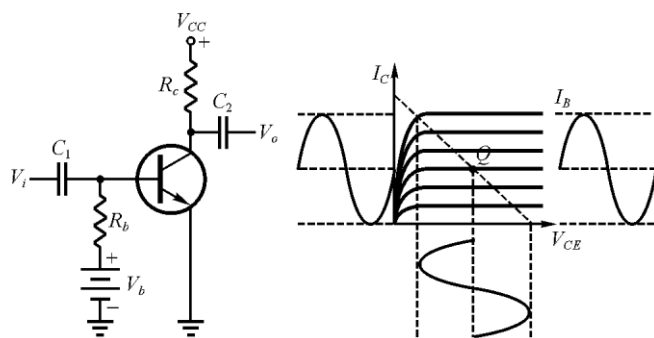


## 功率放大

### 重點整理

1. 小信號時電晶體視為線性元件，利用等效電路作交流分析，電晶體基本放大單元時探討
2. 大信號時電晶體視為非線性元件，利用作圖法分析，著重功率及效率問題
3.  $V_{be} > 2V_T$  視為大信號， $V_{be} < 2V_T$  視為小信號
4. 功率放大器依工作點之偏壓分為 A 類(甲類)、AB 類(甲乙類)、B 類(乙類)及 C 類(丙類)放大器
5. 串聯饋送 A 類(甲類)放大器：



$$P_{i(dc)} = V_{CC} \cdot I_{CQ}$$

$$P_{o(ac)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_m \times I_m}{2} = \frac{V_{rms}^2}{R_C} = \frac{V_m^2}{2R_C}$$

$$P_{o(dc)} = (V_{CC} - V_{CEQ}) \cdot I_{CQ}$$

$$P_C = P_{i(dc)} - P_{o(ac)} - P_{o(dc)} = V_{CEQ} I_{CQ} - \frac{V_m \times I_m}{2}$$

$$P_{o(ac)\max} = \frac{1}{2} \times \left( \frac{V_{CC}}{2} \right) \cdot I_{CQ} = \frac{V_{CC} \times I_{CQ}}{4}$$

$$P_{C(\max)} = V_{CEQ} \cdot I_{CQ} = \frac{V_{CC} \times I_{CQ}}{2} = 2 \times P_{o(ac)\max}$$

$$\eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{i(dc)}} = \frac{\frac{1}{2} \times V_m \times I_m}{V_{CC} \times I_{CQ}}$$

$$\eta_{\max} = \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} V_{CC} \times I_{CQ}}{V_{CC} \times I_{CQ}} = 25\%$$

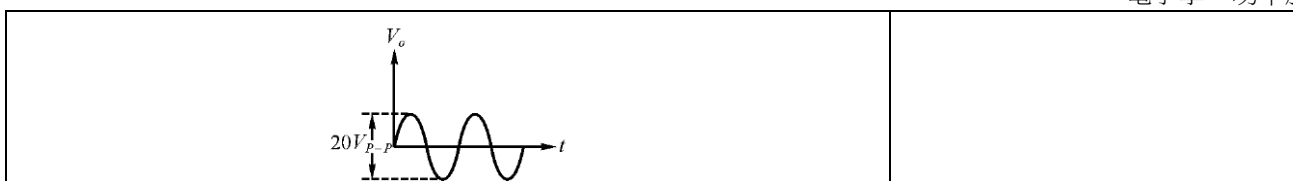
◎ 例題解說：

某 A 類放大器，若  $V_{CC}=20V$ ，負載  $R_L=10\Omega$ ，則此放大器最大輸出功率為何？ (A)2W (B)3W (C)4W (D)5W。

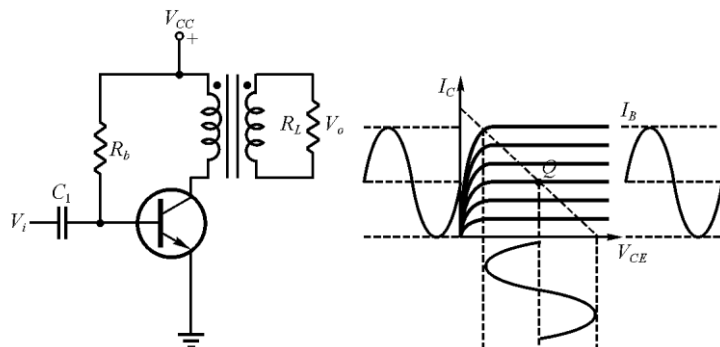
$$P_{o\max} = \frac{\left( \frac{10}{\sqrt{2}} \right)^2}{10} = 5W$$

一  $8\Omega$ 揚聲器上電壓波形  $V_o$  如圖所示，則其消耗功率為 (A)50W (B)25W (C)12.5W (D)6.25W (E)3.13W。

$$P_{o\max} = \frac{\left( \frac{10}{\sqrt{2}} \right)^2}{8} = 6.25W$$



6. 變壓器耦合 A 類(甲類)放大器 :



$$P_{i(dc)} = V_{CC} \cdot I_{CQ}$$

$$P_{o(ac)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_m \times I_m}{2} = \frac{V_{rms}^2}{R_C} = \frac{V_m^2}{2R_C}$$

$$P_{o(dc)} = 0$$

$$P_C = P_{i(dc)} - P_{o(ac)} = V_{CC} I_{CQ} - \frac{V_m \times I_m}{2}$$

$$P_{o(ac)max} = \frac{1}{2} \times V_{CC} \cdot I_{CQ} = \frac{V_{CC} \times I_{CQ}}{2}$$

$$P_{C(max)} = V_{CC} \cdot I_{CQ} = V_{CC} \times I_{CQ} = 2 \times P_{o(ac)max}$$

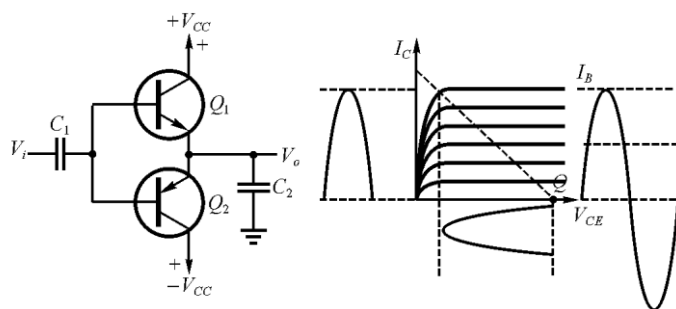
$$\eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{i(dc)}} = \frac{\frac{1}{2} \times V_m \times I_m}{V_{CC} \times I_{CQ}}$$

$$\eta_{max} = \frac{\frac{1}{2} \times V_{CC} \times I_{CQ}}{V_{CC} \times I_{CQ}} = 50\%$$

◎ 例題解說 :

