第一章

5 放大器的電壓增益 100V/V，電流增益 1000A/A。試用分貝表示電壓與電流增益，並求出功率增益。

答 依定義，可知

電壓增益 $= 20 \log 100 = 40$ dB

電流增益 $= 20 \log 1000 = 60$ dB

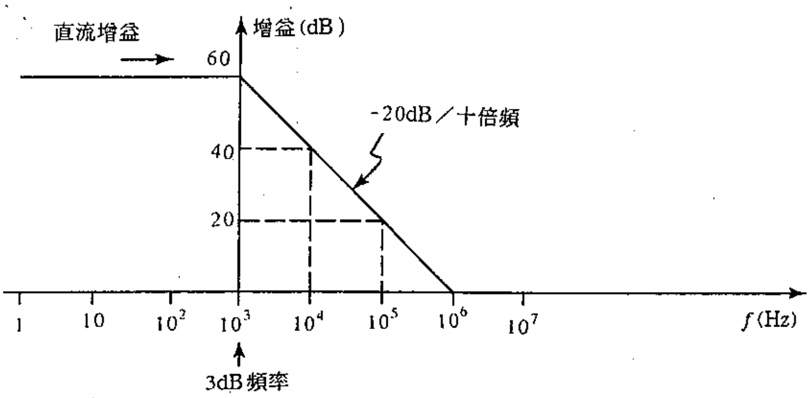
功率增益 $= 10 \log A_p = 10 \log (A_v A_i)$

$= 10 \log (10^5)$

$= 50$ dB

15 考慮一個低通 STC 型態的電壓放大器，已知直流增益 60dB，3-dB 頻率 1000Hz。求在 $f = 10$Hz，10kHz，100kHz，以及 1MHz 的增益（dB 值）。

答 依題意可知此放大器的頻率響應如下圖所示：



參考圖示，所求各頻率對應的增益如下表所示：

f	增　　益
10　Hz	60 dB
10　kHz	40 dB
100　kHz	20 dB
1MHz	0dB

34 圖 P1.34 畫了一個信號源接到放大器的輸入端。其中 R_s 為信號源內阻，R_i 和 C_i 分別為放大器的輸入電阻與輸入電容。試推導 $V_i(s)/V_s(s)$。並證明這是低通 STC 型態。又當 $R_s = 10\ \text{k}\Omega$，$R_i = 100\ \text{k}\Omega$，且 $C_i = 10$ pF 時，求 3-dB 頻率。

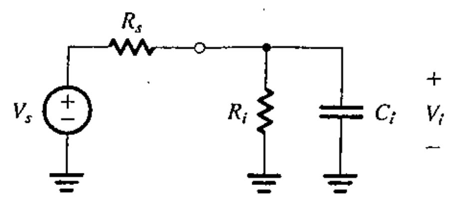
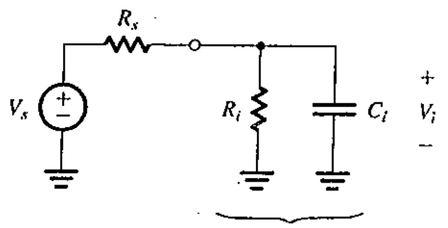


圖 P1-34

答 (a) 參考圖示電路，依分壓律可知



$$\frac{V_i}{V_s} = \frac{Z_i}{Z_i + R_s} = \frac{1}{1 + R_s Y_i}$$

$$= \frac{1}{1 + R_s\left(\frac{1}{R_i} + sC_i\right)} = \frac{1}{1 + \frac{R_s}{R_i} + sC_iR_s}$$

$$= \frac{1/\left(1 + \frac{R_s}{R_i}\right)}{1 + sC_i\frac{R_s}{1 + \frac{R_s}{R_i}}}$$

第一章

$$\therefore \quad \frac{V_i}{V_s} = \frac{R_i}{R_i + R_s}\ \frac{1}{1 + sC_i(R_i /\!/ R_s)}$$

此轉移函數即為 STC 低通型，其中

DC 增益：$K = \frac{R_i}{R_i + R_s}$

3-dB 頻率：$\omega_o = 1/C_i(R_i /\!/ R_s)$

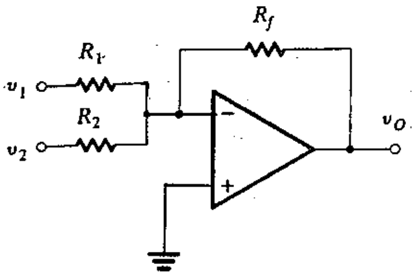
(b) 當 $R_s = 10\text{k}\Omega$，$R_i = 100\ \text{k}\Omega$，及 $C_i = 10\text{pF}$ 時，

$$\omega_o = \frac{1}{10 \times 10^{-12} \times \left(\frac{100 \times 10}{100 + 10}\right) \times 10^3} = 1.1 \times 10^7\ \text{rad/s}$$

$$\therefore \quad f_o = \frac{\omega_o}{2\pi} = \frac{1.1 \times 10^7}{2\pi} = 1.75\ \text{MHz}$$

D9 設計一個反相op amp電路來做兩個輸入v_1與v_2的加權總和，其關係式爲$v_O = -(v_1 + 5v_2)$。選擇R_1，R_2與R_f的值使得當輸出最大電壓值爲 10 V時，在回授電阻上的電流不會超過 1 mA。

答 參考附圖所示之電路，分析後可知：



$$v_O = -\left(\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2\right) \qquad (1)$$

在v_O的最大值爲 10 V時，想要把R_f內的電流限制在 1 mA，則需$R_f \geq 10\ \mathrm{k}\Omega$。若選取$R_f = 10\ \mathrm{k}\Omega$，並且想要得出

$$v_O = -(v_1 + 5v_2) \qquad (2)$$

則比較(1)及(2)式可知

$$\begin{cases} \dfrac{R_f}{R_1} = 1 \\ \dfrac{R_f}{R_2} = 5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_1 = 10\ \mathrm{k}\Omega \\ R_2 = 2\ \ \Omega \end{cases}$$

