

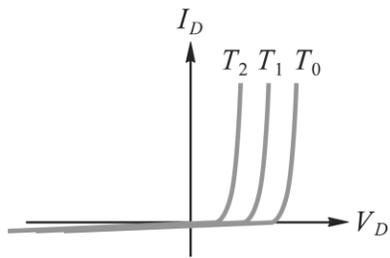
一、選擇題 (第 1~32 題，每題 3 分；第 33 題 4 分)

- ( ) 1. 有一矽半導體在溫度  $T = 300^\circ\text{K}$  下，本質載子濃度  $n_i$  為  $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ ，若摻雜五價的雜質，且雜質濃度為  $10^{16} \text{cm}^{-3}$ ，此時電洞濃度為  $p$ ，電子濃度為  $n$ ，則  $p+n$  約為 (A)  $10^8 \text{cm}^{-3}$  (B)  $10^{16} \text{cm}^{-3}$  (C)  $5 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$  (D)  $5 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$

- ( ) 2. 下列關於價電子與自由電子的敘述，何者錯誤？  
 (A) 價電子位於原子核最外層軌道 (B) 價電子脫離原來的軌道所留下之空缺，稱為電洞 (C) 價電子成為自由電子會釋放熱能 (D) 自由電子位於傳導帶

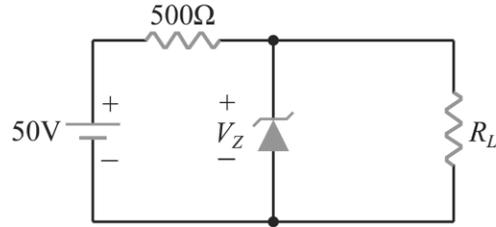
- ( ) 3. 下列有關 PN 接面二極體(PN junction diode) 特性之敘述，何者正確？  
 (A) 在 P 型矽(P-type silicon)區域沒有電子存在 (B) 當矽的摻雜濃度越高時，其接面內建電壓(built-in voltage)的值越小 (C) 空乏區(depletion region)的寬度隨著逆向偏壓的絕對值之增加而減少 (D) 以接面處為起點空乏區的寬度，摻入雜濃度較低的一邊會比較寬

- ( ) 4. 如圖為一典型二極體(diode)之電流( $I_D$ )對電壓( $V_D$ )在三種不同溫度下之特性曲線，試問下列何者正確？



- (A)  $T_2 > T_0 > T_1$  (B)  $T_1 > T_0 > T_2$   
 (C)  $T_0 > T_1 > T_2$  (D)  $T_2 > T_1 > T_0$
- ( ) 5. 下列有關一般二極體特性的敘述，何者有誤？  
 (A) PN 接面的電容值會隨反向偏壓之絕對值的增加而變大 (B) 在反向偏壓區工作時，反向電流約為很小的定值 (C) 在順向偏壓區工作時，電流會隨著順向電壓的增加而呈指數性的上升 (D) 在崩潰區工作時，些許的反向電壓增加會使反向電流迅速增加

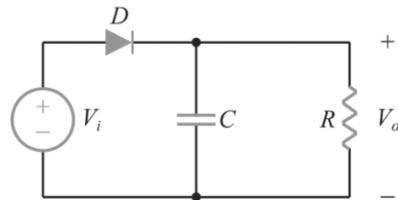
- ( ) 6. 如圖所示之電路，稽納(Zener)二極體之  $V_Z = 10\text{V}$ ，最大額定功率為  $400\text{mW}$ ，若負載電阻  $R_L$  兩端電壓要維持在  $10\text{V}$ ，則  $R_L$  之範圍為何？



- (A)  $200\Omega \sim 450\Omega$  (B)  $350\Omega \sim 550\Omega$   
 (C)  $125\Omega \sim 250\Omega$  (D)  $450\Omega \sim 1200\Omega$

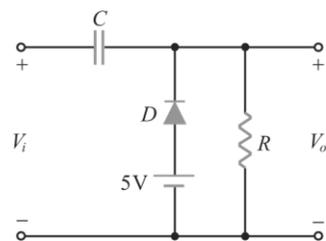
- ( ) 7. 家用的交流電源  $110\text{V}$ 、 $60\text{Hz}$ ，經半波整流，但未濾波，則此整流後電壓的平均值約為 (A)  $55\text{V}$  (B)  $40\text{V}$  (C)  $35\text{V}$  (D)  $50\text{V}$