<p>一電晶體輸出阻抗為 <math>50k\Omega</math>，欲採用變壓器匹配次級放大器，若次級輸入阻抗為 <math>2k\Omega</math>，則此變壓器之匝數比應為 (A)5 : 1 (B)10 : 1 (C)<math>\sqrt{50}</math> : 1 (D)15 : 1 (E)25 : 1。</p>	$a = \sqrt{\frac{50K\Omega}{2K\Omega}} = 5:1$
<p>在一變壓器耦合之 A 類功率放大中，若所加之電源電壓為 <math>V_{CC}</math>，則集極信號振幅最大可到 (A)<math>V_{CC}</math> (B)<math>2V_{CC}</math> (C)<math>3V_{CC}</math> (D)<math>\frac{3}{2}V_{CC}</math>。</p>	<p>變壓器耦合之 A 類功率放大中若所加之電源電壓為 <math>V_{CC}</math>，則集極信號振幅最大可到 <math>V_{CC}</math></p>
<p>在一變壓器耦合之 A 類功率放大中，若變壓器之初次級線圈比為 5 : 1，次級圈負載電阻為 <math>8\Omega</math>，<math>V_{CC}=30V</math>，工作點電流為 <math>150mA</math>，則此放大器最大輸出功率為 (A)1.25 (B)2.25 (C)4.5 (D)9 W。</p>	$P_o = \frac{\left(\frac{30}{\sqrt{2}}\right)^2}{200} = 2.25W, P_i = 30 \times 150 = 4.5W$ $\eta = \frac{2.25}{4.5} \times 100\% = 50\%$

7. B 類推挽(乙類)放大器：



$$P_{i(dc)} = V_{CC} \cdot I_{DC} = V_{CC} \times \frac{2}{\pi} \times I_m = \frac{2}{\pi} \times V_{CC} \times I_m$$

$$P_{o(ac)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_m \times I_m}{2} = \frac{V_{CC} \times I_m}{2}$$

$$P_{o(dc)} = 0$$

$$P_C = P_{i(dc)} - P_{o(ac)} = \frac{2}{\pi} \times V_{CC} \times I_m - \frac{V_m \times I_m}{2}$$

$$P_{o(ac)\max} = \frac{V_m \times I_m}{2} = \frac{V_{CC} \times I_m}{2}$$

$$P_{C(\max)} = \frac{2}{\pi^2} \times V_{CC} \times I_m \left[ P_{C(\max)} \text{發生 } V_m = V_{cc} \times \frac{2}{\pi} \right]$$

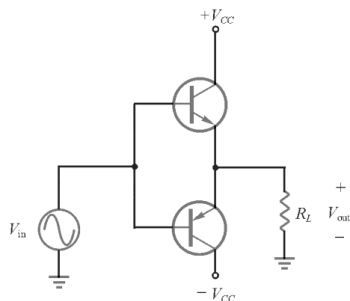
$$\Rightarrow P_{C(\max)} = 0.4 \times P_{o(\max)} \left[ \text{一顆電晶體 } 0.2 \times P_{o(\max)} \right]$$

$$\eta = \frac{P_{o(ac)}}{P_{i(dc)}} = \frac{\frac{1}{2} \times V_m \times I_m}{\frac{2}{\pi} \times V_{CC} \times I_m}$$

$$\eta_{\max} = \frac{\frac{1}{2} \times V_{CC} \times I_m}{\frac{2}{\pi} \times V_{CC} \times I_m} = 78.5\%$$

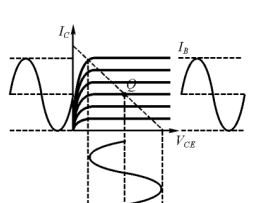
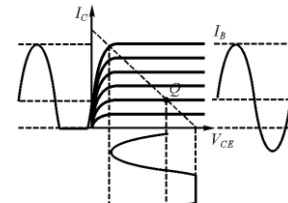
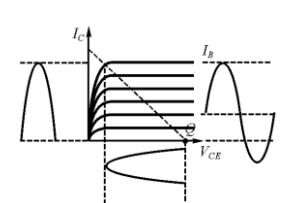
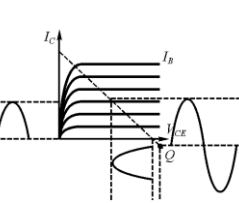
◎ 例題解說：

如圖之 B 類推挽放大電路中， $R_L=5\Omega$ ，若已知其最大輸出功率為 10W，則  $V_{CC}$  為多少？



$$P_{o\max} = \frac{\left(\frac{V_{cc}}{\sqrt{2}}\right)^2}{5} = 10W \Rightarrow V_{cc} = 10V$$

8. 功率放大器比較說明如下表：

	A 類(甲類)	AB 類(甲乙類)	B 類(乙類)	C 類(丙類)
偏壓工作點	 <p>負載線中心點</p>	 <p>截止點與中心點之間</p>	 <p>截止點</p>	 <p>截止點以下</p>
導通角度	360°	180°~360°	180°	小於 180°
效率	$\eta = 25\% \times \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max}}$ $= \left(\frac{V_m}{V_{CC}}\right)^2 \times 100\%$ $\eta = 50\% \times \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}}$ $= \frac{1}{2} \times \left(\frac{V_m}{V_{CC}}\right)^2 \times 100\%$ $V_{m(\max)} = V_{cc}$		$\eta = \frac{\pi}{4} \times \frac{V_{CC} - V_{\min}}{V_{CC}}$ $= 78.5\% \times \frac{V_m}{V_{CC}} \times 100\%$	
功率比值	$P_{i(dc)} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} = 4$ $P_{o(ac)} = 1$ $P_{o(dc)} = 2$ $P_{C(\max)} = 2$ $P_{i(dc)} = \frac{V_{CC}^2}{R_L} = 2$ $P_{o(ac)} = 1$ $P_{o(dc)} = 0$ $P_{C(\max)} = 2$		$P_{i(dc)} = \frac{2}{\pi} \times V_{CC} \times I_m$ $P_{o(\max)} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$ $P_{C(\max)} = 0.2P_{o(\max)}$ <p>單一顆電晶體</p>	

