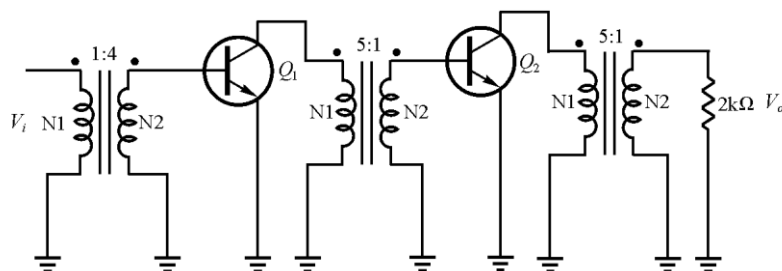
電容器可隔絕直流，僅讓交流信號通過。因此，各級的直流偏壓互不相干，使得偏壓電路容易設計。要使通過的信號減少損失，必須使用容量大一點的電容器來耦合，尤其是在低頻放大器中。所以

通常均使用電解質電容。使用電解質電容時，要特別注意其極性。如果極性接反了，會有極大的漏電電流，以致使工作點偏移。需要作直流放大的電路，不能採用電容耦合方式。

3. 變壓器耦合放大



上圖中， $Q1$ 及 $Q2$ 之 $\beta = 50, h_{ie} = r_{\pi} = 2k\Omega$



交流分析

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_1}{V_i} \times \frac{V_2}{V_1} \times \frac{V_3}{V_2} \times \frac{V_4}{V_3} \times \frac{V_o}{V_4} = \frac{4}{1} \times \frac{-50 \times (50k)}{2k} \times \frac{1}{5} \times \frac{-50 \times (50k)}{2k} \times \frac{1}{5} = 250000$$

$$A_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_1}{I_i} \times \frac{I_2}{I_1} \times \frac{I_3}{I_2} \times \frac{I_4}{I_3} \times \frac{I_o}{I_4} = \frac{1}{4} \times 50 \times (5) \times 50 \times 5 = 15625$$

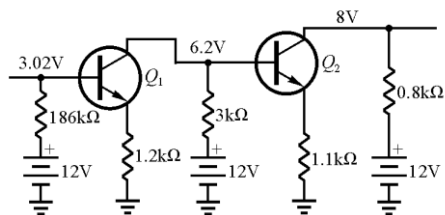
$$A_I = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = 250000 \times \frac{\frac{1}{4^2} \times 2k}{2k} = 15625$$



變壓器耦合的優點是可以作適當的阻抗匹配。

4. 直接耦合放大

(1) 直接耦合放大



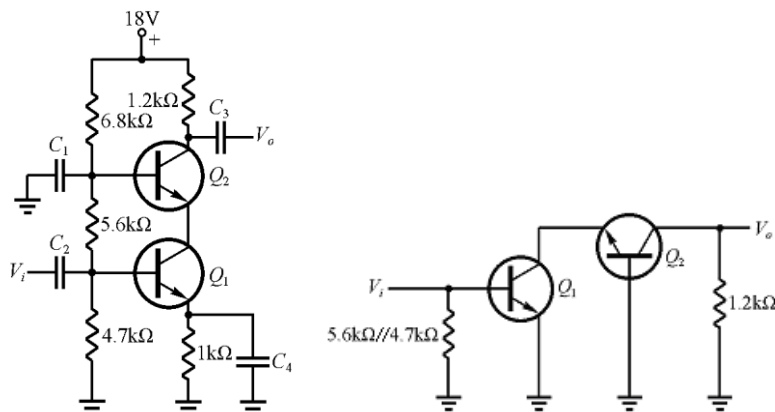
上圖中， $Q1$ 之 $\beta = 40, r_e = 13.47\Omega, Q2$ 之 $\beta = 100, r_e = 5.2\Omega$

交流分析

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-40 \times [3k \parallel (101 \times (1.1k + 5.2))]}{41 \times (1.2k + 13.47)} \times \frac{-100 \times 0.8}{101 \times (1.1k + 5.2)} = 1.7$$

$$A_t = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = 1.7 \times \frac{186k \parallel [41 \times (1.2k + 13.47)]}{0.8k} = 82.7$$

(2) 疊接放大



上圖中， $Q1$ 之 $\beta = 100, r_{e1} = 6.12\Omega, Q2$ 之 $\beta = 100, r_{e2} = 6.12\Omega$

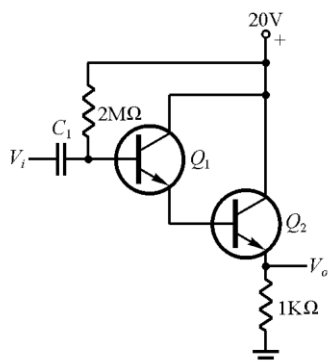
交流分析

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-100 \times r_{e2}}{101 \times r_{e1}} \times \frac{100 \times 1.2k}{101 \times r_{e2}} = -196$$

$$A_t = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = -196 \times \frac{5.6k \parallel 4.7k \parallel (101 \times 6.12)}{1.2k} = -81.3$$

(3) 達靈頓

達靈頓(Darlington)電路特點為電流增益很大、輸入阻抗很高、常用兩電晶體組成、可用 NPN 及 PNP 電晶體混合組成

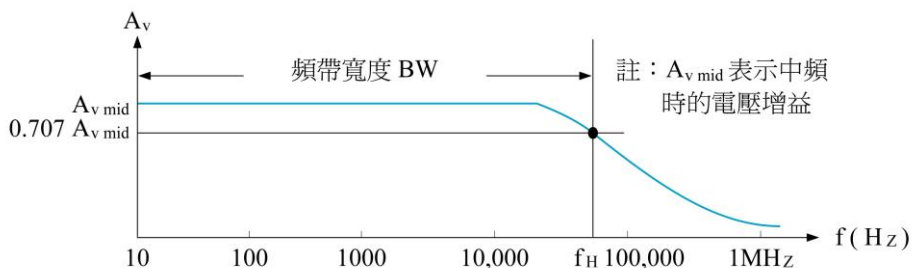


左圖中， $h_{fe1} = h_{fe2} = 50, h_{ie1} = 1k\Omega, h_{ie2} = 0.5k\Omega$

交流分析

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{51 \times 51k}{1K + 51 \times 0.5k + 51 \times 51k} = 0.99$$