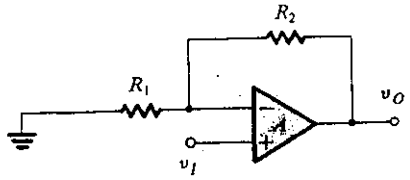
第二章

第二章

12 設計一個增益爲 2 的非反相放大器，使其在最大輸出電壓爲 10 V 時，流經分壓電路的電流爲 10 μA。

答 依題意可知

$$\frac{v_O}{v_I} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 2$$



$\therefore \quad R_1 = R_2 \cdots\cdots(1)$

又知，在 $v_O = 10$ V 時，分壓器 R_1，R_2 內的電流便爲 $10/(R_1 + R_2)$。爲了將此電流設定爲 10 μA，我們可以選取 $R_1 + R_2 = 1\ \mathrm{M\Omega}$。配合 (1)，可知

$$R_1 = R_2 = 0.5\ \mathrm{M\Omega}$$

D2.3 (a) 對於圖 2.8 的電路，將 op amp 的有限開迴路增益 A 列入考慮，證

$$\frac{v_O}{v_I} = \frac{-G_0}{1 + [1 + G_0 + (R_4/R_3)]/A}$$

在此 G_0 爲閉迴路增益的標示大小值（參見例題 2.2）

$$G_0 = \frac{R_2}{R_1}\left[1 + \frac{R_4}{R_2} + \frac{R_4}{R_3}\right]$$

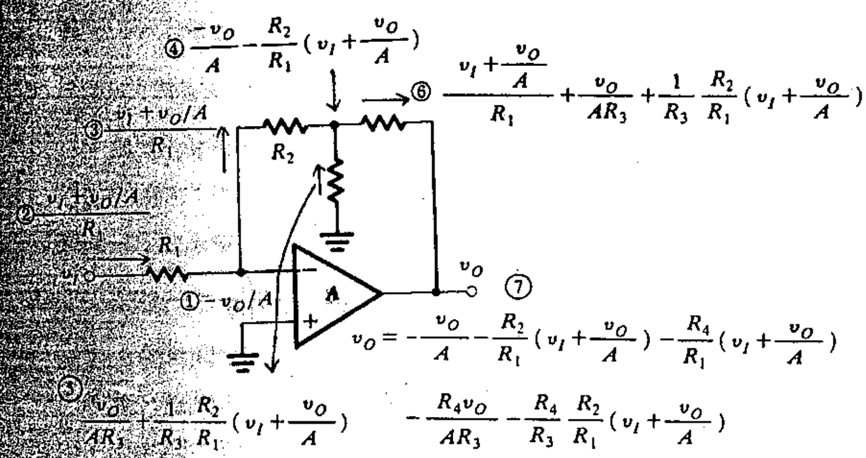
(b) 當 $G_0 = 100$，$A = 1000$，且 $R_4 = R_2 = R_1$ 時，求出 v_O/v_I。

(c) 當 G_0 與 A 的值與 (b) 中相同，而 $R_4 = R_2 = 10R_1$ 時，重做 (b)。

(d) 爲了比較，在相同的 G_0 與 A 值下，求出反相組態的 $\frac{v_O}{v_I}$。

(e) 由上面 $\frac{v_O}{v_I}$ 的表示式可以看出，藉由選擇 $\frac{R_4}{R_3}$ 可以使得有限 A 值的效應幾乎和反相組態相同。然而此種元件選擇方式，卻失去了在回授路徑中使用 T 型網路的目的。爲什麼？（你必須研讀例題 2.2 的設計程序才能夠回答此問題）

答 (a) 參考下列所示電路的分析：



因此，由⑦可知

$$v_O\left[1 + \frac{1}{A} + \frac{R_2}{R_1}\frac{1}{A} + \frac{R_4}{R_1}\frac{1}{A} + \frac{R_4}{R_3}\frac{1}{A} + \frac{R_4}{R_3}\frac{1}{A} + \frac{R_4}{R_3}\frac{R_2}{R_1}\frac{1}{A}\right]$$

$$= -v_I\left[\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_1} + \frac{R_4}{R_3}\frac{R_2}{R_1}\right]$$

$$\Rightarrow\ \frac{v_O}{v_I}=\frac{-\frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{R_4}{R_2}+\frac{R_4}{R_3}\right)}{1+\frac{1}{A}\left[1+\frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{R_4}{R_2}+\frac{R_4}{R_3}\right)+\frac{R_4}{R_3}\right]}$$

$$=-\frac{G_0}{1+\frac{1}{A}\left[1+G_0+\frac{R_4}{R_3}\right]}\ \cdots\cdots\text{得證}$$

其中，$G_0=\frac{R_2}{R_1}\left(1+\frac{R_4}{R_2}+\frac{R_4}{R_3}\right)$

(b)當 $G_0=100$，且 $R_4=R_2=R_1$ 時：

$$100=1\times\left(1+1+\frac{R_4}{R_3}\right)$$

$$\Rightarrow\ \frac{R_4}{R_3}=98$$

$$\therefore\ \frac{v_O}{v_I}=-\frac{100}{1+\frac{1}{1000}(1+100+98)}=-\frac{100}{1+0.199}=-83.4\quad \text{V/V}$$

(c)當 $G_0=100$，且 $R_4=R_2=10R_1$ 時：

$$100=10\times\left(1+1+\frac{R_4}{R_3}\right)$$

$$\Rightarrow\ \frac{R_4}{R_3}=8$$

$$\therefore\ \frac{v_O}{v_I}=-\frac{100}{1+\frac{1}{1000}(1+100+8)}=-\frac{100}{1.109}=-90.2\quad \text{V/V}$$

(d)就 $G_0=100$ 的反相組態而言：

$$\frac{R_2}{R_1}=100$$

所以，其增益變成

$$\frac{v_O}{v_I}=\frac{-R_2/R_1}{1+\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)/A}=\frac{-100}{1+\frac{1}{1000}(1+100)}=-90.8\quad \text{V/V}$$

第二章

第二章

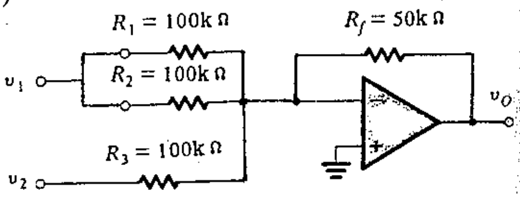
37 一個加權加總電路使用理想的op amp，三個 100 kΩ 的輸入電阻，與 50 kΩ 的回授電阻。將信號 v_2 表示。如果 $v_1 = 3$ V，$v_2 = -3$ V，則 v_O 是多少？