※ 放大器失真：C > B > AB > A，放大器效率：(D >) C > B > AB > A

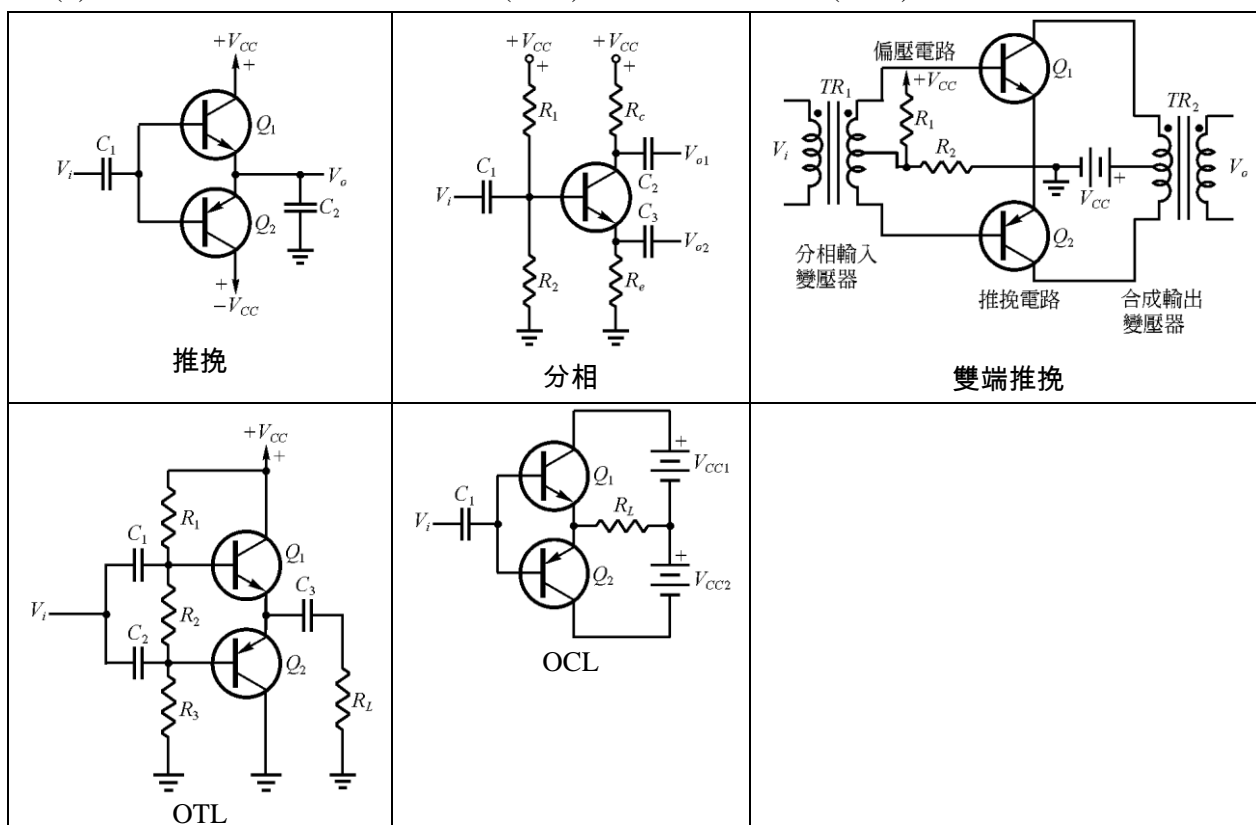
◎ 例題解說：

下列有關電晶體功率放大器之敘述，試問何者錯誤？ (A)失真最小，效率最低的是 A 類放大器 (B)B 類放大器將工作點定於轉換曲線的截止點上 (C)B 類推挽式放大器需考慮交叉失真的問題 (D)A 類放大器在靜態時不會消耗功率。	A 類放大器在靜態時會消耗功率
一般 OTL、OCL 功率放大電路，為了提升效率並降低交叉失真，大都採用 (A)A 類放大 (B)B 類放大 (C)AB 類放大	AB 類放大可提升效率並降低交叉失真

(D)C類放大。	
一 C 類放大器，輸入信號的頻率是 200kHz，如果電晶體僅導通 0.4μs，且放大器操作在整個負載線上，假設 $V_{CE(sat)}=0.2V$ ， $I_{C(sat)}=150mA$ ，試求平均功率損耗為多少？ (A)2.4mW (B)1.2mW (C)3.6mW (D)4.8mW (E)6mW。	$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{200KHz} = 5\mu s$ $P_C = \frac{0.4\mu s}{5\mu s} \times 0.2V \times 150mA = 2.4mW$ <p style="text-align: right;">A</p>

9. 推挽電路

- (1) 可消除輸出信號中的偶次諧波，輸出功率及效率較高
- (2) 輸入正半週 Q1 on、Q2 off 輸出電位被推高(PUSH UP)，輸入正半週 Q1 off、Q2 on 輸出電位被拉低(PUSH DOWN)
- (3) 分相電路：分相電路、變壓器分相及互補式電晶體
- (4) 依輸出變壓器之有無，分為雙端推挽(DEPP)及單端推挽(SEPP)
- (5) 單端推挽分為輸出沒有變壓器(OTL)及輸出沒有電容器(OCL)



◎ 例題解說：

如圖，當 $V_i$ 為正半週時，下列敘述何者為真？ (A) $Q_1$ 導電， $Q_2$ 導電， $Q_3$ 不導電， $V_0$ 為正 (B) $Q_1$ 導電， $Q_2$ 不導電， $Q_3$ 導電， $V_0$ 為負 (C) $Q_1$ 導電， $Q_2$ 導電， $Q_3$ 不導電， $V_0$ 為負 (D) $Q_1$ 不導電， $Q_2$ 導電， $Q_3$ 不導電， $V_0$ 為正 (E) $Q_1$ 不導電， $Q_2$ 不導電， $Q_3$ 導電， $V_0$ 為負。	$V_i$ 為正半週時 $Q_1$ 導電， $Q_2$ 不導電， $Q_3$ 導電， $V_0$ 為負
---	---

<p>如圖，若 <math>V_i</math> 為弦波，在不失真情況下，輸出於 <math>R_L=8\Omega</math> 之最大平均功率為 (A)50W (B)40W (C)25W (D)12.5W (E)6.25W。</p> <p>同上題，如圖在輸出最大平均功率至 <math>R_L</math> 時，消耗於 <math>Q_2</math> 之平均功率為 (A)25W (B)12.5W (C)6.8W (D)3.4W (E)2.2W。</p>	$P_{o\max} = \frac{\left(\frac{20}{\sqrt{2}}\right)^2}{8} = 25W$ $P_{idc} = 20 \times \frac{2 \times 20}{\pi \times 8} = 31.8W$ $P_{Q2} = \frac{31.8W - 25}{2} = 3.4W$
<p>A 類電阻串聯饋送式，若集極訊號電壓 <math>V_{\max}=12V</math>，<math>V_{\min}=2V</math>，則此放大器的效率為 (A)20.8 (B)25 (C)50 (D)100 %。</p>	<p>【sol】 <math>25\% \times \frac{12-2}{12} = 20.8\%</math></p>
<p>一 B 類推挽放大器，若 <math>V_{CC}=20V</math>，輸出變壓器每一端至中間抽頭與次級圈之圈數比為 5 : 1，負載電阻為 <math>8\Omega</math>，則每個電晶體集極最大散逸功率為 (A)0.8 (B)0.4 (C)0.2 (D)0.1 W。</p>	<p>【sol】 <math>0.2 \times \frac{\left(\frac{20}{\sqrt{2}}\right)^2}{8 \times 25} = 0.2W</math></p>
<p>有一 A 類電阻串聯饋送式放大器，若 <math>V_{CC}=12V</math>，負載電阻 <math>R_L=100\Omega</math>，此放大器的最大輸出功率為 (A)0.18W (B)1.44W (C)2.88W (D)14.4W。</p>	<p>【sol】 <math>\frac{\left(\frac{6}{\sqrt{2}}\right)^2}{100} = 0.18W</math></p>