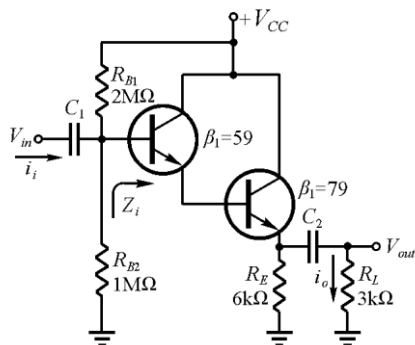
$$A_t = A_v \times \frac{R_i}{R_o} = 0.99 \times \frac{2M \parallel 2.63M}{1k} = 1124$$



採用直接耦合方式時，各級直流偏壓互相影響，很難設計。當溫度升高時，電晶體的 β 值和漏電流 I_{co} 都會增大，使得工作點偏移。以下各級再將此偏移之工作電壓放大，造成更大的偏移，終使放大器不能作線性的放大作用。

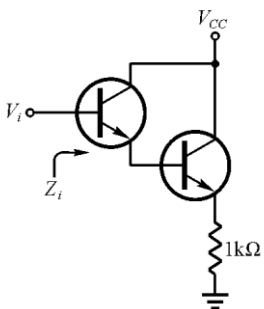
◎ 例題解說：

如圖所示電路，假設經由小訊號分析及考慮 r_o 效應後得知 $Z_1 = 2M\Omega$ ，則其電流增益 $\frac{i_0}{i_1}$ 約為 (A)800 (B)1200 (C)3200 (D)4800。



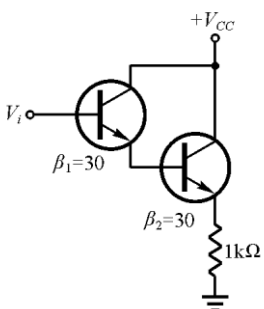
$$A_I = \frac{(2M // 1M)}{2M + (2M // 1M)} \times 60 \times 80 \times \frac{6K}{6K + 3K} \cong 800$$

若電晶體 $h_{ie} = 2k\Omega$, $h_{fe} = 50$ ，則圖輸入阻抗 $Z_i = ?$ (A)1.8 (B)2.1 (C)2.4 (D)2.7 (E)3.0 $M\Omega$ 。



$$Z_i = ((1K \times 51) + 2K) \times 51 \cong 2.7M\Omega$$

如圖達靈頓連接，其電流增益的近似值為 (A)30 (B)60 (C)900 (D)1。



$$A_I \cong 30 \times 30 = 900$$

5. 分貝

(1) 功率增益 A_p

$$A_p(dB) = 10 \log \frac{P_o}{P_i} = 10 \log \frac{I_o^2 \cdot R_o}{I_i^2 \cdot R_i} = 10 \log \left(\frac{I_o}{I_i} \right)^2 \cdot \frac{R_o}{R_i} = 20 \log \frac{I_o}{I_i} + 10 \log \frac{R_o}{R_i}$$

$$A_p(dB) = 10 \log \frac{P_o}{P_i} = 10 \log \frac{\frac{V_o^2}{R_o}}{\frac{V_i^2}{R_i}} = 10 \log \left(\frac{V_o}{V_i} \right)^2 \cdot \frac{R_o}{R_i} = 20 \log \frac{V_o}{V_i} + 10 \log \frac{R_o}{R_i}$$

若 $R_o = R_i \Rightarrow A_p(dB) = 20 \log \frac{I_o}{I_i} = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$

◎ 例題解說：

設有一放大器之輸入功率為 100mW，輸出功率為 10W，則其功率增益為多少分貝？ (A)40Db (B)20dB (C)30dB (D)10dB。	$dB = 10 \log \frac{10W}{100mW} = 20dB$
有一放大器之輸入電壓為 20mV，輸出電壓為 2V，則電壓增益為 (A)20dB (B)80dB (C)100dB (D)60dB (E)40dB。	$dB = 20 \log \frac{2V}{20mV} = 40dB$
一放大器之輸入阻抗為 100kΩ，負載為 10Ω，電壓增益為 100，則此放大器的功率增益為 (A)20dB (B)40dB (C)60dB (D)80dB。	$dB = 20 \log 100 + 10 \log \frac{100 K\Omega}{10\Omega} = 80dB$

(2) dBm

在 600Ω 上消耗 1mW 稱為 0dBm，其兩端電壓為 0.775V，則

$$x dBm = 10 \log \frac{P_x}{1mW} \Big|_{600\Omega} = 20 \log \frac{V_x}{0.775} + 10 \log \frac{600}{R_x}$$

(3) 總功率增益

$$A_{VT}(dB) = A_{V1}(dB) + A_{V2}(dB) + \dots + A_{Vn}(dB)$$

$$A_{IT}(dB) = A_{I1}(dB) + A_{I2}(dB) + \dots + A_{Im}(dB)$$

◎ 例題解說：

兩級放大器串接，第一級放大器之電壓增益為 20dB，第二級放大器之電壓增益為 40dB，若在第一級放大器輸入端加入峰值($V_{i,max}$)為 1μV 的輸入信號，則在第二級放大器輸出端之輸出信號的峰值($V_{o,max}$)為多少？ (A)4mV (B)3mV (C)2mV (D)1mV	$V_{o,max} = 1\mu V \times 10 \times 100 = 1mV$
--	---

6. 頻率響應

$$A_{VT} = A_{V1} \cdot A_{V2} \cdots A_{Vn} = (A_{Vn})^n = \frac{1}{\left(1 + j \frac{f_1}{f}\right)^n}$$

$$\text{-3dB處} \frac{1}{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{f_1}{f}\right)^2}\right)^n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow f'_L = \frac{f_L}{\sqrt{2^{1/n} - 1}}, f'_H = \sqrt{2^{1/n} - 1} \cdot f_H$$

n	$\sqrt{2^{1/n} - 1}$
1	1
2	0.64
3	0.51
4	0.43
5	0.39

◎ 例題解說：

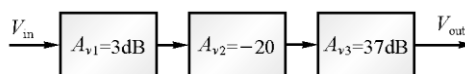
二個串級放大電路，若每一個的頻寬為 10kHz，則整體的頻寬為 (A)6.4kHz (B)64kHz (C)15.6kHz (D)156kHz。	$B.W. = 0.64 \times 10 \text{ KHz} = 6.4 \text{ KHz}$
設有一相同三級的串接放大器，每一個別級的低端截止頻率 $f_1=40\text{Hz}$ ，試求全級的低端截止頻率為多少 Hz？ (A)78.4Hz (B)65.2Hz (C)52.6Hz (D)40Hz。	$\frac{40 \text{ Hz}}{0.51} = 78.4 \text{ Hz}$
若將兩個具有相同高頻響應的單級電晶體放大器，串接成兩級放大器，則其高頻 3dB 頻率將約為原來單級的 (A) $\sqrt{2}$ (B) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (C) $\frac{1}{2}$ (D) $\sqrt{\sqrt{2}-1}$ 倍。	$f'_H = f_H \times \sqrt{2^{1/2} - 1}$