答 加權加法電路如右圖所示：

依重疊原理，可知 v_O 爲

$$v_O = -\left(\frac{R_f}{R_1 /\!/ R_2}v_1 + \frac{R_f}{R_3}v_2\right)$$

$$= -\left(\frac{50}{50}v_1 + \frac{50}{100}v_2\right)$$



$$\Rightarrow \quad v_O = -v_1 - 0.5v_2$$

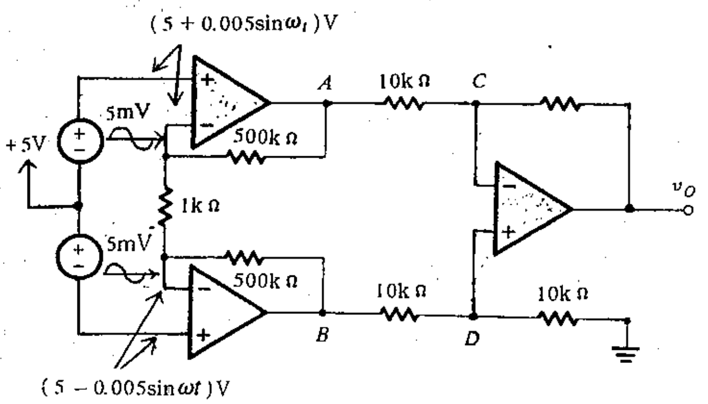
當 $v_1 = +3$ V，及 $v_2 = -3$ V時，輸出爲

$v_O = -3 - 0.5 \times (-3) = -3 + 1.5 = -1.5$ V

$V_O = -3 - 0.5\times(-3) = -3+1.5 = -1.5$V

62 考慮圖 2.25 ⓐ的儀器放大器，其共模輸入電壓爲 5 V(dc)，且差動輸入信號爲峰值 10 mV 的弦波。令 $R_1 = 1$ kΩ，$R_2 = 0.5$ MΩ，$R_3 = R_4 = 10$ kΩ，求出電路中每一個端點的電壓。

答



參考圖所示之電路及其分析可知：

$$i = \frac{0.010\sin\omega t}{1\text{ k}\Omega} = 0.01\sin\omega t \text{ mA}$$

$$\therefore \quad v_A = 5 + 0.005\sin\omega t + (0.01\sin\omega t)\times 500$$

$$= 5 + 5.005\sin\omega t \text{ V}$$

$$v_B = 5 - 0.005\sin\omega t - (0.01\sin\omega t)\times 500$$

$$= 5 - 5.005\sin\omega t \text{ V}$$

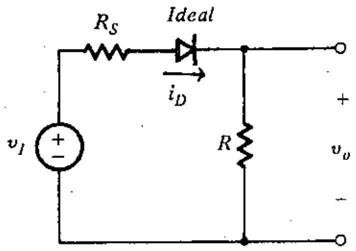
$$v_C = v_D = \frac{1}{2}v_B = 2.5 - 2.5025\sin\omega t$$

$$\therefore \quad v_O = v_B - v_A = -10.01\sin\omega t \text{ V}$$

第三章

12 考慮圖 3.3 之整流電路，其中輸入信號源v_I具有一信號源電阻R_S。針對$R_S = R$之情形，並假設二極體爲理想，試繪出並清楚地標示出v_O對v_I之轉換特性。

答 如圖示之整流器電路：



當$v_I > 0$時，二極體導通，故

$$v_O = v_I \frac{R}{R_S + R}$$

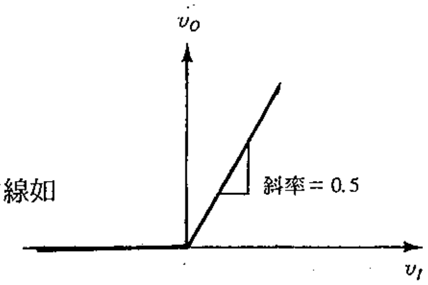
若$R_S = R$時，則

$$v_O = \frac{1}{2} v_I$$

當$v_I < 0$時，二極體截止，故

$$v_O = 0$$

綜合上述討論，$v_O - v_I$轉移特性曲線如右圖所示：



*D95 利用峰值整流器來設計一個直流電源供應器，此供應器須提供平均值壓 15 V，所容許的最大漣波爲± 1 V。該整流器饋入一個 150 Ω 電阻之負載。整流器經由變壓器饋入線上電壓（120 V 均方根值，60 Hz）。可用之二極體在導通時具有 0.7 V 之壓降。若設計者選用半波電路：

(a)定出必須出現在次級變壓器兩端之均方根電壓值。

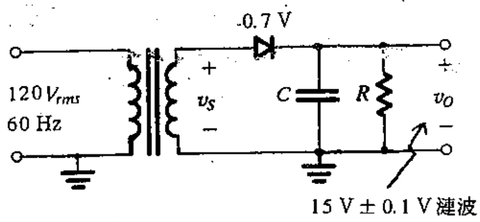
(b)試求所需之濾波器電容值。

(c)試求會出現在二極體兩端之最大逆向電壓，並定出二極體之 PIV 額定值。

(d)計算在導通期間流過二極體之平均電流。

(e)計算二極體之峰值電流。

答 所設計的直流電源供應器如下圖所示：



(a)依題意要求，可知電壓規格爲

$$v_{O\,peak} = 15 + 1 = 16\ \text{V}$$

$$v_{s\,peak} = 16 + 0.7 = 16.7\ \text{V}$$

$$v_{s\,rms} = \frac{16.7}{\sqrt{2}} = 11.8V$$

(b)由（3.36）式，可知

$$V_r = \frac{V_P}{fCR}$$

$$2 = \frac{1}{660 \times C \times 150}$$

$$\therefore \quad C = \frac{16}{2 \times 60 \times 150} = 889\ \mu\text{F}$$

(c)當v_s爲負峰值（即 −16.7 V）時，跨在二極體上的反向電壓便爲最大值。此時輸出大約爲 +15 V，因此，最大的反向偏壓 = 16.7 + 15 = 31.7 V。假定需有 50 % 的安全邊限，故可將二極體的 PIV 值選取成：

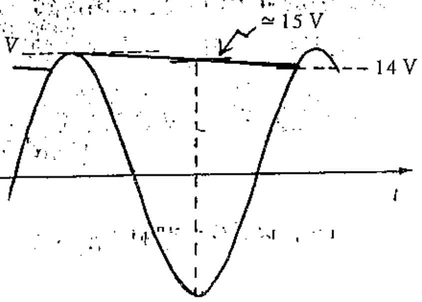
$$\text{PIV} = 1.5 \times 31.7 = 47.6\ \text{V}$$

(d)利用（3.38）式，可知

$$i_{Davg} \simeq I_L\left(1 + \pi\sqrt{2V_P/V_r}\right)$$

$$= \frac{15}{150}\left(1 + \pi\sqrt{2 \times 16/2}\right)$$

$$= 1.36\ \text{A}$$



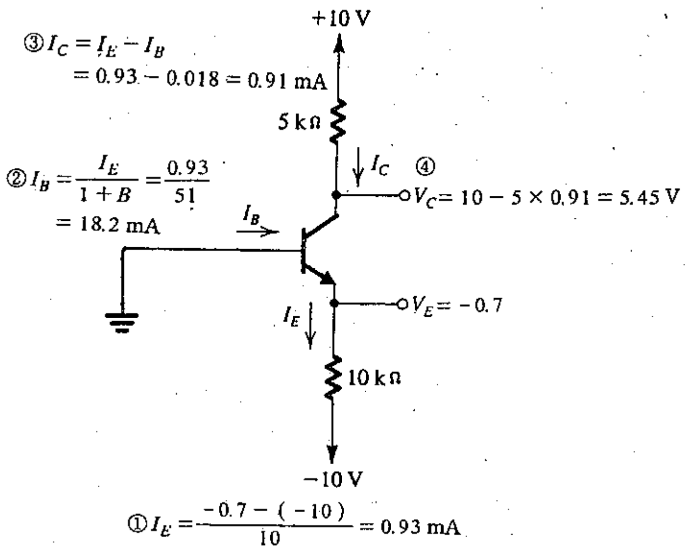
(e)利用（3.39）式，可知

$$i_{D\,max}=I_L\left(1+2\pi\sqrt{2V_P/V_r}\right)$$
$$=\frac{15}{150}\left(1+2\pi\sqrt{2\times16/2}\right)$$
$$=2.61\text{ A}$$