10. 失真：

- (1) 波幅失真：諧波失真、非線性失真，波形產生失真。
- (2) 頻率失真：信號分量放大倍數不同。
- (3) 相位失真：延時失真，信號分量相移不一致。
- (4) 互調失真：結合失真，輸出信號包含有輸入頻率之和差分量。

說明：

若一放大器輸入信號  $V_i(t) = 2 \cos(3\omega t + 60^\circ) + 4 \sin(\omega t + 40^\circ)$

$V_o(t) = 4 \cos(3\omega t + 60^\circ) + 8 \sin(\omega t + 40^\circ) + 4 \sin(2\omega t + 40^\circ)$  稱為諧波失真

$V_o(t) = 4 \cos(3\omega t + 60^\circ) + 16 \sin(\omega t + 40^\circ)$  稱為頻率失真

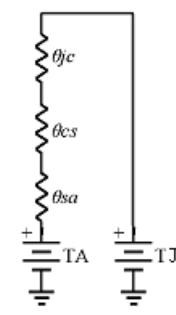
$V_o(t) = 4 \cos(3\omega t + 100^\circ) + 8 \sin(\omega t + 60^\circ)$  稱為相位失真

◎ 例題解說：

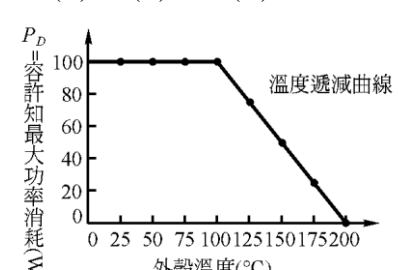
<p>若輸入信號為 <math>2\sin(30t)+4\sin(60t)</math>，而輸出為 <math>4\sin(30t)+5\sin(30t)+8\sin(60t)+7\sin(60t)</math>，則此放大器有 (A) 波幅失真 (B) 頻率失真 (C) 相位失真 (D) 延遲失真。</p>	<p>相同頻率信號先合併  <math>4\sin(30t)+5\sin(30t)+8\sin(60t)+7\sin(60t)=9\sin(30t)+15\sin(60t)</math>                  不同頻率放大倍數不同為頻率失真</p>
<p>有一放大器的信號主波為 1V，二次諧波為 30mV，三次諧波為 40mV(以上電壓值均為有效值)，若四次以上諧波失真可忽略，則此放大器的總諧波失真為 (A)0.01 (B)0.02 (C)0.05 (D)0.5。</p>	<p><math>D_2 = \frac{30mV}{1V} = 0.03, D_3 = \frac{40mV}{1V} = 0.04</math>  <math>D_T = \sqrt{D_2^2 + D_3^2} = \sqrt{0.03^2 + 0.04^2} = 0.05</math></p>
<p>一放大器輸出訊號之諧波總失真度為 0.5，則諧波信號之總功率輸出 <math>P_H</math> 與基本頻率的輸出功率 <math>P_1</math> 兩者間之關係為 (A)<math>P_H=0.5P_1</math> (B)<math>P_H=0.25P_1</math> (C)<math>P_H=1.5P_1</math> (D)<math>P_H=1.25P_1</math>。</p>	<p><math>P_H = P_1 \times (1 + D^2) = P_1 \times (1 + 0.5^2) = 1.25P_1</math></p>

11. 散熱：

$\theta_{JA}$  接面到周圍熱阻， $\theta_{JC}$  接面到外殼熱阻， $\theta_{CS}$  外殼到散熱座熱阻， $\theta_{SA}$  散熱座到周圍熱阻

	<p><math>T_J = P_D \theta_{JA} + T_A</math></p> <p>說明：                  有一功率電晶體，其接面最高溫度為 <math>90^\circ\text{C}</math>，接面至外殼熱阻為 <math>0.5^\circ\text{C}/\text{W}</math>，外殼至散熱器間熱阻為 <math>0.5^\circ\text{C}/\text{W}</math>，散熱器至空氣間熱阻為 <math>1^\circ\text{C}/\text{W}</math>，若周圍空氣溫度為 <math>40^\circ\text{C}</math>，則此功率電晶體散逸之最大功率為多少瓦特？</p> <p><math display="block">P_D = \frac{T_J - T_A}{\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA}} = \frac{90 - 40}{0.5 + 0.5 + 1} = 25W</math></p>
--	---

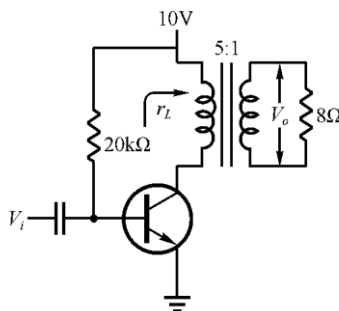
◎ 例題解說：

<p>某功率電晶體的功率遞減曲線如圖所示，則遞減因素(Derating Factor)為 (A)0.8 (B)1 (C)1.2 (D)0.5 <math>W/^\circ\text{C}</math>。</p> 	<p>遞減因素 = <math>\frac{100W - 0W}{200^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}} = 1W/^\circ\text{C}</math></p>
<p>有一功率電晶體，其接面最高溫度為 <math>100^\circ\text{C}</math>，接面至外殼之熱阻為 <math>1^\circ\text{C}/\text{W}</math>，外殼至散熱器間之熱阻為 <math>1.4^\circ\text{C}/\text{W}</math>，散熱器至空氣間之熱阻為 <math>0.6^\circ\text{C}/\text{W}</math>，若周圍空氣為 <math>25^\circ\text{C}</math>，則此功率電晶體散逸之最大功率為 (A)45W (B)30W (C)25W (D)20W。</p>	<p><math display="block">P_{D_{\max}} = \frac{(100 - 25)^\circ\text{C}}{(1 + 1.4 + 0.6)^\circ\text{C}/\text{W}} = 25W</math></p>

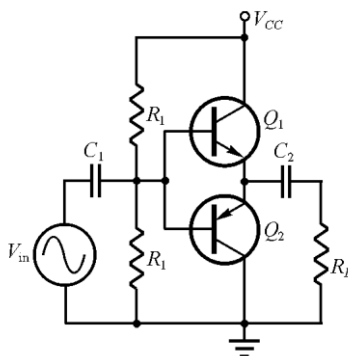


## 歷屆試題精選

- ( ) 1. 下列有關 A 類、B 類、AB 類及 C 類功率放大器特性的描述，何者錯誤？ (A)A 類放大器失真最小 (B)C 類放大器效率最高 (C)AB 類放大器可消除推挽電路的交叉失真 (D)B 類放大器不能做大功率放大。【93 四技二專】
- ( ) 2. 如圖所示之功率放大器，下列敘述何者正確？ (A)此電路為 C 類放大器 (B)初級線圈的阻抗  $r_L$  為  $40\Omega$  (C)工作點的集極電流為  $50\text{mA}$  (D)直流電源供給電路之平均功率為  $2.5\text{W}$ 。【93 四技二專】