歷屆試題精選

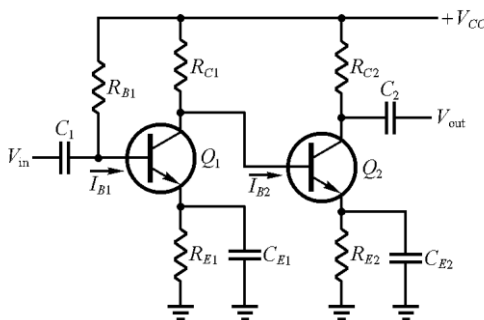
- () 1. 如圖所示，一個三級串接的放大器，若輸入電壓 V_{in} 為 $2 \mu\text{V}$ ，請問輸出電壓 V_{out} = ?
 (A) $V_{out} = -4\text{mV}$ (B) $V_{out} = 4\text{mV}$ (C) $V_{out} = -3.2\text{mV}$ (D) $V_{out} = 20\mu\text{V}$ 。

【93 四技二專】



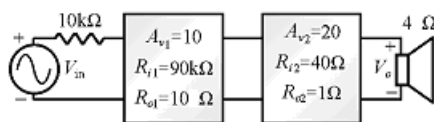
- () 2. 如圖所示，一個兩級串接直接耦合放大器，其中 $V_{CC}=10.7\text{V}$ 、 $R_{B1}=100\text{K}\Omega$ 、 $R_{C1}=1\text{K}\Omega$ 、 $R_{E1}=1\text{K}\Omega$ 、 $R_{C2}=0.5\text{K}\Omega$ 、 $R_{E2}=1\text{K}\Omega$ ，假設電晶體 Q_1 、 Q_2 之共射極電流增益分別為 99、48，且 Q_1 、 Q_2 之 BE 接面的切入電壓均為 0.7V，計算此電路之直流偏壓，請問 I_{B1} 、 I_{B2} 分別為多少？ (A) $I_{B1}=0.05\text{mA}$ 、 $I_{B2}=0.101\text{mA}$ (B) $I_{B1}=0.05\text{mA}$ 、 $I_{B2}=10\text{mA}$ (C) $I_{B1}=0.1\text{mA}$ 、

$I_{B2}=0.101\text{mA}$ (D) $I_{B1}=0.1\text{mA}$ 、 $I_{B2}=10\text{mA}$ 。



- () 3. 如下圖所示之 A_v 、 R_i 、 R_o 分別代表各級放大器之電壓增益、輸入及輸出阻抗，試問整個電路的電壓增益 V_o/V_{in} 約為：(A)98 (B)115 (C)144 (D)200。

【92 四技二專】

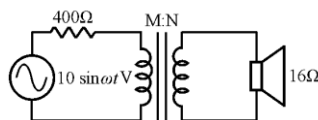


- () 4. 已知有一個多級放大器，其輸入電阻為 $1\text{k}\Omega$ ，而負載為 9Ω ，當輸入電壓為 100V 時，其輸出電壓為 30V ，求其功率增益為多少 dB？(A)10 (B)20 (C)30 (D)40。

【91 四技二專】

- () 5. 若調整下圖中變壓器初級與次級線圈之圈數比，可讓揚聲器獲得最大之功率，則此最大功率為：(A)4.62 mW (B)9.25 mW (C)31.25 mW (D)62.5 mW。

【92 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. 有一組三級串級放大電路，其電壓增益分別為：第一級 $A_{v1}=50$ ，第二級 $A_{v2}=40$ ，第三級 $A_{v3}=20$ ，若第一級的輸入電壓 V_i 為 $10\mu\text{V}$ ，則第三級輸出壓 V_o 為何？(A)400V (B)40V (C)4V (D)0.4V (E)0.04V。

【86 四技電子】

- () 8. 有三級串接放大器，各級的電壓增益為 50、80 及 250，則總分貝電壓增益為 (A)100dB (B)120dB (C)140dB (D)160dB。 【87 電子保甄】

- () 9. 兩級放大器串接，第一級放大器之電壓增益為 20dB，第二級放大器之電壓增益為 40dB，若在第一級放大器輸入端加入峰值 ($V_{i,\text{max}}$) 為 $1\mu\text{V}$ 的輸入信號，則在第二級放大器輸出端之輸出信號的峰值 ($V_{o,\text{max}}$) 為多少？(A)4mV (B)3 mV (C)2mV (D)1mV。 【90 年四

【技電子-統一入學測驗】

- () 10. 四級串接放大器中，各級的電壓增益為 10，則總電壓增益為 (A)120 (B)100 (C)80 (D)140 分貝。

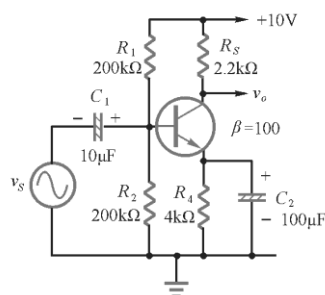
【88 電子保甄】

- () 11. 若有一個三級的串級放大電路，已知 $A_{V1} = -40$ ， $A_{V2} = -50$ ， $A_{V3} = -30$ ，且 $A_{i1} = 20$ ， $A_{i2} = -20$ ， $A_{i3} = 10$ ，試求電路總功率增益為多少？ (A) 1.2×10^8 (B) -1.2×10^8 (C) -2.4×10^8 (D) 2.4×10^8 。 【89 四技保甄電子】

- () 12. 若將兩個具有相同高頻響應之單級共源極場效電晶體放大器，串接成兩級放大器，則其高頻 3dB 頻率約為原來單級的 (A) $\sqrt{2}$ 倍 (B) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍 (C) $\frac{1}{2}$ 倍 (D) $\sqrt{\sqrt{2}-1}$ 倍。

【87 電機保甄】

- () 13. 如圖所示者之電路，與 $C_2=100\mu\text{F}$ 比較，若 C_2 改使用 $10\mu\text{F}$ ，則該電路 (A)低頻 3dB 截止頻率變低 (B)低頻 3dB 截止頻率變高 (C)低頻 3dB 截止頻率不變 (D)小訊號中頻增益變大。 【85 保甄電子】