第四章

✓ 8 在圖 E4.8 的電路中，量得集極電壓為 −0.7 V。若 $\beta=50$，求 I_E，I_B，I_C 和 V_C。

答 分析求算步驟如下圖所示：

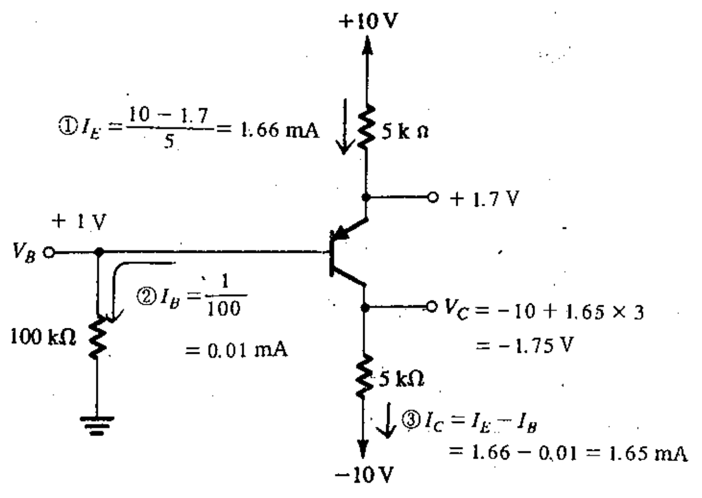


9 在圖 E4.9 的電中，量得 V_B 為 +1.0 V，V_E 為 +1.7 V。此電晶體的 α 和 β 值為何？集極電壓 V_C 應為多少？

答 注意下頁所附圖的求解步驟，故知

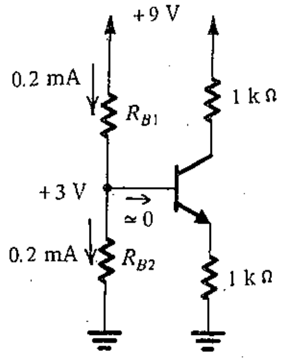
$$\alpha=\frac{I_C}{I_E}=\frac{1.65}{1.66}=0.994$$

$$\beta=\frac{I_C}{I_B}=\frac{1.65}{0.01}=165$$



第四章

D32 考慮P4.30的電路其基極電壓V_B是由跨在 +9 V的電源的分壓器所產生。假設電晶體β 很大(即，忽略基極電流)，設計此分壓器，以得到V_B = 3 V，分壓器有0.2 mA的電流。如果β = 100，試求此電路的集極電流和電壓。



答 題意要求如右圖標示值所示。故知

$$R_{B1}+R_{B2}=\frac{9\text{ V}}{0.2\text{ mA}}=45\text{ k}\Omega$$

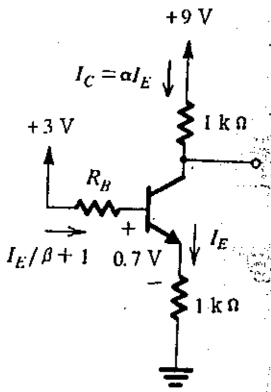
又知：$\frac{R_{B2}}{R_{B1}+R_{B2}}=\frac{3}{9}$

聯立求解上列兩式，可求出

$R_{B2}=15\text{ k}\Omega$

$R_{B1}=30\text{ k}\Omega$

(2)利用 Thevenin's Theorem，將原電路化簡成下列的電路：



其中$R_B=R_{B1}\,/\!/\,R_{B2}=\frac{15\times30}{45}=10\text{ k}\Omega$

由圖示電路的I/P端，取KVL，可知

$$3=\frac{I_E}{\beta+1}R_B+0.7+I_E\times1$$

$$\Rightarrow\quad I_E=2.3/\left(1+\frac{10}{101}\right)=2.09\text{ mA}$$

$$\therefore\quad I_C=\alpha I_E=\frac{100}{101}\times2.09=2.07\text{ mA}$$

$$V_C=9-2.07\times1=+6.93\text{ V}$$

54 一BJT的基極電流爲7.6 μA，β爲104，其r_π和g_m何？r_e和α爲何？

答 已知$I_B=7.6\ \mu$A，$\beta=104$，故各參數計算如下：

$$r_\pi=\frac{V_T}{I_C}=\frac{0.025}{7.6\times10^{-6}}=3.29\text{ k}\Omega$$

$$g_m=\beta/r_\pi=104/3.29=31.6\text{ mA/V}$$

$$r_e=r_\pi/(\beta+1)=3.29/105=31.3\ \Omega$$

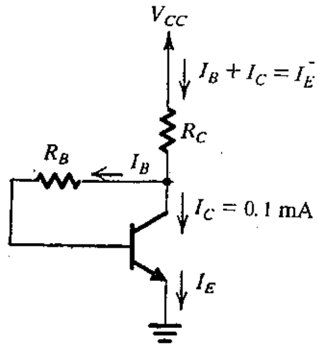
$$\alpha=\beta/\beta+1=104/1054=0.99$$

D73 設計圖 4.41 的回授偏壓電路，以符合下列規格：$V_{CC}=3$ V，$I_C=0.1$，$V_{CE}=1.4$ V，$\beta=100$。使用標準 5％電阻（見附錄 H）。求電阻值，在 $\beta=50$ 和 $\beta=200$ 時求 I_C 和 V_{CE}。

答 所欲設計依設計條件，可知

$$3-1.4=I_E R_C$$

$$=\frac{0.1}{\alpha}R_C$$



$$\Rightarrow \quad R_C=\frac{3-1.4}{0.1\times\frac{\beta+1}{\beta}}=15.8\text{ k}\Omega$$

可選取 $R_C=16\text{ k}\Omega$

又，$I_E=0.\times\frac{\beta+1}{\beta}=0.101$ mA，則由電路可知

$$3-I_E R_C-(\frac{I_C}{\beta})R_B-0.7=0\cdots\cdots\text{KVL}$$

$$\Rightarrow \quad R_B=\frac{3-0.101\times(16)-0.7}{0.1/100}=684\text{ k}\Omega$$