- ( ) 8. 如圖所示之電路中， $V_i$  為  $60\text{Hz}$  正弦波信號，其均方根值(root-mean-square value)為  $110\text{V}$ ， $D$  為理想二極體， $R = 1\text{k}\Omega$ ， $C = 1000\mu\text{F}$ ，下列敘述何者有誤？



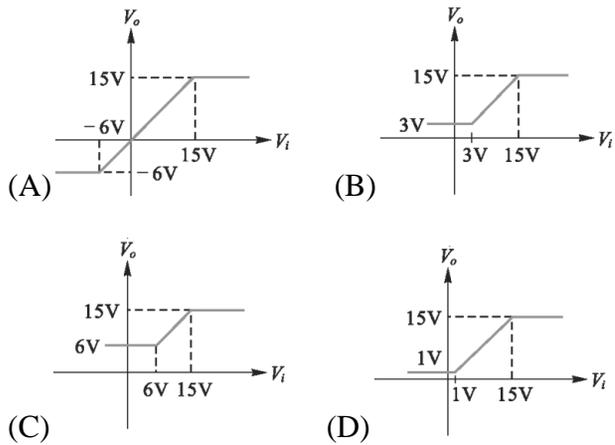
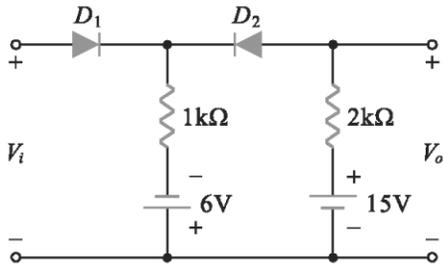
- (A)  $V_o$  為一含漣波(ripple)成份的直流電壓 (B) 降低電容值可減少漣波的大小 (C)  $V_o$  的最大值約為  $156\text{V}$  (D) 該漣波的振幅約為  $2.6\text{V}$

- ( ) 9. 如圖所示之電路， $D$  為理想二極體，若  $V_i = 10 \sin 2000\pi t + 2\text{V}$ ，則輸出電壓  $V_o$  為何？



- (A)  $10 \sin 2000\pi t - 3\text{V}$  (B)  $10 \sin 2000\pi t + 15\text{V}$   
 (C)  $10 \sin 2000\pi t + 5\text{V}$  (D)  $10 \sin 2000\pi t + 7\text{V}$

- ( ) 10. 如下圖之電路，二極體為理想二極體，則輸入-輸出曲線，下列何者正確？

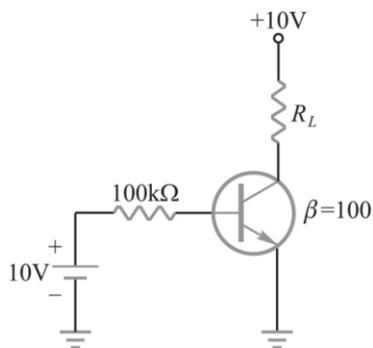


- ( ) 11. 電晶體偏壓時，若將集極與射極對調，使得基極對射極接面為逆向偏壓，而基極對集極接面為順向偏壓，則下列有關電晶體的敘述，何者正確？  
 (A) 耐壓及增益皆提高 (B) 耐壓及增益皆降低  
 (C) 耐壓提高，增益降低 (D) 耐壓降低，增益提高

- ( ) 12. 對一般雙極性接面電晶體(BJT)而言，要明顯提高其共射極電流增益(common emitter current gain)，下述何種措施是正確的？  
 (A) 基極重摻雜 (B) 基極寬度變薄  
 (C) 射極輕摻雜 (D) 集極重摻雜

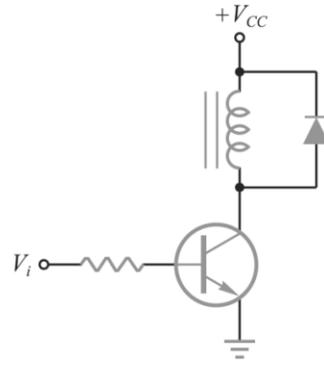
- ( ) 13. 若量測電路中的 PNP 型雙極性接面電晶體，得知其射極接地，基極電壓為 0.7V，集極電壓為 -3V，請問電晶體操作在哪個區域？  
 (A) 順向主動區 (B) 逆向主動區 (C) 飽和區 (D) 截止區