- () 14. 電晶體放大器之低頻響應主要是由下列何種因素決定？ (A)電路雜散電容 (B)交連電容 (C)電晶體的接合電容 (D)電晶體的 h_{fe} 。

【76 二專聯招】 【83 夜二專南電子(一)】 【87 四技電子】

- () 15. 兩個完全相同的揚聲器同時響時，其音量比單獨一個揚聲器響時，高出多少分貝(dB)？ (A)3 (B)5 (C)6 (D)9。 【77 二專聯招】 【88 電子保甄】

- () 16. 若有一電阻衰減器將 100mW 的輸入功率降至 10mW 的輸出功率，則該衰減器分貝損失為 (A)-2dB (B)-4dB (C)-6dB (D)-10dB。

【88 四技電機】

- () 17. 某共射極放大器的電流增益為 100，電壓增益為 1000，若輸出阻抗為 $10\text{k}\Omega$ ，則輸入阻抗為 (A) $10\text{k}\Omega$ (B) $100\text{k}\Omega$ (C) $1\text{k}\Omega$ (D) $1\text{M}\Omega$ 。

【88 電子保甄】

- () 18. 一放大器之輸入阻抗為 $100\text{k}\Omega$ ，負載為 10Ω ，電壓增益為 100，則此放大器的功率增益為 (A)20dB (B)40dB (C)60dB (D)80dB。

【89 四技聯招電機】

- () 19. 一功率放大器的輸入功率為 1W，若其功率增益為 20dB，則此放大器的輸出功率為 (A)10W (B)20W (C)100W (D)200W。

【87 中區夜二專電機】 【89 四技保甄電機】

- () 20. 某放大器之功率增益為 1000 倍，以分貝值表示時為多少分貝？ (A)3 (B)6 (C)30

(D)60 (E)300。 【85 四技電機】 【88 四技推甄】

- () 21. 設有一放大器之輸入功率為 100mW，而其輸出功率為 10W，求其功率增益為多少分貝？
 (A)100dB (B)40dB (C)20dB (D)10dB。

【85 南電子夜二專】 【86 二專聯招】 【88 四技電子】

- () 22. 一放大器輸入 1mV 而產生 1V 輸出，此放大器電壓增益為： (A)60dB (B)40dB (C)20dB
 (D)6dB (E)1000dB。 【88 中區夜二專電子】

【89 四技推甄電機】 【89 四技推甄電子】

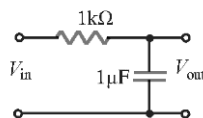
- () 23. 有一電晶體放大器的電壓增益為 60dB，則其電壓放大倍數為多少？ (A)10000 倍
 (B)1000 倍 (C)100 倍 (D)10 倍。 【82 夜二專電機北區】

【82 夜二專電子北區】 【88 四技推甄】

- () 24. 一放大器的 -3dB 頻率為 20Hz 及 15kHz，設其工作於標準測試頻率(1kHz)時的輸出為 20W，求其工作於 20Hz 和 15kHz 時的輸出功率為 (A)5W (B)10W (C)14.14W
 (D)20W。 【87 電機保甄】

- () 25. 所謂半功率點，是指電壓增益衰減為中頻增益之 (A)1 倍 (B) $\frac{1}{2}$ 倍 (C) $\sqrt{2}$ 倍 (D) $\frac{\sqrt{2}}{2}$
 倍。 【89 四技推甄電機】 【89 北區夜二專電子】

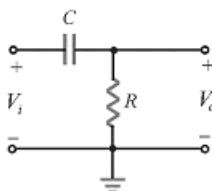
- () 26. 選用信號產生器的正弦波，固定其振幅，但變動其頻率作為如圖之輸入信號 V_{in} 。請問 V_{in} 在下列那一個頻率時， V_{out} 在示波器上呈現的峰對峰值最大？ (A)100kHz (B)5kHz
 (C)10kHz (D)100Hz。 【87 四技電機】



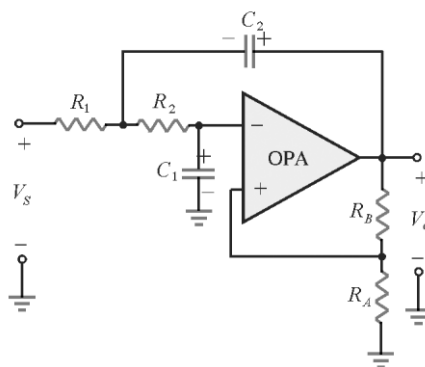
- () 27. 有一濾波器其電壓增益為 $A_v(\omega) = \frac{j\omega RC}{1+j\omega RC}$ ，試問此為何種濾波器 (A)低通 (B)高通 (C)
 帶通 (D)帶拒。 【88 四技電子】

- () 28. 如圖所示電路，下列敘述何者不正確？ (A)為一高通濾波網路 (B)在頻率無限大時相位
 移為 0 度 (C)可當作微分器使用 (D)為一輸出電壓相位落後網路。

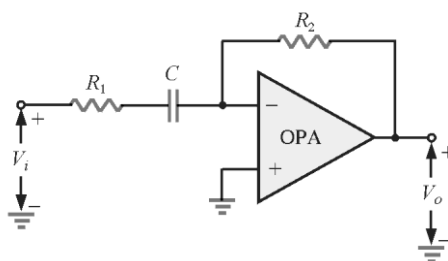
【90 年四技電子-入學測驗】



- () 29. 如圖所示電路，為那一種濾波器？ (A)低通濾波器 (B)高通濾波器 (C)帶通濾波器
 (D)帶拒濾波器。 【90 年四技電子-統一入學測驗】



- () 30. 如圖所示為一階的高通濾波器，圖中 OPA 為理想運算放大器。今欲設計此一濾波器達到下列的規格：高頻增益 40dB，負 3dB 的頻率為 1000Hz，則相關的元件值為： (A) $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 1000\text{k}\Omega$ ， $C = 0.159\mu\text{F}$ (B) $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 100\text{k}\Omega$ ， $C = 1\mu\text{F}$ (C) $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 100\text{k}\Omega$ ， $C = 0.159\mu\text{F}$ (D) $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 500\text{k}\Omega$ ， $C = 1\mu\text{F}$ 。 【88 二技電子學】

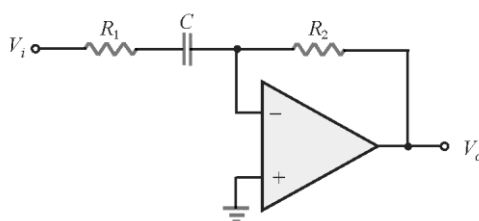


- () 31. 同上題，若輸入電壓 V_i 為峰值 1V 的正弦波，則在以下何種頻率時，輸出電壓 V_o 與輸入電壓 V_i 的振幅會相同： (A) 1Hz (B) 10Hz (C) 100Hz (D) 1000Hz。