選用 $R_B=680\text{ k}\Omega$。

第四章

當 R_B 及 R_C 選用上述設計值時，

$$I_C=\frac{3-0.7}{16\times\frac{101}{100}+\frac{680}{100}}=0.1\text{ mA}$$

$$V_{CE}=0.7+\frac{I_C}{100}\times 680=1.38\text{ V}$$

當 $\beta=50$ 時，

$$I_C=\frac{3-0.7}{\frac{51}{50}\times 16+\frac{680}{50}}=0.077\text{ mA}$$

$$V_{CE}=0.7+\frac{I_C}{50}\times 680=1.75\text{ V}$$

當 $\beta=200$ 時，

$$I_C=\frac{2.3}{\frac{201}{200}\times 16+\frac{680}{200}}=0.118\text{mA}$$

$$V_{CE}=0.7+\frac{I_C}{200}\times 680=1.1\text{V}$$

8 若一個電晶體的集極電流維持固定，溫度每上昇 1 ℃之 v_{BE} 下降 2 mV。反過來，若使 v_{BE} 維持固定，溫度每上昇 1 ℃之 i_C 約增加 $g_m \times 2$ mV。就一個操作在 $I_C = 10$ mA 的元件，求溫度增加 5 ℃所造成的集極電流變化。

答 $\triangle I_C = g_m \times 2$ mV/℃ × 5 ℃，其中電流是 mA 且 g_m 單位是 mA/mV，

$$g_m = \frac{10\text{ mA}}{25\text{ mV}} = 0.4\text{ mA/mV}$$，所以

$$\triangle I_C = 0.4 \times 2 \times 5 = 4\text{ mA}$$

30 一功率電晶體的 $T_{Jmax} = 180$ ℃，外殼溫度 50 ℃時可散逸 50 W。若使用絕緣套環將之接到散熱器且其熱阻為 0.6 ℃/W，散熱器溫度須為多少才能保證在 30 W 安全操作？若環境溫度為 39 ℃，所需的散熱器熱阻為多少？若一特別的外突鋁鰭（*extruded-aluminum-finned*）散熱器，在停滯的空氣下每 cm 長的熱阻為 4.5 ℃/W，需要的散熱器長度為何？

答 $$\theta_{JC} = \frac{T_J - T_C}{P_D} = \frac{180\text{℃} - 50\text{℃}}{50\text{ W}} = 2.6\text{℃/W}$$

又 $T_J - T_S = \theta_{JS} P_D$

$180\text{℃} - T_S = (\theta_{JC} + \theta_{CS}) \times 30\text{ W}$

$$\begin{aligned} T_S &= 180\text{℃} - (2.6\text{℃/W} + 0.6\text{℃/W}) \times 30\text{ W} \\ &= 180\text{℃} - 96\text{℃} \\ &= 84\text{℃} \end{aligned}$$

又 $T_S - T_A = \theta_{SA} P_D$

$84 - 39 = \theta_{SA} \times 30$

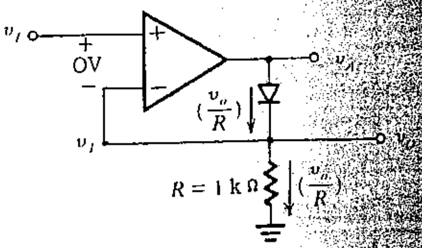
$$\theta_{SA} = \frac{45\text{℃}}{30\text{ W}} = 1.5\text{℃/W}$$

所需的散熱座長度 $= \dfrac{4.5^\circ C/W/\text{cm}}{1.5^\circ C/W} = 3$ cm

第十二章

24 考慮 12.33 (a)的運算整流器電路或稱超級二極體電路，其中 $R = 1\ \mathrm{k}\Omega$。假設 op amp 是理想的且飽和電壓爲± 12 V，而二極體在電流爲 1 mA 時壓降 0.7 V，電流每增加十倍則壓降上升 0.1 V。試求 $v_I = 10$ mA，1 V 和 -1 V 時，整流器的輸出端與 op amp 輸出端的電壓。

答 參考圖示電路，由於 op Amp 是理想的，所以 $v_O = v_I$。



若 $v_I > 0$ 時：

※ $v_I = 10\mathrm{mV}$，$v_O = 10\ \mathrm{mV}$

$$\therefore\quad i_D = \frac{10\ \mathrm{mV}}{1\ \mathrm{k}\Omega} = 10\ \mu\mathrm{A}$$

已知 $i_D = 1$ mA 時的 $v_D = 0.7$ V

$i_D = 0.1$ mA 時的 $v_D = 0.6$ V

$i_D = 10\ \mu$A 時的 $v_D = 0.5$ V

因此 $v_D = 0.5$ V 與 $v_A = v_O + v_D = 10\ \mathrm{mV} + 0.5\ \mathrm{V} = 0.51$ V

* $v_I = 1$ V，$v_O = 1$ V

$$i_D = \frac{1\ \mathrm{V}}{1\ \mathrm{k}\Omega} = 1\ \mathrm{mA}$$

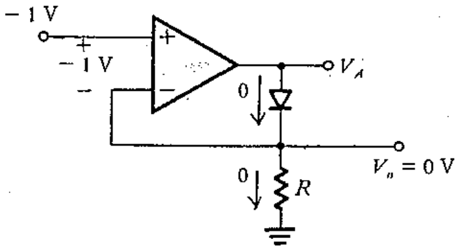
$v_D = 0.7$ V

且 $v_A = 0.7 + 1 = 1.7$ V

* $v_I = -1$ V

由於負回授回路而無法動作，見右圖示：

故 $v_O = 0$ V，$v_A = -12$ V。

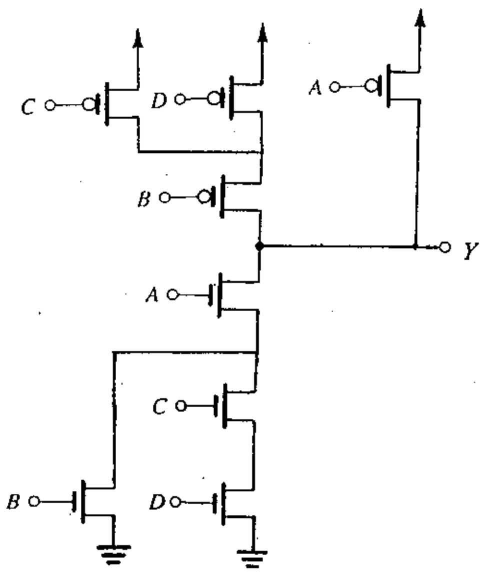


第十二章

D25 畫出函數 $Y=\overline{A+B(C+D)}$ 的CMOS實現法。

答 若 $Y=\overline{A+B(C+D)}$，則 PDN 可以直接繪圖如下，而 PUN 則爲雙重的。

第十三章

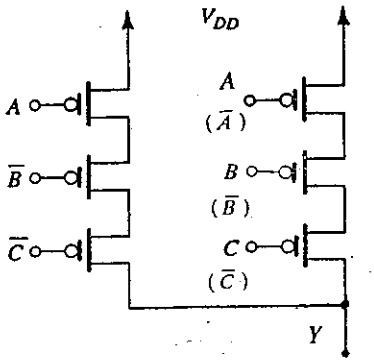


29 畫出實現 $Y=ABC+\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$ 的CMOS邏輯電路。