- ( ) 14. 如圖所示之電路，電晶體導通時  $V_{BE} = 0.7V$ ，飽和時  $V_{CE} = 0.2V$ ，欲使電晶體工作於飽和區，則  $R_L$  最小值約為何？



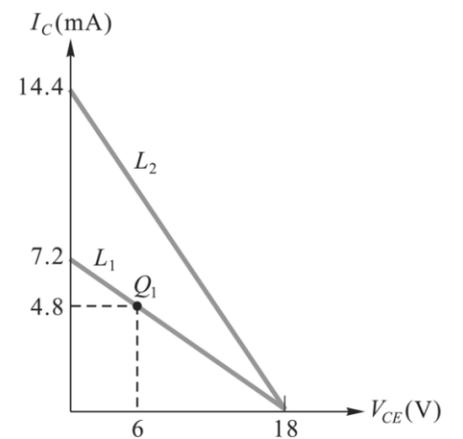
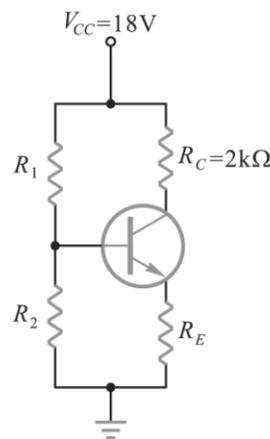
- (A) 1.05kΩ (B) 8.27kΩ (C) 6.34kΩ (D) 4.82kΩ

- ( ) 15. 如圖所示，使用電晶體控制繼電器時，二極體之作用為何？



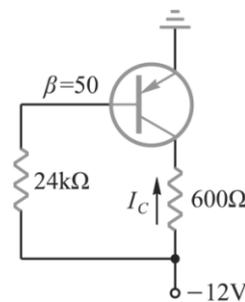
- (A) 箝位波形 (B) 保護電晶體  
 (C) 整流波形 (D) 加速電晶體之工作速度

- ( ) 16. 如圖所示之電路， $\beta = 120$  假設  $L_1$  為原先之直流負載線(load line)， $Q_1$  為原先之直流工作點若只改變  $R_C$  值，欲使得直流負載線由  $L_1$  變成  $L_2$ ，試問  $R_C$  值需變為下列何值？



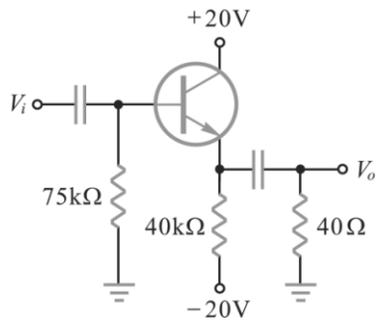
- (A) 1.25kΩ (B) 1.00kΩ (C) 0.50kΩ (D) 0.75kΩ

- ( ) 17. 如圖電路中之 PNP 電晶體，導通時的  $V_{EB} = 0.7V$ ，而飽和時之  $V_{EC} = 0.2V$ ，試求集極電流  $I_C$  的值為何？



- (A) -23.54mA (B) -19.67mA  
 (C) -17.43mA (D) -21.08mA

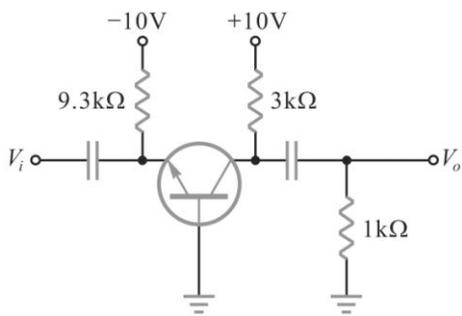
- ( ) 18. 如圖所示之電路，電晶體  $\beta = 100$ ， $V_{BE} \approx 0V$ ，熱電壓  $V_T = 25mV$ ，則  $V_{CE}$  之值約為何？