【88 二技電子學】

- () 32. 如圖為一階高通主動濾波器， $C = 1\mu\text{F}$ ， $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 1\text{k}\Omega$ ，其增益 $A_v = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$ 之 3dB 頻率為 $\omega_{3\text{dB}}$ (A) 100 rad/s (B) 500 rad/s (C) 1000 rad/s (D) 5000 rad/s。

【89 四技保甄電子】



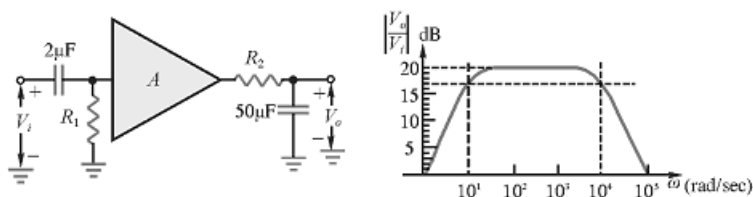
- () 33. 有關於主動濾波器及被動濾波器下列何者為誤？ (A) 主動濾波器一般採主動元件搭配被動元件一起設計 (B) 被動濾波器不包含主動元件 (C) 主動濾波器特別適用於低頻圍應用 (D) 被動低通濾波器所需的電感值小，且便宜。

【87 電子保甄】

- () 34. 下左圖電路中，A 是理想電壓放大器，A 的電壓增益為 K ($K > 0$)，此電路之增益波德圖 (Bode plot) 如下右圖所示，則圖 4 中的電阻 R_1 及 R_2 分別為 (A) $R_1 = 50\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 2\text{k}\Omega$ (B)

$R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 200M\Omega$ (C) $R_2 = 2k\Omega$, $R_2 = 50k\Omega$ (D) $R_2 = 200M\Omega$, $R_2 = 5\Omega$ 。

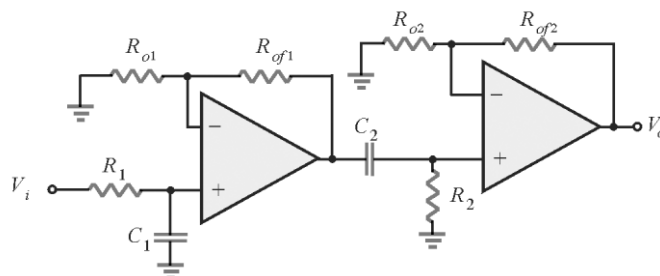
【87 二技電子學】



() 35. 如圖所示電路為帶通濾波器，假設理想 OPA， $R_1C_1 < R_2C_2$ ，試求其頻帶寬度 BW 為何？

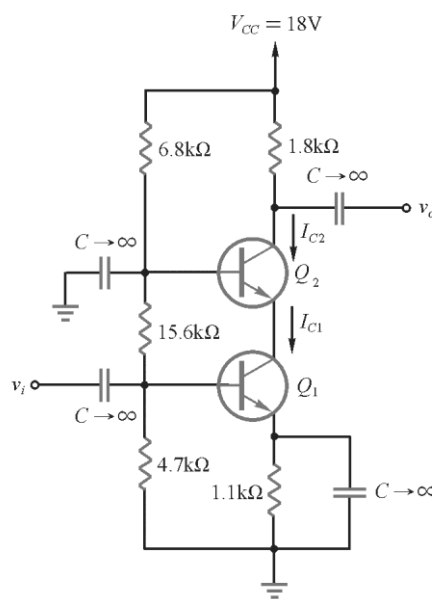
- (A) $\frac{1}{2\pi R_1 C_1}$ (B) $\frac{1}{2\pi R_2 C_2}$ (C) $\frac{1}{2\pi R_1 C_1} - \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$ (D) $\frac{1}{2\pi R_1 C_1} + \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$ 。

【89 四技聯招電子】



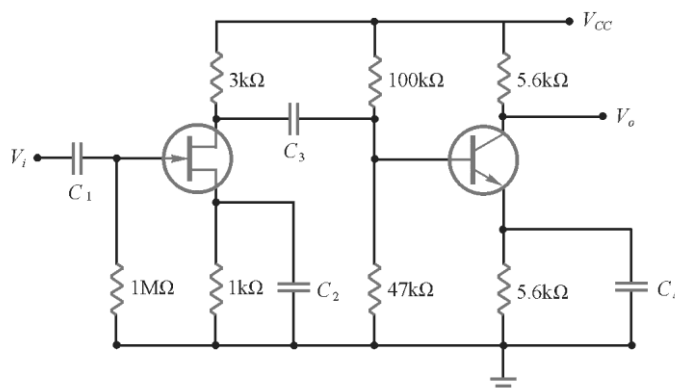
() 36. 圖為串疊放大器(dascode amplifier)，圖中 Q_1 及 Q_2 之 β 值均為 200。試求 (I_{C1}, I_{C2})
 (A)(3mA, 6mA) (B)(3.8mA, 3.8mA) (C)(2mA, 2mA) (D)(6mA, 3mA)。

【87 二技電子電路】



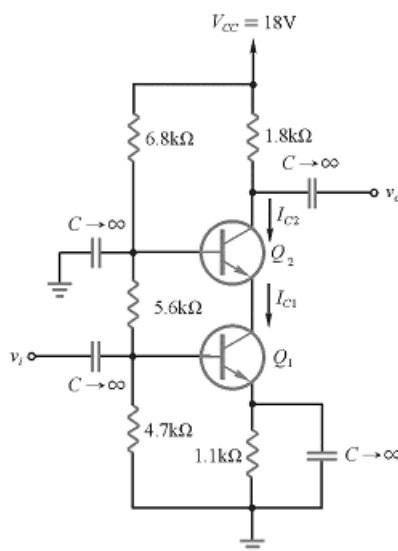
() 37. 圖為一放大電路，FET 之 $g_m = 5mS$ ，電晶體之 $h_{ie} = 2k\Omega$ 及 $h_{fe} = 100$ ，試求整個電路之電壓增益 $A_V = V_o/V_i$ ？ (A)1619 (B)1000 (C)4200 (D)3153。