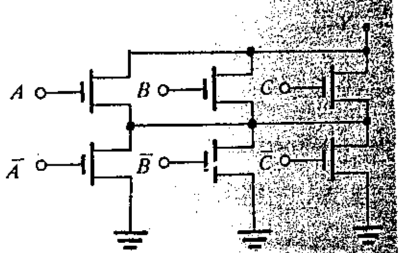
答 $\because$ $Y=ABC+\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$ 且直接以 PUN 繪圖如 U_1 所示，所對應之雙重性

PDN 則爲圖 D_1 所示：

U_1



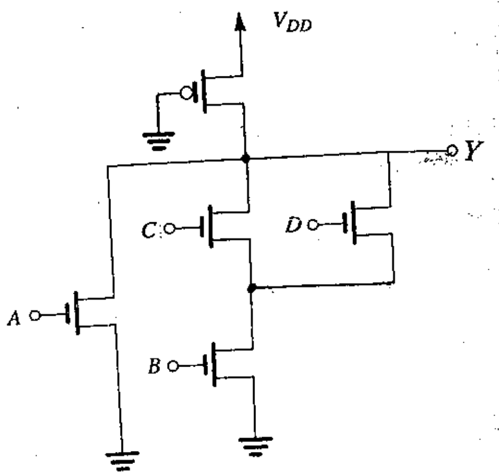
D_1



D46 畫出pesudo-NMOS實現 $Y=\overline{A+B(C+D)}$。

答 $\because$ $Y=\overline{A+B(C+D)}$ $\therefore$ $\overline{Y}=A+B(C+D)$，所以PDN 可以直接

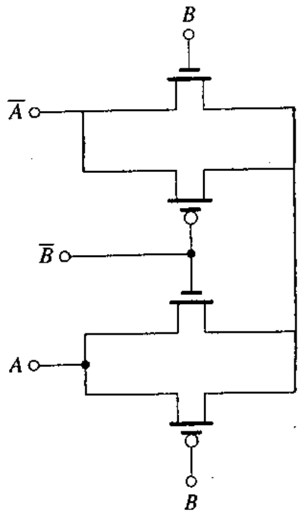
組成如圖示



D54 (a)利用圖 13.31 中實現互斥OR的主意，來實現 $\overline{Y}=AB+\overline{A}\,\overline{B}$，亦即利用二個傳輸閘來實現 Y。

(b)現在結合(a)中的電路和圖 13.31 的電路以得到 $Z=\overline{Y}C+Y\overline{C}$ 的功能，在此 C 為第三個輸入。畫出 Z 的 12 個電晶體的完全電路， 注意 Z 是三輸入的互斥OR。

答 (a)∵ $\overline{Y}=AB+\overline{A}\,\overline{B}$，直接類取圖 13－31 而改繪如下：



(b)∵ $Z=\overline{Y}C+Y\overline{C}$，其中 $Y=\overline{\overline{Y}}=(\overline{AB+\overline{A}\,\overline{B}})$，因此
$Y=\overline{AB}\cdot\overline{\overline{A}\,\overline{B}}=(A+B)(\overline{A}+\overline{B})$。

第十三章

第 一 章

√**5.** 如圖 1-12(a) 所示線路中，電壓函數爲 $v(t)=150\sin\omega t$. 求電流 $i(t)$，瞬時功率 $p(t)$ 及平均功率 P。

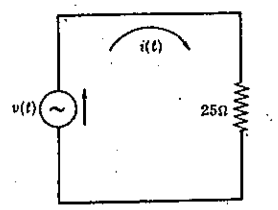


圖 1-12(a)

解 $i(t)=\dfrac{1}{R}v(t)=\dfrac{150}{25}\sin\omega t$

$=6\sin\omega t$ 安培.

$p(t)=v(t)i(t)=(150\sin\omega t)(6\sin\omega t)=900\sin^2\omega t$ 瓦特

$$P=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}900\sin^2\omega t\;d(\omega t)=\frac{900}{\pi}\int_0^{\pi}\frac{1}{2}(1-\cos 2\omega t)d(\omega t)$$

$$=\frac{900}{2\pi}\left[\omega t-\frac{1}{2}\sin 2\omega t\right]_0^{\pi}=450\text{ 瓦特}$$

電流 $i(t)$ 由一常數 R 和 $v(t)$ 相關，而瞬時功率的圖形可由 v 和 i 的圖形中一點一點的乘積得到，如圖 1-12(b) 所示。在此我們必須注意 v 和 i，在任何時間均同爲正或同爲負，故它們的乘積必永遠爲正値，此與當電流流經一電阻器時，電能由電源傳送的事實相吻合。

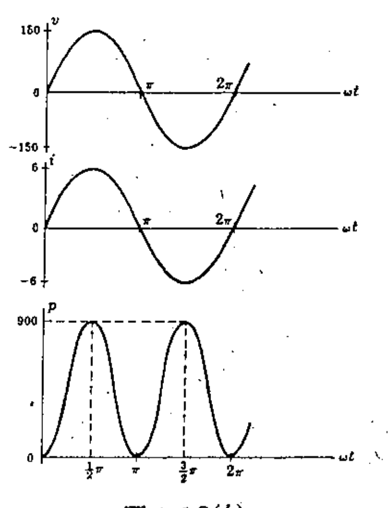


圖 1-12(b)

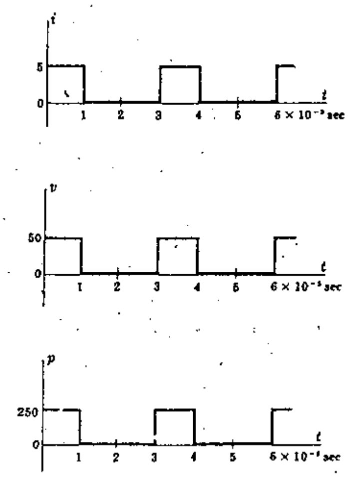


圖 1-13

P1.