- ( ) 3. 如下圖所示屬 B 類推挽式放大電路，在正常的運作下， $R_L$  在負半週所消耗的功率主要由下列何者直接提供？ (A) $V_{CC}$  (B) $Q_1$  (C) $Q_2$  (D) $C_2$ 。【92 四技二專】

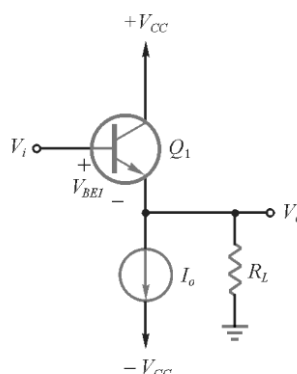


- ( ) 4. 下列哪一類功率放大器的電晶體導通角度(導電角度)最小：(A)A (B)AB (C)B (D)C。【92 四技二專】
- ( ) 5. 下列那一類功率放大器，其導通角度小於  $180^\circ$ ？ (A)A 類 (B)B 類 (C)AB 類 (D)C 類。【91 四技二專】
- ( ) 6. 功率電晶體放大器的直流電源電壓是  $20\text{V}$ ，操作點電流  $500\text{mA}$ ，並知其交流輸出功率是  $5\text{W}$ ，求放大器功率效率？ (A)8% (B)80% (C)5% (D)50%。【87 電機保甄】
- ( ) 7. 某 A 類放大器，若  $V_{CC} = 20\text{V}$ ，負載  $R_L = 10$ ，則此放大器最大輸出功率為何？ (A)2W (B)3W (C)4W (D)5W。【89 四技聯招電子】



- ( ) 8. 圖中， $V_{CC} = 5V$ ， $I_Q = 100mA$ ，且  $R_L = 100\Omega$ ，若輸出電壓  $V_o$  是一峰值為  $2V$  的正弦波，則負載所得的平均信號功率為 (A)  $0.01W$  (B)  $0.02W$  (C)  $0.03W$  (D)  $0.04W$ 。

【89 二技電子電路】



- ( ) 9. 同上題，圖中供應此電路的平均直流功率為 (A)  $1W$  (B)  $2W$  (C)  $3W$  (D)  $4W$ 。

【89 二技電子電路】

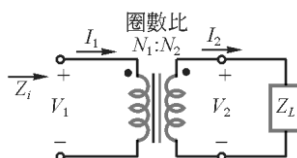
- ( ) 10. 同上題，功率轉換效率為 (A)  $1\%$  (B)  $2\%$  (C)  $3\%$  (D)  $4\%$ 。【89 二技電子電路】
- ( ) 11. 射極隨耦器(emitter follower)屬於下列那一類放大器？ (A) A 類 (B) B 類 (C) C 類 (D) AB 類。
- ( ) 12. 理想的 A 類推挽功率放大器，其輸出效率為 (A)  $50\%$  (B)  $78.5\%$  (C)  $25\%$  (D)  $95\%$ 。

【89 二技電子學】

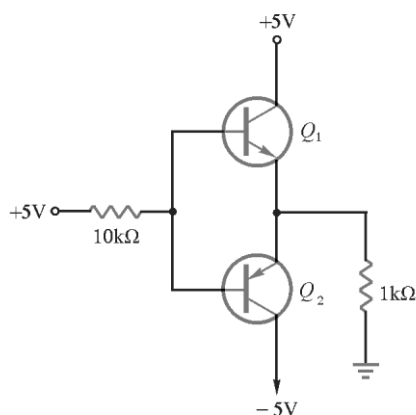
【87 電子保甄】

- ( ) 13. A 類功率放大器的輸出效率通常遠 B 比類及 C 類放大器為低的主要原因？ (A) 交流負載線與直流負載線重疊 (B) 工作點很穩定 (C) 靜態電流頗大，使得直流功率損耗偏高 (D) 集極電壓和基極電壓反向。【87 四技電機】
- ( ) 14. 一放大器的輸出阻抗為  $5k\Omega$ ，欲使  $8\Omega$  的揚聲器能與放大器匹配，則須加變壓器匝數比為 (A) 25 (B) 30 (C) 35 (D) 40。【86 四技電機】【88 電子保甄】
- ( ) 15. 已知輸出變壓器的初級阻抗為  $1600$  歐姆，若其圈數比為  $10:1$ ，則次級應接多少歐姆的喇叭？ (A) 4 (B) 8 (C) 16 (D) 20 歐姆。【87 電子保甄】
- ( ) 16. 如圖變壓器的基本組態中， $Z_i$  為初級圈的輸入阻抗， $Z_L$  為負載的阻抗，則下列何者是錯誤的關係式？ (A)  $V_1 I_1 = V_2 I_2$  (B)  $V_1 N_1 = V_2 N_2$  (C)  $N_1 / N_2 = \sqrt{Z_i / Z_L}$  (D)  $I_1^2 Z_i = I_2^2 Z_L$ 。

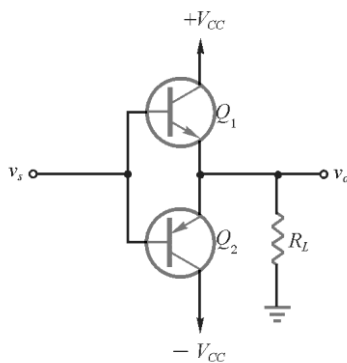
【87 四技電機】



- ( ) 17. 如圖所示之電路，假設電晶體導通時的  $\beta = 100$ ， $V_{BE} = 0.7V$ ，則 (A)  $Q_1$  及  $Q_2$  工作於作用區 (B)  $Q_1$  及  $Q_2$  工作於截止區 (C)  $Q_1$  工作於截止區， $Q_2$  工作於作用區 (D)  $Q_1$  工作於作用區， $Q_2$  工作於截止區。【89 二技電子學】

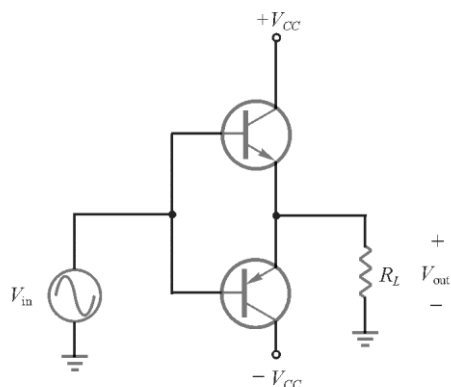


- ( ) 18. 續上題之電路，流過  $10k\Omega$  電阻之電流大小為 (A)  $0.078mA$  (B)  $0.039mA$  (C)  $0.78mA$  (D)  $0.39mA$ 。【89 二技電子學】
- ( ) 19. 有一功率放大器如圖所示，圖中  $V_{CC} = 20V$ ， $R_L = 8\Omega$ ，電晶體  $Q_1$  及  $Q_2$  之飽和電壓  $V_{CE(sat)} = 1V$ ，試求輸出電壓為最大且不失真條件下之最大輸出功率  $P_L = ?$  (A)  $19.5W$  (B)  $25W$  (C)  $45.13W$  (D)  $22.56W$ 。【87 二技電子電路】