【86 二技電子電路】



- () 38. 圖為串疊放大器(dascode amplifier)，圖中 Q_1 及 Q_2 之 β 值均為 200。試求 (I_{C1}, I_{C2})
 (A)(3mA, 6mA) (B)(3.8mA, 3.8mA) (C)(2mA, 2mA) (D)(6mA, 3mA)。

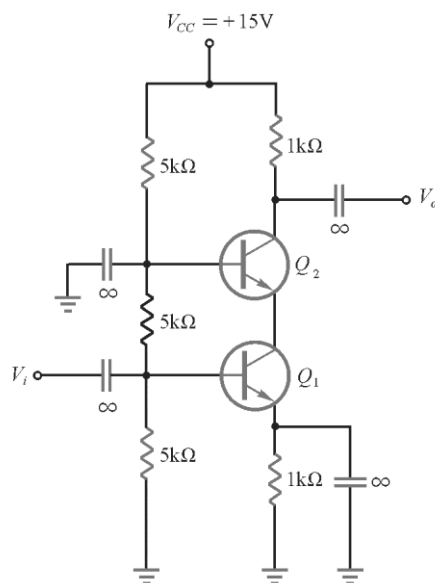
【87 二技電子電路】



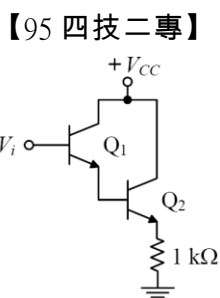
- () 39. 承上題，試求此放大器的電壓增益 $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ (A)180 (B) - 265 (C)265 (D) - 180。

【87 二技電子電路】

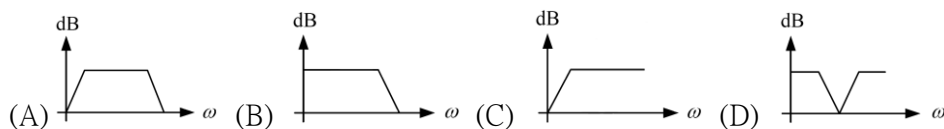
- () 40. 如圖所示電路，假設 Q_1, Q_2 電晶體之參數完全相同，且電晶體之基極電流可忽略不計，試求電路之小訊號電壓增益 $A_v = v_o / v_i$ 約為何？ (A) - 165 (B) + 133 (C) - 101 (D) + 89。 【90 年四技電子-統一入學測驗】



- () 41. 下列多級放大器耦合類別中，低頻響應最佳的為何者？(A) 電阻電容耦合 (B) 變壓器耦合 (C) 電感耦合 (D) 直接耦合 【94 四技二專】
- () 42. 已知一放大電路電壓增益 A_v 為 100，電流增益 A_i 為 10，則其功率增益 A_p (dB) 為多少？(A) 10 dB (B) 30 dB (C) 60 dB (D) 1000 dB 【94 四技二專】
- () 43. 下列多級放大器耦合類別中，阻抗匹配良好、轉移功率效率高的為何者？(A) 電阻電容耦合 (B) 變壓器耦合 (C) 電感耦合 (D) 直接耦合 【94 四技二專補考】
- () 44. 已知一放大電路將 1 mV 信號放大至 1 V，則其電壓增益 A_v (dB) 為多少？(A) 10 dB (B) 30 dB (C) 60 dB (D) 1000 dB 【94 四技二專補考】
- () 45. 如圖所示之達靈頓 (Darlington) 電路，下列敘述何者錯誤？(A) Q_1 與 Q_2 之連接屬於直接耦合 (B) 輸入阻抗極高 (C) 輸出阻抗極低 (D) 電流增益約為 1



- () 46. 下列何者最能代表變壓器耦合放大器電路的增益 - 頻率響應圖？



【95 四技二專】

歷屆試題解答

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

$$1. A_v = 3dB + 37dB = 40dB = 100 \text{ 倍} \quad V_{out} = 2\mu V \times -20 \times 100 = -4mV$$

$$2. I_{B1} = \frac{10.7V - 0.7V}{100K + 100K} = 0.05mA$$

$$I_{B2} = \frac{10.7V - 0.7V - (99 \times 0.05mA) \times 1K}{1K + 49K} = 0.101mA$$

$$3. A_{VT} = \frac{90K\Omega}{10K\Omega + 90K\Omega} \times 10 \times \frac{40}{10 + 40} \times 20 \times \frac{4\Omega}{1\Omega + 4\Omega} = 115.2$$

$$4. A_p(dB) = 10 \log \frac{\frac{30^2}{100^2}}{1K} = 10dB$$

$$5. P_{max} = \frac{\left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2}{400} = 31.25mW$$

$$6. 0.707 \times 100 = 70.7$$

$$7. (1) A_{VT} = A_{V1} \times A_{V2} \times A_{V3} = 50 \times 40 \times 20 = 4 \times 10^4 \text{ 倍}$$

$$(2) V_o = V_i \times A_{VT} = 10\mu V \times 4 \times 10^4 = 0.4V$$

$$8. (1) A_{VT} = 50 \times 80 \times 250 = 10^6 \text{ 倍}$$

$$(2) dB_T = 20 \log A_{VT} = 120 \text{ dB}$$

$$9. (1) dB_T = dB_1 + dB_2 = 20dB + 40dB = 60dB$$

$$\Rightarrow A_{VT} = 1000 \text{ 倍}$$

$$(2) v_{o2} = A_{VT} \times v_{i1} = 1000 \text{ 倍} \times 1 \mu V = 1mV$$

$$10. 20 \log 10^4 = 80dB$$

$$11. A_v = -40 \times -50 \times -30 \times 20 \times -20 \times 10 = 2.4 \times 10^8$$

$$12. f'_H = f_H \times \sqrt{2^2 - 1}$$

$$13. (1) f_L(\text{原來}) \Rightarrow f_L = \frac{1}{2\pi \times r_e \times C_2} = \left[\frac{1}{2\pi \times r_e} \right] \times \frac{1}{100\mu}$$

$$(2) f_L(\text{後來}) \Rightarrow f_L = \frac{1}{2\pi r_e \times C'_2} = \left[\frac{1}{2\pi \times r_e} \right] \times \frac{1}{10\mu}$$

$$(3) f_L(\text{後來}) = 10 \times f_L(\text{原來}) \Rightarrow f_L(\text{後來}) \text{ 變大} \Rightarrow \text{變差了。}$$