- (A) 18V (B) 20V (C) 16V (D) 22V

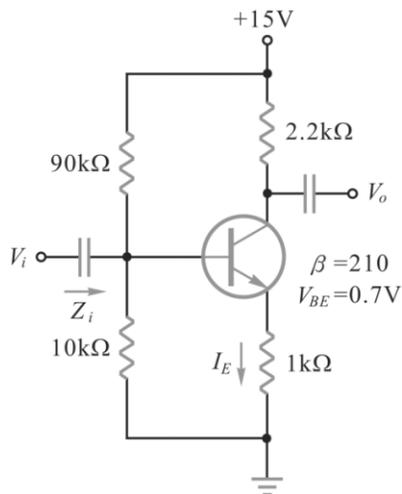
- ( ) 19. 如圖所示之電路，電晶體  $\beta = 50$ ，切入電壓

$V_{BE} = 0.7V$ ，則集射極電壓  $V_{CE}$  為何？



- (A) 6.8V (B) 5.3V (C) 7.8V (D) 9.1V

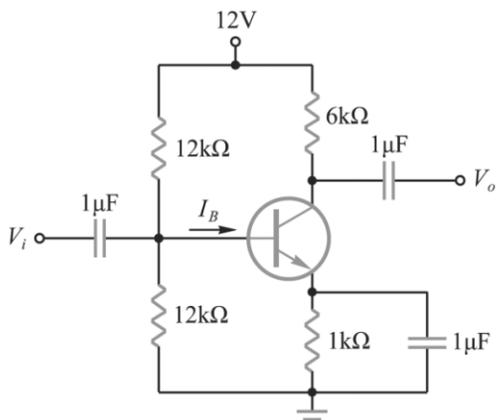
- ( ) 20. 如圖所示之電路，電路的輸入阻抗  $Z_i = ?$



- (A) 10kΩ (B) 8.63kΩ  
(C) 205kΩ (D) 100.5kΩ

- ( ) 21. 如圖電路中，電晶體之  $\beta = 100$ ，其輸入為小訊號

輸入，則電壓增益  $V_o / V_i$  約為

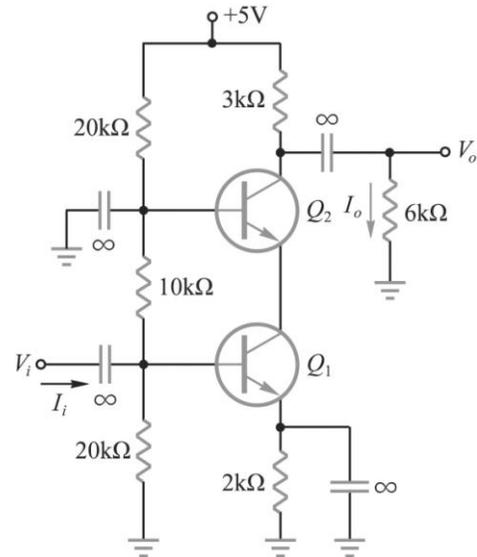


- (A) 0 (B) 50 (C) -25 (D) -50

- ( ) 22. 如圖所示電路，設電晶體之  $\beta = 100$ ，導通之

$V_{BE} \approx 0.7V$ ， $V_T = 26mV$ ， $r_o$  可忽略不計，試求其電

流增益  $I_o / I_i$  值為何？



- (A) +21 (B) -11 (C) -21 (D) +11

- ( ) 23. 一共射極放大器的輸入端及輸出端均有耦合電容，經交流分析得出此放大器的電壓增益為 100，若輸入

電壓為  $1 + \sin(5000t)mV$ ，且無失真下，下列何者為

輸出電壓？

- (A)  $-100 \sin(5000t)mV$   
(B)  $100 + 100 \sin(5000t)mV$   
(C)  $-1 - 100 \sin(5000t)mV$   
(D)  $-100 - 100 \sin(5000t)mV$

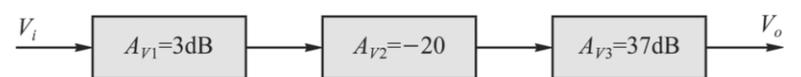
- ( ) 24. 在使用信號產生器時，若按下  $-40dB$  的振幅衰減按