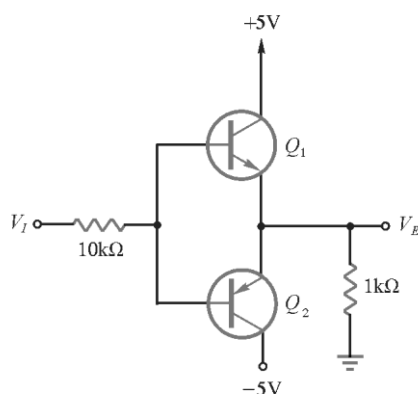


- ( ) 20. 續上題，試求在最大功率輸出時，由電源所提供的功率  $P_{supply} = ?$  (A)  $30.25W$  (B)  $47.5W$  (C)  $50W$  (D)  $36.8W$ 。【87 二技電子電路】
- ( ) 21. 承上題，試求此放大器最大效率為何？ (A)  $52.9\%$  (B)  $41\%$  (C)  $78\%$  (D)  $74.6\%$ 。【87 二技電子電路】

- ( ) 22. 圖之  $B$  類推挽放大電路中， $R_L = 5\Omega$ ，若已知其最大輸出功率為  $10W$ ，則  $V_{CC}$  為多少？  
 (A)  $7.07V$  (B)  $10V$  (C)  $14.14V$  (D)  $20V$ 。【89 四技聯招電機】



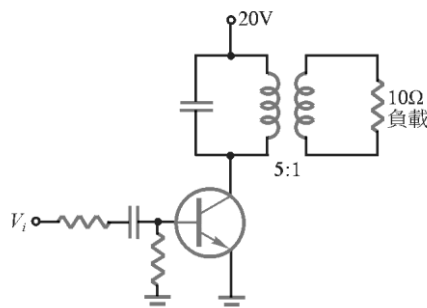
- ( ) 23. 電晶體  $Q_1$ ： $|V_{BE}| = 0.7V$ ， $\beta = 100$ ， $|V_A| = 100V$ ；電晶體  $Q_2$ ： $|V_{BE}| = 0.65V$ ， $\beta = 100$ ， $|V_A| = 120V$ ；二者飽和時  $|V_{BE}|$  均為  $0.2V$ ； $V_T = 26mV$ 。如圖所示的電路中，若  $V_I = 3V$ ，則  $V_E$  約為 (A)  $2.1V$  (B)  $3.1V$  (C)  $1.1V$  (D)  $4.1V$ 。【90 年二技電子電路-統一入學測驗】



- ( ) 24. 功率放大器中之  $B$  (乙) 類放大器，其靜態工作點是位於負載線的 (A) 中點附近 (B) 截止點 (C) 中點與截止點之間 (D) 截止點以下。【88 四技推甄】【88 中區夜二專電機】
- ( ) 25. 一電晶體放大電路對輸入的弦波訊號具有半波導通性能，此放大器之輸出級的種類 (A)  $A$  類 (B)  $B$  類 (C)  $C$  類 (D)  $D$  類。【87 中區夜二專電機】【87 四技電機】
- ( ) 26.  $B$  類推挽式放大器所產生之交叉失真，主要是由於下列那一項所造成？ (A) 兩晶體合成之特性曲線為線性 (B) 兩晶體之偏壓不同 (C) 電晶體的切入電壓 (D) 兩晶體之工作點在線性。【90 年四技電子-統一入學測驗】
- ( ) 27.  $B$  類推挽放大器的最易產生為 (A) 無信號輸入時消耗很大功率 (B) 產生交叉失真 (C) 諧波失真 (D) 振幅失真。【82 夜二專電子中區】【78 保甄電機】【87 電機保甄】
- ( ) 28. 一般 OTL、OCL 功率放大電路，為了提昇效率並降低交叉失真，大都採用 (A)  $A$  類放大 (B)  $B$  類放大 (C)  $AB$  類放大 (D)  $C$  類放大。【88 四技電機】
- ( ) 29.  $B$  類推挽式 (push-pull) 放大器可減少下列何種失真？(A) 奇次諧波失真 (B) 直流成份失真 (C) 交越失真 (D) 偶次諧波失真。【86 電子保甄】

- ( ) 30. 試問  $AB$  類放大器的效率為 (A) 小於 50% (B) 介於 50% 和 78.5% 之間 (C) 大於 78.5% (D) 100%。  
【88 電子保甄】

- ( ) 31. 如圖所示放大器之最大輸出功率可達多少瓦特(W)？(A) 0.8W (B) 1.6W (C) 20W (D) 0.4W。  
【86 電子保甄】



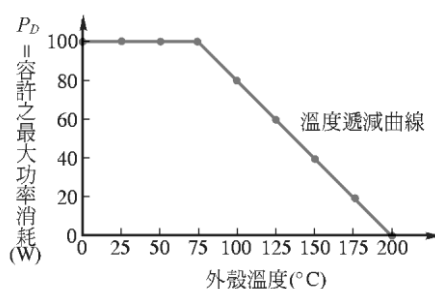
- ( ) 32. 一  $C$  類放大器，輸入信號的頻率是 200kHz，如果電晶體僅導通  $0.4 \mu s$ ，且放大器操作在整個負載線上，假設  $V_{CE(sat)} = 0.2V$ ， $I_{C(sat)} = 150mA$ ，試求平均功率損耗為多少？ (A) 2.4mW (B) 1.2mW (C) 3.6mW (D) 4.8mW (E) 6mW。  
【89 四技推甄電機】

- ( ) 33. 下列有關功率放大器間比較之敘述，何者不正確？(A)  $C$  類放大器效率最高 (B)  $A$  類放大器以電阻為負載之最高效率為 25% (C)  $B$  類放大器之失真程度最高 (D)  $AB$  類推挽式放大器可消除交越失真。  
【90 年四技電子-統一入學測驗】

- ( ) 34. 下列對於功率放大器的敘述何者正確？ (A)  $C$  (丙) 類放大器的靜態工作點(或稱操作點)定在負載線的中點 (B)  $A$  (甲) 類放大器的效率，最大可達到 75% (C)  $B$  (乙) 類放大器的工作點定在截止點，它的效率，最大可達到 50% (D)  $AB$  (甲乙) 類放大器的工作點截止點與中點之間，但是比較靠近截止點 (E) 上述 4 類放大器中，效率最好的是  $B$  類放大器。  
【89 四技推甄電子】