14. 電晶體放大器之低頻響應主要是由交連電容、旁路電容及隔離電容決定

15. 揚聲器 (喇叭) 之響度 \Rightarrow 用“功率”單位計算 \Rightarrow 功率分貝 $10 \log \frac{2P_1}{P_1} = 3dB$

$$16. 10 \log \frac{P_o}{P_i} = 10 \log \frac{10mW}{100mW} = -10dB$$

$$17. \text{電壓增益} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_o \times R_o}{I_i \times R_i} \Rightarrow \frac{1000}{1} = \left(\frac{100}{1}\right) \times \frac{10k\Omega}{R_i} \Rightarrow R_i = 1k\Omega$$

$$18. \text{NdB} = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1} = 20 \cdot \log \frac{V_2}{V_1} + 10 \cdot \log \frac{R_1}{R_2}$$

$$= 20 \cdot \log 100 + 10 \cdot \log \frac{100k\Omega}{10\Omega} = 40\text{dB} + 40\text{dB} = 80\text{dB}$$

$$19. 1\text{W} \times 100 = 100\text{W}$$

$$20. 10 \log 1000 = 30\text{dB}$$

$$21. 10 \log \frac{10\text{W}}{100\text{mW}} = 20\text{dB}$$

$$22. 20 \log \frac{1\text{V}}{1\text{mV}} = 60\text{dB}$$

$$23. 10^{\frac{60}{20}} = 1000$$

$$24. \frac{1}{2} \times 20\text{W} = 10\text{W}$$

25. 半功率點，是指電壓增益衰減為中頻增益之 0.707 倍

$$26. v_o = v_i \times \frac{-jX_c}{1k\Omega - jX_c} = V_i \times \frac{1}{1 + j \frac{f_i}{f_H}}$$

當 f 越低， X_c 越大 \Rightarrow 越全通 $\Rightarrow v_o \doteq v_u$ ，不被衰減。

$$27. (1) A_v = \frac{\omega RC}{1 + j\omega RC} = \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} \Rightarrow V_o \text{ 取自電阻器 } R \Rightarrow \text{高通濾波。}$$

或解

$$(2) A_v = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{-j \frac{1}{\omega RC} + 1} = \frac{1}{1 - j \frac{f_L}{f_i}} \Rightarrow \text{高通方程式。}$$

28. 為一輸出電壓相位超前網路

29. 為二階低通濾波器

$$30. (1) 40\text{dB} = 100 \text{ 倍} \Rightarrow R_1: R_2 = 1 : 100$$

$$(2) f_L = \frac{1}{2\pi R_1 C} \Rightarrow 1000\text{Hz} = \frac{1}{6.28 \times R_1 \times C} = \frac{1}{6.28 \times 1k \times C} \Rightarrow C = 0.159 \mu\text{F}$$

$$31. \text{低頻衰減方程式} = \frac{A_M}{1 - j \frac{f_L}{f}} = \frac{-100}{1 - j \frac{100\text{Hz}}{f}} = -1 \text{ 倍} \Rightarrow V_o \text{ 與 } V_i \text{ 振幅相同} \Rightarrow \text{分母必須為}$$

$$100 \sqrt{1^2 + \left(\frac{1000}{f}\right)^2} = 100 \Rightarrow f = 10\text{Hz}$$

$$32. (1) \frac{V_o}{V_i} = \text{平坦放大} \times \text{濾低方程式} = \left[-\frac{R_2}{R_1}\right] \times \left[\frac{R_1}{R_1 - jX_c}\right]$$

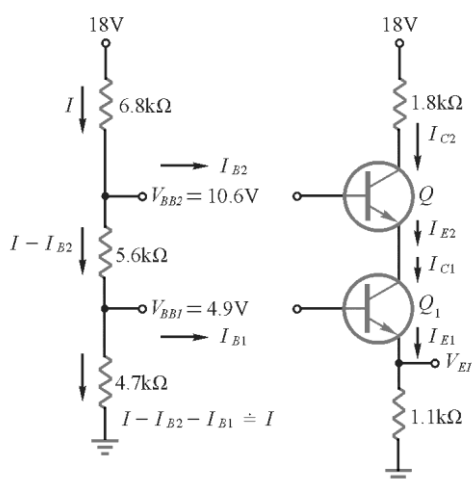
$$(2) \omega_L = \frac{1}{R_1 C} = \frac{1}{1k\Omega \times 1\mu} = 10^3 \text{ rad/sec}$$

33. 被動低通濾波器所需的電感值大

34. (1) $2\mu\text{F}$ 與 $R_1 \Rightarrow$ 微分電路 \Rightarrow 高通, 濾低 $\Rightarrow f_L = \frac{1}{2\pi R_1 \times C} \Rightarrow \omega_L = 10^1 = \frac{1}{R_1 \times 2\mu\text{F}} \Rightarrow R_1 = 50\text{k}\Omega$
 (2) R_2 與 $50\text{nF} \Rightarrow$ 積分電路 \Rightarrow 低通, 濾高 $\Rightarrow f_H = \frac{1}{2\pi R_2 \times C} \Rightarrow \omega_H = 10^4 = \frac{1}{R_2 \times 50\text{nF}} \Rightarrow R_2 = 2\text{k}\Omega$

35.
$$\text{B.W.} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} - \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

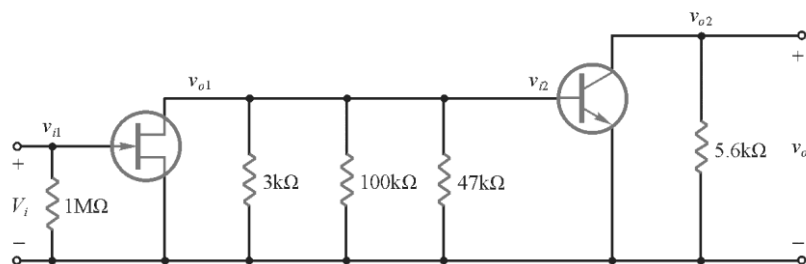
36. (1) $V_{BB1} = 4.9\text{V}$
 $\Rightarrow V_{E1} = 4.9\text{V} - 0.7 = 4.2\text{V}$
 $\Rightarrow I_{E1} = \frac{4.2\text{V}}{1.1\text{k}} = 3.8\text{mA}$
 $\Rightarrow I_{C1} = I_{E1} = 3.8\text{mA}$
 (2) $I_{C2} = I_{C1} = 3.8\text{mA}$