鍵，則輸出電壓的振幅為未按下此鍵時的幾倍？

- (A) 1/20 (B) 1/40 (C) 1/100 (D) 1/10

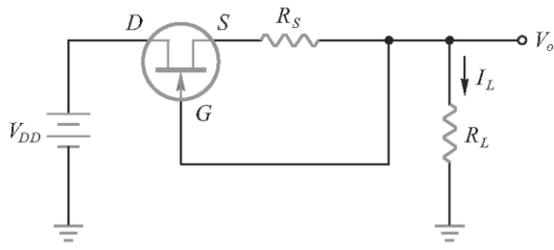
- ( ) 25. 如圖所示，一個三級串接的放大器，若輸入電壓  $V_i$

為  $2\mu V$ ，請問輸出電壓  $V_o = ?$



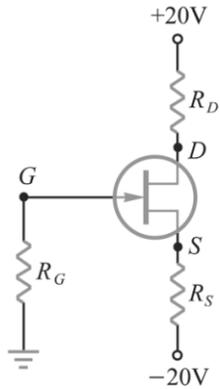
- (A)  $V_o = 4mV$  (B)  $V_o = -3.2mV$   
(C)  $V_o = -4mV$  (D)  $V_o = 20\mu V$

- ( ) 26. 如圖所示為場效電晶體電路，若場效電晶體工作於飽和區，則電路具有何種功能？



- (A) 輸出定電流 (B) 開關控制  
(C) 電流放大 (D) 倍壓

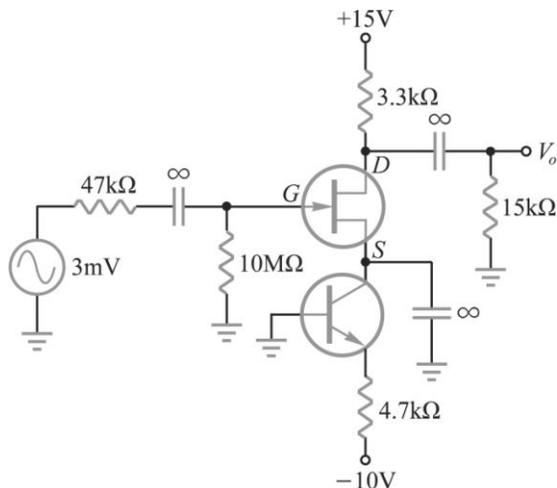
- ( ) 27. 如圖所示之電路，已知 JFET 之  $I_{DSS} = 4\text{mA}$ ，夾止電壓  $V_P = -4\text{V}$ ， $V_{GS} = -2\text{V}$ ，若 JFET 工作於飽和區，則  $R_S$  約為何？



- (A) 15.56 kΩ (B) 12.2 kΩ (C) 22 kΩ (D) 25 kΩ

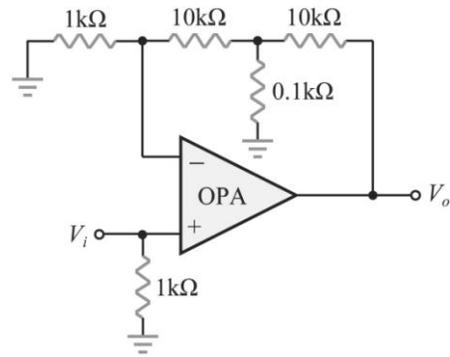
- ( ) 28. 增強型 MOSFET 的結構因素會造成臨界電壓  $V_T$  值的變化，請問以下何者對其影響最大？  
(A) 半導體層的厚度 (B) 二氧化矽的厚度 (C) 金屬導電層厚度 (D) 金屬導電層的材質

- ( ) 29. 如圖之放大電路，其中 FET 之  $1/g_m = 500$ ，而雙極性電晶體的  $\beta = 200$ ，且當其導通時  $V_{BE} = 0.7\text{V}$ ，試求此電路之交流輸出電壓  $V_o$  為：



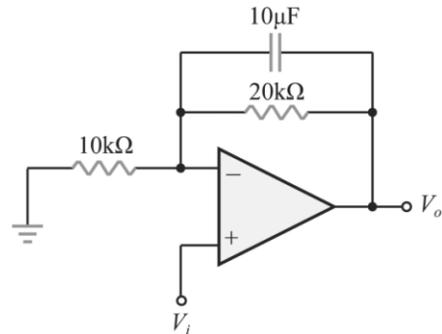
- (A) 18.3mV (B) 16.2mV (C) 14.1mV (D) 20.4mV