- ( ) 35. 依操作點不同，放大器可分為  $A$ 、 $B$ 、 $AB$ 、 $C$  類，下列敘述何者錯誤？ (A) 依效率而言， $C$  類最高 (B) 依效率而言， $A$  類最低 (C) 依失真而言， $B$  類最大 (D) 依失真而言， $A$  類最小 (E) 類推挽式放大器通常會有交叉(crossover)失真。  
【83 四技電子(一)】【89 四技聯招電子】

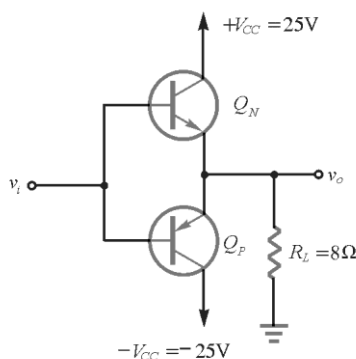
- ( ) 36. 某功率電晶體的功率遞減曲線如圖所示，則遞減因素(Derating factor)為 (A) 0.8 (B) 1 (C) 1.2 (D) 0.5  $W/^\circ C$ 。  
【88 電子保甄】



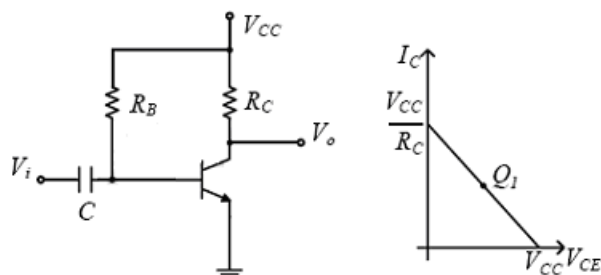
- ( ) 37. 一功率電晶體之最大接面溫度  $T_{jmax} = 180^{\circ}\text{C}$ ，當電晶體金屬殼溫度  $T_c = 50^{\circ}\text{C}$  時，最大功率消耗  $P_c = 50\text{W}$ ，若金屬殼與散熱片間的散阻為  $0.6^{\circ}\text{C/W}$ ，當電晶體功率消耗為  $30\text{W}$  時，試求散熱片溫度？ (A)  $40^{\circ}\text{C}$  (B)  $45^{\circ}\text{C}$  (C)  $84^{\circ}\text{C}$  (D)  $90^{\circ}\text{C}$ 。【86 二技電子電路】
- ( ) 38. 設一功率電晶體之接面最高允許溫度  $T_{J(max)} = 175^{\circ}\text{C}$ ，於外殼溫度  $T_c = 25^{\circ}\text{C}$  下，若  $\theta_{JC} = 1^{\circ}\text{C/W}$ ，則其最高功率散逸  $P_{D(max)}$  為 (A)  $150\text{W}$  (B)  $200\text{W}$  (C)  $250\text{W}$  (D)  $300\text{W}$ 。

【85 二技電子學】

- ( ) 39. 某二極體  $PN$  接合之溫度上限為  $150^{\circ}\text{C}$ ，由  $PN$  接合點至外殼之熱阻  $\theta_{JC}$  為  $5^{\circ}\text{C/Watt}$ ，最高環境溫度為  $50^{\circ}\text{C}$ ，外殼與周圍環境間之熱阻  $\theta_{CS}$  為  $10^{\circ}\text{C/Watt}$ ，則二極體最大可消耗之功率為 (A) 4 (B) 6 (C) 8 (D) 10 Watt。【85 二技電子電路】
- ( ) 40. 有一 Class B 輸出級如圖所示，其中電源為  $25\text{V}$ ，負載為  $8\Omega$  (不考慮交叉失真問題)
- (1) 若要使輸出為  $20\text{W}$ ，則可能產生的輸出電壓  $V_o$  峰值為多少伏特？
  - (2) 求電源的直流輸送功率  $P_s$ ？
  - (3) 求該輸出級的效率  $\eta$ ？
  - (4) 每一電晶體的最大損耗功率  $P_D$  為多少？



- ( ) 41. 下列放大器類別中，效率最低的為何者？ (A) A 類 (B) AB 類 (C) B 類 (D) C 類 【94 四技二專】
- ( ) 42. 下列放大器類別中，何者較適合用來作諧波產生器？ (A) A 類 (B) AB 類 (C) B 類 (D) C 類 【94 四技二專】
- ( ) 43. 如圖所示，為某放大器電路及其直流輸出負載線，若工作點在負載線中點  $Q_1$  位置，則此放大器類別最可能為下列何者？ (A) A 類 (B) AB 類 (C) B 類 (D) C 類 【94 四技二專補考】



- ( ) 44. 下列關於 B 類放大器的敘述，何者為正確？ (A) 工作點在負載線中點 (B) 效率可達  $80\%$  以上 (C) 無法作大功率放大 (D) 導通角度為  $180^{\circ}$  【94 四技二專補考】

- ( ) 45. 下列關於 A 類放大器的敘述，何者正確？(A) A 類放大器若供給電阻性負載時，效率 25 % (B) A 類放大器若供給變壓器負載時，效率 78.5 % (C) A 類放大器工作於截止點與負載線中點之間 (D) A 類放大器可完全消除諧波失真 【95 四技二專】
- ( ) 46. 在各類功率放大器中，導通角度由大至小排序，下列何者正確？(A)  $C > AB > A > B$  (B)  $B > A > C > AB$  (C)  $AB > A > B > C$  (D)  $A > AB > B > C$  【95 四技二專】

### 歷屆試題解答

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

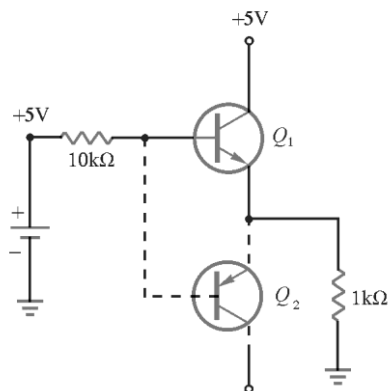
- B 類放大器通常由兩組做大功率放大，一組負責正半週另一組負責負半週
- (A) 此電路為變壓器交連 A 類放大器  
 (B) 初級線圈的阻抗  $r_L$  為  $5^2 \times 8 = 200\Omega$   
 (D) 直流電源供給電路之平均功率為  $50\text{mA} \times 10\text{V} = 0.5\text{W}$
- $R_L$  在負半週所消耗的功率主要由  $C_2$  直接提供
- C 類功率放大器的電晶體導通角度(導電角度)最小，小於 180 度
- C 類功率放大器的電晶體導通角度(導電角度)最小，小於 180 度
- $\eta_{\text{定義}} = \frac{\text{輸出的交流功率}}{\text{輸入的直流功率}} = \frac{5\text{W}}{20\text{V} \times 500\text{m}} = 50\%$
- (1)  $V_{CE} = \frac{1}{2} V_{CC} = \frac{1}{2} \times 20\text{V} = 10\text{V} = V_m$   
 (2)  $V_{o(\text{rms})} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{V}$   
 (3)  $P_o = \frac{V_s^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{10}{\sqrt{2}}\right)^2}{10\Omega} = 5\text{W}$
- (1)  $V_{o(\text{rms})} = \frac{V_{o(\text{P})}}{\sqrt{2}} = \frac{2\text{V}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\text{V}$   
 (2)  $P_o = \frac{V_{o(\text{rms})}^2}{R_L} = \frac{(\sqrt{2})^2}{100\Omega} = 200\text{mW} = 0.02\text{W}$
- $P_i = V_i \times I_i = (2V_{CC}) \times I_C = (2 \times 5\text{V}) \times 100\text{mA} = 1\text{W}$
- $\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{0.02\text{W}}{1\text{W}} \times 100\% = 2\%$
- 射極隨耦器(emitter follower)屬於 A 類放大器
- 理想的 A 類推挽功率放大器，其輸出效率為 50%
- A 類功率放大器靜態電流頗大，使得直流功率損耗偏高