√7. 一電流，其波形如圖 1-14 所示，爲一重複出現的鋸齒波，此電流流經一純電阻器，其電阻爲 5Ω，求 $v(t)$，$p(t)$ 及平均功率 P．

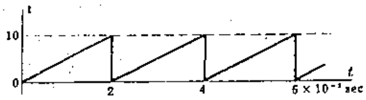


圖 1-14

解 因 $v(t) = Ri(t)$，故 $v_{max} = Ri_{max} = 5 \times 10 = 50$ 伏特，在 $0 < t < 2 \times 10^{-3}$ 秒的範圍內 $i = 10/2 \times 10^{-3}\ t = 5 \times 10^{3} t$．故 $v = Ri = 25 \times 10^{3} t$，$p = vi = 125 \times 10^{6} t^{2}$，

$$P = \frac{1}{2 \times 10^{-3}} \int_{0}^{2 \times 10^{-3}} 125 \times 10^{6} t^{2}\, dt = 167 \text{ 瓦特}.$$

v 及 p 對時間的波形變化如圖 1-14(a) 所示。

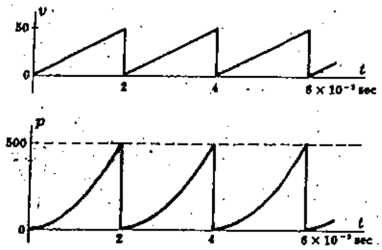


圖 1-14(a)

第 二 章

√2. 求函數 $y(t)=Y_m \sin \omega t$ 的平均值及有效值（均方根值）。

解 由圖 2-5 可知，$y(t)$的週期爲 2π，故

$$Y_{av}=\frac{1}{T}\int_0^T y(t)dt=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} Y_m \sin \omega t \; d(\omega t)$$

$$=\frac{1}{2\pi} Y_m \left[-\cos \omega t\right]_0^{2\pi}=0$$

$$Y_{rms}=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T y^2 dt}=\sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (Y_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)}$$

$$=\frac{Y_m}{\sqrt{2}}=.707\,Y_m$$

由上式可知正弦或餘弦函數的均方根值恰爲最大值的 $1/\sqrt{2}$ 或 .707 倍。

P3

√**10.** 由$R=15\Omega$，$L=.08\text{h}$，$C=30\mu f$ 組成的串聯線路中，施加的電壓頻率爲500徑/秒，試問電流比電壓落後或領先多少相位角？

解 $\omega L=500(.08)=40$歐姆，

$$\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{500(30\times10^{-6})}=66.7\text{歐姆}$$

$$\tan^{-1}\frac{\omega L-1/\omega C}{R}=\tan^{-1}\frac{-26.7}{15}=-60.65^\circ$$

電容性阻抗$1/\omega C$比電感性阻抗ωL大。

故電流領先電壓60.65°，電路的總效應爲電容性的，阻抗的大小爲$\sqrt{R^2+(\omega L-1/\omega C)^2}=30.6$歐姆。

√**19.** 流經圖3-19的R，L，C串聯線路上的電流$i=3\cos(5000t-60^\circ)$。試求各元件上的電壓及總電壓。

解 $v_T=v_R+v_L+v_C$

$$\begin{aligned}
&=Ri+L\frac{di}{dt}+\frac{1}{C}\ i\ dt\\
&=6000(5000t-60^\circ)\\
&\quad-24\ \sin(5000t-60^\circ)\\
&\quad+30\ \sin(5000t-60^\circ)\\
&=6\ \cos(5000t-60^\circ)+6\sin\\
&\quad(5000t-60^\circ)\\
&=8.49\ \cos(5000t-105^\circ)
\end{aligned}$$

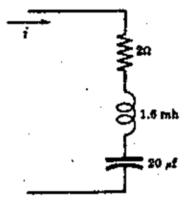


圖3-19

故電流領先總電壓$105^\circ-60^\circ=45^\circ$.

注意總電壓的最大值爲8.49伏特，比電感性元件或電容性元件的電壓最大值都要小。此現象可以由同一時間坐標上作圖的方法證明之.

√**8.** 圖 8-16 爲一電容器和一線圈的並聯電路，線圈電阻爲 R. 求此電路的共振頻率。

解

$$\mathbf{Y}_T=\frac{1}{R_L+j\omega L}+j\omega C$$

$$=\frac{R_L}{R_L^2+\omega^2L^2}+j\left(\omega C-\frac{\omega L}{R_L^2+\omega^2L^2}\right)$$

共振時，j 部分爲零，故

$$\frac{\omega_0 L}{R_L^2+\omega_0^2L^2}=\omega_0 C$$

由上式，可得

$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{R_L^2C}{L}}$$

若 $R_L\gg\omega_0 L$，則 $\omega_0\approx 1/\sqrt{LC}$.

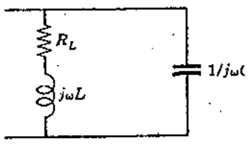


圖 8-16

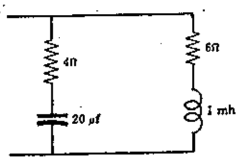


圖 8-17

19. 圖 9-21 的網路中包含有兩個電壓電源 $\mathbf{V}_1$ 及 $\mathbf{V}_2$，其中 $\mathbf{V}_1=30\angle 0^\circ$。試求 $\mathbf{V}_2$ 值以使阻抗 $2+j3$ 上的電流爲零。

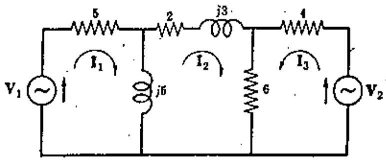


圖 9-21

解 各環路電流如圖中所示。則矩陣方程式爲：

$$\begin{bmatrix} 5+j5 & -j5 & 0 \\ -j5 & 8+j8 & 6 \\ 0 & 6 & 10 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 \\ \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{I}_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 30\angle 0^\circ \\ 0 \\ \mathbf{V}_2 \end{bmatrix}$$

由上式可求得電流，$\mathbf{I}_2$ 將此電流設爲 0，則

$$\mathbf{I}_2=\frac{\begin{vmatrix} 5+j5 & 30\angle 0^\circ & 0 \\ -j5 & 0 & 6 \\ 0 & \mathbf{V}_2 & 10 \end{vmatrix}}{\Delta_z}=0$$

展開得：

$$-30\angle 0^\circ\begin{vmatrix} -j5 & 6 \\ 0 & 10 \end{vmatrix}-\mathbf{V}_2\begin{vmatrix} 5+j5 & 0 \\ -j5 & 6 \end{vmatrix}=0$$

$$30\angle 0^\circ(50\angle -90^\circ)-\mathbf{V}_2(6)(5\sqrt{2}\angle 45^\circ)=0$$

故

$$\mathbf{V}_2=\frac{-30\angle 0^\circ(50\angle -90^\circ)}{6(5\sqrt{2}\angle 45^\circ)}=35.4\angle 45^\circ$$