- ( ) 30. 如圖所示之理想運算放大器電路，其電壓增益  $V_o/V_i$  之值為何？



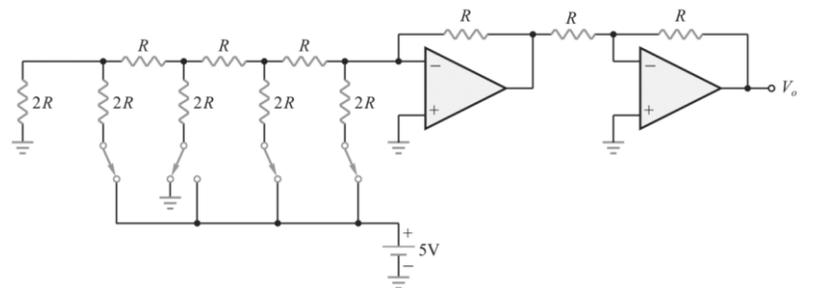
- (A) 1321 (B) 1121 (C) 821 (D) 621

- ( ) 31. 如圖所示之理想運算放大器電路，其高頻電壓增益約為何？



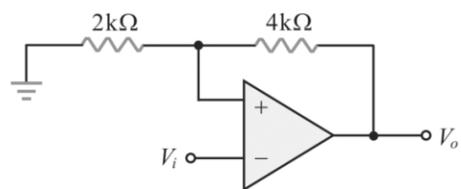
- (A) -10dB (B) -20dB (C) -15dB (D) 0dB

- ( ) 32. 一個 D/A 轉換器如圖所示，試求此電路目前的輸出電壓值  $V_o$  為多少？



- (A) 65/8V (B) 65/16V (C) 55/8V (D) 55/16V

- ( ) 33. 如圖所示之電路，若  $V_i = 4\sin 2000\pi t + 2\text{V}$ ，則輸出電壓？



- (A)  $12\sin 2000\pi t + 6\text{V}$  (B)  $-8\sin 2000\pi t - 4\text{V}$   
(C) -15V (D) -15V 或 +15V

一、選擇題 (第 1~32 題，每題 3 分；第 33 題 4 分)

- 01.(B)、02.(C)、03.(D)、04.(D)、05.(A)、06.(C)、07.(D)、08.(B)、09.(B)、10.(D)、  
 11.(B)、12.(B)、13.(D)、14.(A)、15.(B)、16.(D)、17.(B)、18.(B)、19.(C)、20.(B)、  
 21.(A)、22.(C)、23.(A)、24.(C)、25.(C)、26.(A)、27.(C)、28.(B)、29.(B)、30.(B)、  
 31.(D)、32.(B)、33.(C)

解析：

一、選擇題：

1.(1)只加五價→N 型

$$\rightarrow N_D \doteq n = 10^{16} \text{ 個電子/cm}^3$$

(2)  $n \times p = n_i^2$

$$\rightarrow p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{(5 \times 10^{12})^2}{10^{16}} = 2.5 \times 10^9 \text{ 個電洞/cm}^3$$

(3)  $p + n = 2.5 \times 10^9 + 10^{16} \doteq 10^{16} \text{ 個/cm}^3$

2.釋放之前要吸熱

3.  $W_p \cdot N_A = W_n \cdot N_D$ ，空乏區之厚度(Width)與本身之摻雜濃度成反比；即濃度越低，空乏區越厚

$$6.(1) I_{Z_{max}} \leq \frac{400mW}{V_Z} = 40mA$$

$$(2) V_{ZL} \geq V_Z \Rightarrow 50V \times \frac{R_{Zmin}}{500\Omega + R_{Zmin}} \geq 10V$$

$$\Rightarrow R_{Zmin} \geq 125\Omega$$

$$(3) I_{500\Omega} = \frac{50V - V_Z}{500\Omega} = \frac{50V - 10V}{500\Omega} = 80mA$$

$$\Rightarrow I_{500\Omega} = I_Z + I_{ZL}$$

$$\Rightarrow I_{Zmin} \geq 80mA - 40mA = 40mA$$

$$\Rightarrow R_{Zmax} \leq \frac{10V}{40mA} = 250\Omega$$

(4)  $\therefore R_Z$  介於  $250\Omega \sim 125\Omega$  之內

$$7. 110 \rightarrow 110\sqrt{2} \rightarrow 110\sqrt{2} \times \frac{1}{\pi}$$

交流有效值 → 最大值 → 半波平均值  
 $= 110 \times 0.45 = 49.5V$

$$8.(1) V_{r(P-P)} = \frac{1}{C} \times I_m \times T = \frac{1}{C} \times \frac{V_m}{R_L} \times T$$