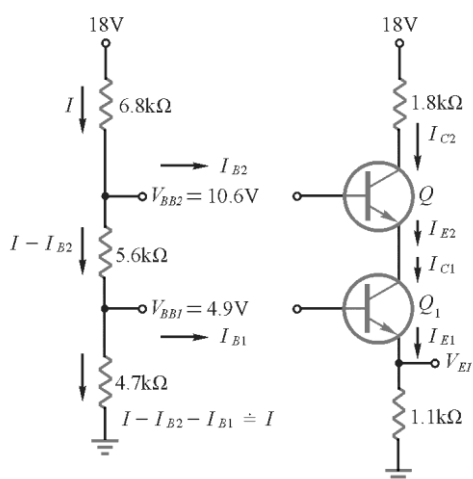
37.
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{o1}}{V_{i1}} \times \frac{V_{i2}}{V_{o1}} \times \frac{V_{o2}}{V_{i2}}$$

$$= [-g_m \times (r_d // 3\text{k} // 100\text{k} // 47\text{k} // h_{ie})] \times 1 \times \left[-\beta \times \frac{R_C}{h_{ie}} \right]$$

$$= [-5\text{m} \times 1.2\text{k}] \times [-100 \times 2.8] = 1680 \text{ 倍}$$



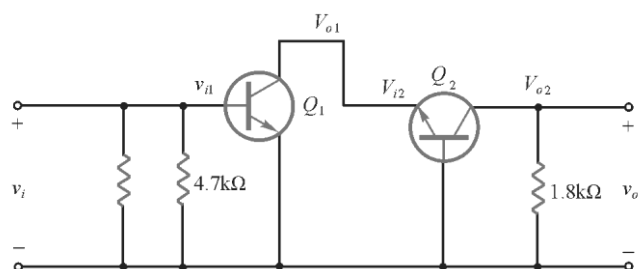
38. (1) $V_{BB1} = 4.9\text{V}$
 $\Rightarrow V_{E1} = 4.9\text{V} - 0.7 = 4.2\text{V}$
 $\Rightarrow I_{E1} = \frac{4.2\text{V}}{1.1\text{k}} = 3.8\text{mA}$
 $\Rightarrow I_{C1} = I_{E1} = 3.8\text{mA}$
 (2) $I_{C2} = I_{C1} = 3.8\text{mA}$



39. (1) $r_{\pi 1} = \beta_1 \times \frac{V_T}{I_{E1}} = 200 \times \frac{25\text{m}}{3.8\text{mA}} = 1.32\text{k}\Omega$

(2) $r_{e2} = \frac{V_T}{I_{E2}} = \frac{25\text{mV}}{3.8\text{mA}} = 6.58\text{k}\Omega$

(3) $\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{o1}}{V_{i1}} \times \frac{V_{i2}}{V_{o1}} \times \frac{V_{o2}}{V_{i2}}$
 $= \left[-\beta \times \frac{r_{e1}}{r_{\pi 1}} \right] \times 1 \times \left[+\alpha \times \frac{R_{C2}}{r_{e2}} \right]$
 $= [-1] \times 1 \times \left[\frac{1800\Omega}{6.58\Omega} \right] = -273.6 \text{ 倍}$



40. (1) 純直流分析：3 個 5kΩ 電阻器可視成 3 段分壓。

(2) $V_{E1} = 5\text{V} - 0.7\text{V} = 4.3\text{V}$

(3) $I_{E1} = \frac{V_{E1}}{R_{E1}} = \frac{4.3\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 4.3\text{mA}$

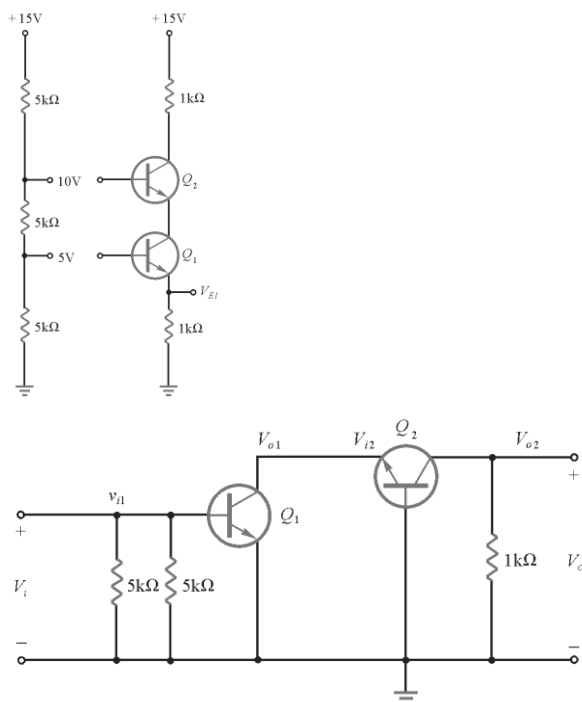
(4) $r_e = \frac{V_T}{I_{E1}} = \frac{26\text{mV}}{4.3\text{mA}} = 6.05\Omega$

(5) 純交流分析： $Q_1 = \text{CE}$, $Q_2 = \text{CB}$ 串級放大， $A_v = A_{v1} \times A_{v2}$ 必為倒相放大 \Rightarrow (B)(D) 先淘汰。

$Q_2 = \frac{V_{o2}}{V_{i2}} = \frac{i_{C2} \times R_c}{i_{e2} \times r_{e2}} \square \frac{R_c}{r_e} = \frac{1000\Omega}{6.05\Omega} = 165.3 \text{ 倍}$

$$Q_2 = \frac{V_{o1}}{V_{i1}} = \frac{-i_{C1} \times r_{e2}}{i_{b1} \times h_{ie1}} = \frac{-\beta \times r_{e2}}{h_{ie1}} = \frac{-\beta \times \frac{V_T}{I_{E1}}}{\frac{V_T}{I_{B1}}} \doteq -1$$

$$A_{V_T} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{o1}}{V_{i1}} \times \frac{V_{o2}}{V_{i2}} = (-1) \times (165.3) = -165.3 \text{ 倍}$$



41. 多級放大器耦合類別中，直接耦合低頻響應最佳，可做為直流放大器

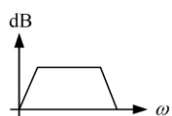
42. $A_p = A_v \times A_f = 100 \times 10 = 1000$

$$A_p (dB) = 10 \log A_p = 10 \log 1000 = 30dB$$

43. 多級放大器耦合類別中，變壓器耦合阻抗匹配良好、轉移功率效率高

44. $A_v (dB) = 20 \log \frac{1V}{1mV} = 60dB$

45. 變壓器耦合放大器電路的增益在高低頻時均會衰減



46. 達靈頓 (Darlington) 電路特點

連接屬於直接耦合，輸入阻抗極高，輸出阻抗極低，電流增益約為 $h_{fe1} \times h_{fe2}$