14.  $a = \sqrt{\frac{5K\Omega}{8\Omega}} = 25$

15.  $\frac{1600\Omega}{10^2} = 16\Omega$

16.  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$

17. (1)  $V_{in} = 5V \rightarrow Q_2$  為逆向而截止，電路如下：



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

(3)  $I_B = \frac{5V - 0.7V}{10k + (1 + \beta) \times 1k} = 38.7\mu A$

(4) Check :  $I_B \times \beta = 3.87mA < I_{C(sat)}$

(5)  $Q_1$  在工作區內。

18.  $10k\Omega$  之電流，即為  $I_B$ 。

19.  $P_{Lmax} = \frac{(V_{CC} - 1)^2}{2R_L} = \frac{(20 - 1)^2}{2 \times 8} = 22.5625 W$

20.  $P_i = \frac{2}{\pi} \times \frac{V_m}{R_L} \times V_{CC} = \frac{2}{\pi} \times \frac{V_{CC} - 1}{8\Omega} \times V_{CC} = \frac{2}{\pi} \times \frac{19}{8} \times 20 = 30.2548W$

21.  $\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{22.5625}{30.2548} \times 100\% = 74.575\%$

22.  $P_{o(max)} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} \Rightarrow 10W = \frac{V_{CC}^2}{2 \times 5\Omega} \Rightarrow V_{CC} = 10V$

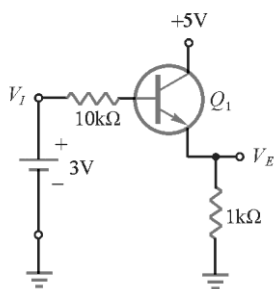
23. (1)  $V_i = +3V$  :  $Q_1$  順向偏壓， $Q_2$  則截止。

(2)  $I_{C1(sat)} = \frac{5 - 0.2}{1k\Omega} = 4.8mA$

(3) 求  $I_B \Rightarrow 3V = I_B \times 10k + 0.7 + (1 + 100) \times I_B \times 1k$   
 $\Rightarrow I_B = 0.0207mA$

(4) Check :  $I_B \times \beta = 2.07mA < I_{C(sat)} \Rightarrow Q$  在工作區內

(5)  $V_E = I_E \times R_E = (1 + \beta) I_B \times 1k\Omega = 2.0907$  伏



24. B(乙)類放大器，其靜態工作點是位於負載線的截止點
25. B類放大器導通角度為 180 度，具有半波導通性能
26. B類推挽式放大器所產生之交叉失真，主要是由電晶體的切入電壓所造成
27. B類推挽式放大器會產生由電晶體的切入電壓所造成之交叉失真
28. AB類放大器可提昇效率並降低交叉失真
29. B類推挽式 (push-pull) 放大器可減少偶次諧波失真
30. AB類放大器的效率介於 50% 和 78.5% 之間
31. 
$$P_o = \frac{\left(\frac{20}{\sqrt{2}}\right)^2}{5^2 \times 10} = 0.8W$$
32. 
$$0.2V \times 150mA \times \frac{0.4\mu sec}{5\mu sec} = 2.4mW$$
33. C類放大器之失真程度最高
34. (A) C(丙)類放大器的靜態工作點(或稱操作點)定在負載線的截止區之下  
(B) A(甲)類放大器的效率，最大可達到 50% (C) B(乙)類放大器的工作點定在截止點，它的效率，最大可達到 78.5% (E) 上述 4 類放大器中，效率最好的是 C 類放大器。
35. 依失真而言，C 類最大
36. 單位  $\frac{W}{^\circ C} = \frac{100W - 0W}{75^\circ C - 200^\circ C} = -0.8W/^\circ C$  (負號：衰減)
37. (1)  $T_j = T_c + P_D \times \theta_{JC}$   
 $\Rightarrow 180^\circ C = 50^\circ C + 50W \times \theta_{JC} \Rightarrow \theta_{JC} = 2.6^\circ C/W$   
 (2)  $T_j = T_s + P_D \times [\theta_{JC} + \theta_{CS}]$   
 $\Rightarrow 180^\circ C = T_s + 30W \times [2.6^\circ C/W + 0.6^\circ C/W] = 84^\circ C$
38.  $T_j = T_c + P_D \times \theta_{JC}$   
 $\Rightarrow 175^\circ C = 25^\circ C + P_D \times 1^\circ C/W$   
 $\Rightarrow P_D = 150W$
39.  $T_j = T_A + P_D \times [\theta_{JC} + \theta_{CS}]$   
 $\Rightarrow 150^\circ C = 50^\circ C + P_D [5^\circ C/W + 10^\circ C/W]$   
 $\Rightarrow P_D = 6.6W$ ，取 6W
40. (1)  $P_o = \frac{V_{0rms}^2}{R_L} \Rightarrow V_{0rms} = \sqrt{P_o \times R_L} = \sqrt{20 \times 8} = 12.65V$   
 $\varnothing V_o = V_m = \sqrt{2} \cdot V_{o(rms)} = 17.89V$



$$(2) \quad P_s = V_{CC} \times \frac{2}{\pi} \times \frac{V_o}{R_L} = 25 \times \frac{2}{\pi} \times \frac{17.89}{8} = 35.56\text{W}$$

$$(3) \quad \eta = \frac{\pi}{4} \times \frac{V_m}{V_{CC}} = \frac{\pi}{4} \times \frac{17.89}{25} = 56.17\%$$

$$(4) \quad P_{DN} = P_{DP} = \frac{P_s - P_o}{2} = \frac{35.56 - 20}{2} = 7.78\text{W}$$

41. 放大器類別中，A 類效率最低
42. 放大器類別中，C 類較適合用來作諧波產生器
43. 若工作點在負載線中點位置，則此放大器類別為 A 類
44. B 類放大器的導通角度為 180