$$= \frac{1}{1000\mu F} \times \frac{100\sqrt{2}}{1k\Omega} \times \frac{1}{60} = 2.592V$$

$$(2) V_m = 110\sqrt{2} = 155.5V$$

$$9.(1) V_i = \pm 10 + 2V = -8 \sim +12V$$

(2)二極體向上  $\Rightarrow V_i$  帶 -8V

$$(3) V_C \text{ 充電} = (8V + 5V) = 13V(-, +)$$

$$(4) V_o = V_C + V_i = 13V + (10 \sin 2000\pi t + 2V) = 15V + 10 \sin(2000\pi t)$$

選(D)

$$V_o = \frac{\frac{-6}{1k} + \frac{+15}{2k}}{\frac{1}{1k} + \frac{1}{2k}} = +1V$$

10.當  $V_i = 0$  時  $D_1$  OFF,  $D_2$  ON，過點 (0,1)，選(C)

11.肇因於摻雜濃度與製造面積不同之故

12.射極濃度增加與基極寬度減少，都可以增加  $\beta$  值

$$14.(1) I_{Em} = \frac{10V - 0.7V - 0.7V}{R_L}$$

$$(2) I_{Emin} = \frac{10V - 0.7V}{100k\Omega} = 93\mu A$$

$$(3) \quad I_{Bmin} \times \beta > I_{C(sat)} \Rightarrow 93\mu A \times 100 > \frac{9.8}{R_L}$$

$$\Rightarrow R_L > 1.054k\Omega$$

$$16.(1) \quad I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = 7.2mA = \frac{18V}{2k + R_E}$$

$$\Rightarrow R_E = 0.5k\Omega$$

$$(2) \quad I'_{C(sat)} = 14.4mA = \frac{18V}{0.5k\Omega + R'_C}$$

$$\Rightarrow R'_C = 0.75k\Omega$$

$$17.(1) \quad I_{C(sat)} = \frac{12V - 0.2V}{R_C} = 19.67mA$$

$$(2) \quad I_B = \frac{12V - V_{BE}}{R_B} = \frac{11.3V}{24k\Omega} = 0.471mA$$

$$(3) \text{check: } I_B \times \beta = 0.471mA \times 50 = 23.541mA$$

(4) 由於  $I_B \times \beta > I_{C(sat)} \Rightarrow$  BJT 在飽和區，

$$I_C = I_{C(sat)} = 19.67mA$$

$$18.(1) \quad R_{BB} < \frac{1}{10} (1 + \beta) R_E, \text{ “與 } \beta \text{ 無關” 有成立}$$

$$\Rightarrow R_{BB} = 75k\Omega, \text{ 可以忽略不計}$$

$$(2) \quad V_{EE} = I_B \times R_B + V_{BE} + I_E \times R_E$$

$$\Rightarrow 20V = 0 + 0 + I_E \times 40k\Omega$$

$$\Rightarrow I_E = 0.5mA$$

$$(3) \quad V_{CE} = 40V - I_E \times R_E = 40V - 0.5mA \times 40k\Omega = 20V$$

$$19.(1) \text{求 } I_E = \frac{10V - 0.7V}{9.3k\Omega} = 1mA$$

$$(2) \quad I_C = \alpha \times I_E = \frac{50}{51} \times 1mA = 0.98mA$$

$$(3) \quad V_C = V_{CC} - I_C \times R_C = 10V - 0.98mA \times 3k\Omega = 7.06V$$

$$(4) \quad V_{CE} = V_C - V_E = 7.06 - (-0.7) = 7.76V, \text{ 選 C}$$

21. 飽和狀態之 BJT 已不具任何放大能力(作用),  $A_V = 0$  倍

22.(1)

$$\frac{I_o}{I_i} = \frac{i_{b1}}{I_i} \times \frac{i_{c1}}{i_{b1}} \times \frac{i_{c2}}{i_{c1}} \times \frac{I_o}{i_{c2}} = \frac{\frac{20}{3}k\Omega}{\frac{20}{3}k\Omega + r_{\pi 1}} \times \beta_1 \times \frac{\beta_2}{1 + \beta_2}$$

$$\times \left( \frac{-R_{C2}}{R_{C2} + R_L} \right) = \frac{\frac{20}{3}}{\frac{20}{3} + 4} \times 100 \times \frac{100}{101} \times \left( -\frac{3}{3+6} \right) = -20.63$$