另法：

若流經 $2+j3$ 分路上的電流爲零，則 $\mathbf{I}_2=0$. 故阻抗 $j5$ 和 6Ω 電阻上的電壓必相等，故，

$$\mathbf{I}_1(j5)=\mathbf{I}_3(6)$$

因 $\mathbf{I}_1=30\angle 0^\circ/(5+j5)$，$\mathbf{I}_3=\mathbf{V}_2/10$，故

$$\frac{30\angle 0^\circ}{5+j5}(j5)=\frac{\mathbf{V}_2}{10}(6)$$

$$\mathbf{V}_2=\frac{30\angle 90^\circ}{\sqrt{2}\angle 45^\circ}\ \frac{10}{6}=35.4\angle 45^\circ$$

✓6. 試求電路圖 10-12 中的電壓 $\mathbf{V}_{AB}$。

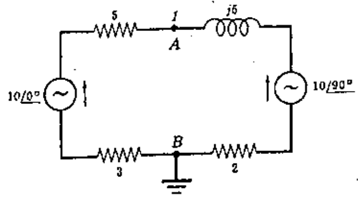


圖 10-12

解 此電路中沒有主節點。若令 B 點爲參考節點，A 點爲節點 1，假設兩個分路的電流均離開 A 點，則可寫出一方程式爲：

$$\frac{\mathbf{V}_1-10\angle 0^\circ}{(5+3)}+\frac{\mathbf{V}_1-10\angle 90^\circ}{(2+j5)}=0$$

或

$$\mathbf{V}_1\ \frac{1}{8}+\frac{1}{2+j5}=\frac{10\angle 0^\circ}{8}+\frac{10\angle 90^\circ}{2+j5}$$

由上式得，$\mathbf{V}_{AB}=\mathbf{V}_1=11.8\angle 55.05^\circ$

✓10. 試求電路圖 10-16 中電源的輸出功率及各電阻器的功率。

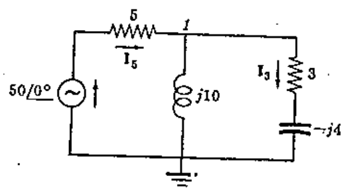


圖 10-16

解 節點方程式爲：

$$(\mathbf{V}_1-50\angle 0^\circ)/5+\mathbf{V}_1/j10$$
$$+\mathbf{V}_1/(3-j4)=0$$

由上式，得

$$\mathbf{V}_1=(10\angle 0^\circ)/(0.326\angle 10.6^\circ)$$
$$=30.7\angle -10.6^\circ$$

若 $\mathbf{I}_3$ 及 $\mathbf{I}_5$ 的方向如圖中所示，則

$$\mathbf{I}_5=(50\angle 0^\circ-\mathbf{V}_1)/5=(50\angle 0^\circ-30.7\angle -10.6^\circ)/5=4.12\angle 15.9^\circ$$
$$\mathbf{I}_3=\mathbf{V}_1/(3-j4)=(30.7\angle -10.6^\circ)/(5\angle -53.1^\circ)=6.14\angle 42.5^\circ$$

故電源的輸出功率爲：

$$P=VI_5\cos\theta=(50)(4.12)\cos 15.9^\circ=198\text{w}$$

由 $P=I^2R$ 求得各電阻器上的功率爲：

$$P_5=(I_5)^2\,5=(4.12)^2\,5=85\,\text{w}$$
$$P_3=(I_3)^2\,3=(6.14)^2\,3=113\,\text{w}$$

故二電阻器上消耗的總功率恰等於電源的輸出功率。

$$P_T=P_5+P_3=85+113=198\,\text{w}.$$

第十一章

1. 試求主動性電路圖11-10的錫威林等效電路。

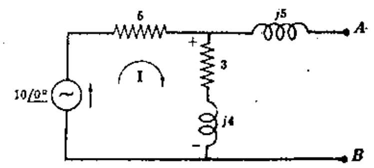


圖11-10

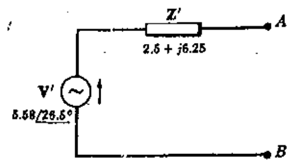


圖11-11

解：此電路的等效阻抗 z'，可令電源等於零時來求此阻抗，

$$Z' = j5 + \frac{5(3+j4)}{5+3+j8} = 2.5 + j6.25$$

圖11-10中，此開路的電流 $\mathbf{I} = (10\angle 0°)/(5+3+j4) = 1.117\angle -26.6°$
故開路電壓為阻抗 $3+j4$上的壓降

$$\mathbf{V}' = \mathbf{I}(3+j4) = (1.117\angle -26.6°)(5\angle 53.1°) = 5.58\angle 26.5°$$

$\mathbf{v}'$ 的極性是流進阻抗 $3+j4$的電流的方向，故在圖11-11 的等效電路中，電源 $\mathbf{v}'$的方向是向A點的方向。

11. 試求電橋電路，如圖11-28的錫威林等效電路，在何種情況時，端點AB的開路電壓為零？

解：將電壓電源令為零，則由AB處所看到的等效阻抗為 z_1 和 z_4 的並聯組合後再與 z_2，z_3 的並聯組合串聯，即

$$Z' = \frac{Z_1 Z_4}{Z_1 + Z_4} + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}$$

開路時，電源 $\mathbf{v}_G$ 產生分路電流 $\mathbf{i}_1$及$\mathbf{i}_2$，如圖所示

則 $\mathbf{I}_1 = \mathbf{V}_G/(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_4)$，$\mathbf{I}_2 = \mathbf{V}_G/(\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3)$

假設A點的電位比B高，

則 $\mathbf{V}' = \mathbf{V}_{AB} = \mathbf{I}_1\mathbf{Z}_4 - \mathbf{I}_2\mathbf{Z}_3$

$$= \frac{\mathbf{V}_G\mathbf{Z}_4}{\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_4} - \frac{\mathbf{Z}_3\mathbf{V}_G}{\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3}$$

$$= \mathbf{V}_G \frac{\mathbf{Z}_2\mathbf{Z}_4 - \mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_3}{(\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_4)(\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_3)}$$

錫威林等效電壓 $\mathbf{v}'$ 與 $\mathbf{Z}_2\mathbf{Z}_4 - \mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_3$ 成比例，故當 $\mathbf{Z}_2\mathbf{Z}_4 = \mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_3$ 時，

$\mathbf{V}_{AB} = \mathbf{V}' = 0$

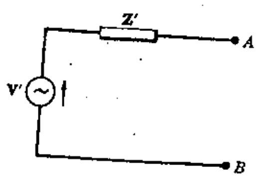


圖11-29

P8

√50. 試求圖 11-59 的諾爾頓等效電路。

答: $\mathbf{Z}' = 3.47\angle 6.85°$，$\mathbf{I}' = 9.0\angle 0°$

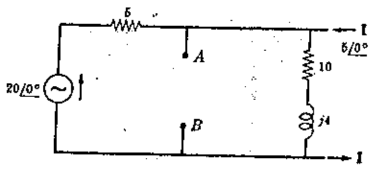


圖 11-59