倍

$$(2) \text{其中 } r_{\pi 1} = \frac{V_T}{I_{B1}} \times (\beta_1 + 1) = \frac{26mV}{2V - 0.7} \times 101 = 4k\Omega$$

$$25.(1) \quad dB_1 + dB = 3dB + 37dB = 40dB = 100 \text{ 倍}$$

$$(2) \quad A_{VT} = A_{V1} \times A_{V2} \times A_{V3} = 100 \times (-20) = -2000 \text{ 倍}$$

$$(3) \quad V_o = V_{in} \times A_{VT} = 2\mu V \times (-2000 \text{ 倍}) = -4mV$$

$$27.(1) \quad I_{DS} = I_{DSS} \times \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = 4mA \times \left( 1 - \frac{-2V}{-4V} \right)^2 = 1mA$$

$$(2) \quad V_{GS} = V_G - V_S = -2V = 0V - V_S \Rightarrow V_S = +2V$$

$$(3) \quad R_S = \frac{2V - (-20V)}{I_{DS}} = \frac{22V}{1mA} = 22k\Omega$$

$$29.(1) \quad I_E = I_{DE} = \frac{10 - 0.7V}{4.7k} = 1.98mA, \text{ BJT 當作電流源}$$

$$(2) \quad g_m = \frac{1}{500\Omega} = 2m\Omega^{-1}$$

$$(3) \quad A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_E}{V_i} \times \frac{V_o}{V_E}$$

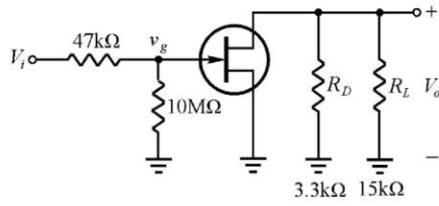
$$= \frac{10000}{47 + 10000} \times [-g_m // (r_o // R_o // R_L)]$$

$$= \frac{10000}{10047} \times [-2m \times (3.3k\Omega // 15k\Omega)]$$

$$= -5.385 \text{ 倍}$$

(4)  $V_o = V_i \times A_v = 3\text{mV} \times (-5.385\text{倍})$

$= -16.154\text{mV}$



30.(1) 假設  $V_i = +1\text{V}$ ，先不必考慮  $V_o$  正負飽和之限制

(2)  $V_i^- = V_i^+ = +1\text{V}$ ， $I_{1k\Omega} = \frac{1\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 1\text{mA}$

(3)  $V_{0.1k\Omega} = +11\text{V}$

(4)  $I_{0.1k\Omega} = \frac{+11\text{V}}{0.1\text{k}\Omega} = 110\text{mA}$

(5)  $I_{10k\Omega} = 110\text{mA} + 1\text{mA} = 111\text{mA}$

(6)  $V_o = I_{10k\Omega} \times 10\text{k}\Omega + V_{0.1k\Omega} = 11\text{mA} \times 10\text{k}\Omega + 11\text{V} = 1121\text{V}$

(7)  $A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1121\text{V}}{1\text{V}} = 1121$  倍

31.(1)  $A_v = 1 + \frac{20\text{k}\Omega // X_C}{10\text{k}\Omega}$

(2) 當頻時， $X_C = 0\Omega \Rightarrow A_v = 1 + \frac{20\text{k}\Omega // 0\Omega}{10\text{k}\Omega} = 1 + 0 = 1$  倍

(3)  $\text{NdB} = 20 \times \log A_v = 20 \times \log 1 = 0\text{dB}$

33.(1)  $V_i = \pm 4\text{V} + 2\text{V} = -2\text{V} \sim +6\text{V}$

(2)  $+6\text{V}$  有超出  $V_H^+ = 5\text{V}$ ，但  $-2\text{V}$  未超出  $V_H^- = -5\text{V}$ ，所以，

$V_o$  一直在  $-15\text{V}$ ，選(C)