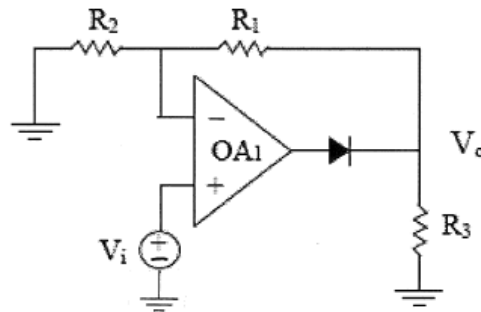


《電子學與電路學》

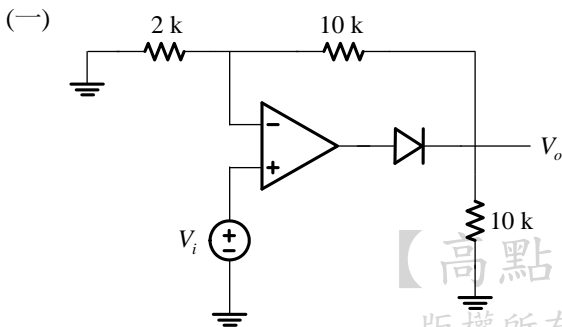
試題評析	<p>第一題：題目未述明 OPA 是否為理想，作答則以非理想 OPA 作答，再將條件調整為理想 OPA；另須考慮 OPA 輸出端之飽和電壓值。</p> <p>第二題：著重交流小信號分析之推導，可透過泰勒展開式，即可知小信號之條件；另配合驅動點阻抗法，可得等效電阻。</p> <p>第三題：答題須有等效觀念，再使用傳統諾頓等效電路推導方式，即可輕易得解。</p> <p>第四題：自耦變壓器感應電流與電壓之方向與極性須了解，即可輕易獲解。</p> <p>第五題：須了解 OPA 最基本求解觀念，再配合拉氏，即可求 $V_o(t)$ 之全態響應值。</p>
考點命中	<p>第一題：《高點電子學筆記第十一章》，張鼎老師編撰。</p> <p>第二題：《高點電子學筆記第七章》，張鼎老師編撰。</p> <p>第三題：《高點電子學筆記第一章》，張鼎老師編撰。</p> <p>第四題：《高點電子學筆記第四章》，張鼎老師編撰。</p> <p>第五題：《高點電子學筆記第九章》，張鼎老師編撰。</p>

一、圖中所示為運算放大器和二極體形成的電路， $R_1=10\text{ k}\Omega$ ， $R_2=2\text{ k}\Omega$ ， $R_3=10\text{ k}\Omega$ 。

(一)求本電路的特性，(二)若輸入信號 $V_i=5\sin\omega t(\text{V})$ ，畫出輸出信號 V_o 的波形。假設運算放大器的供應電壓源是 $\pm 15\text{V}$ ，最大輸出電壓是 $\pm 14\text{V}$ ，二極體的導通電壓是 0.7V 。(20 分)

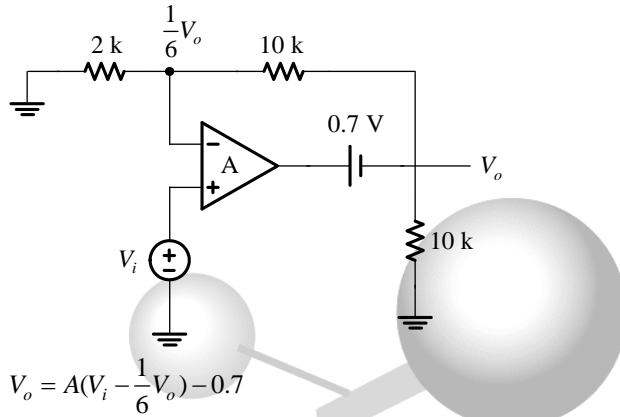


【擬答】



若 $V_i > 0\text{ V}$ ，則 D: on，得：

【高點法律專班】
版權所有，重製必究！



$$V_o = A(V_i - \frac{1}{6}V_o) - 0.7$$

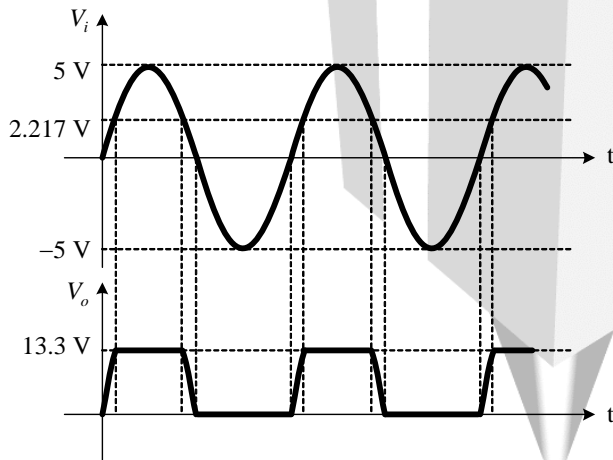
$$\Rightarrow V_o = \frac{6A}{A+6}V_i - \frac{6}{A+6} \times 0.7$$

若 $A \rightarrow \infty$ ，則 $V_o = 6V_i$

若 $V_i < 0$ V，則 D: off，得：

$$V_o = 0 \text{ V}$$

(二)



- 二、一顆雙極介面電晶體 (Bipolar Junction Transistor)，其集極 (Collector) 電流是呈自然指數關係，但小訊號模型卻是以線性關係來計算。(一)試問在何情況之下，小訊號模型可以成立？
 (二)假設 $I_C = I_S(e^{V_{BE}/V_T} - 1)$ ，其中 I_C 是集極電流， I_S 是逆向飽和電流， V_{BE} 是基極 (Base) 和射極 (Emitter) 之間的電壓， V_T 是溫度電壓。請推導從射極看入的小訊號內阻。(20 分)

【高點法律專班】

版權所有，重製必究！

【擬答】

$$(一) i_{c_i} = I_s e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} = I_s e^{\frac{V_{BE} + v_{be}}{V_T}} = I_s e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \cdot e^{\frac{v_{be}}{V_T}}$$

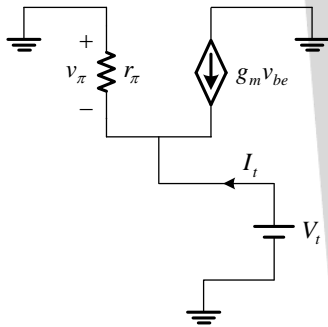
$$\frac{1}{2} I_c \cdot \left(1 + \frac{v_{be}}{V_T}\right) \cdots \left|\frac{v_{be}}{V_T}\right| \ll 1$$

$$\Rightarrow i_c + I_c = I_c \left(1 + \frac{v_{be}}{V_T}\right)$$

$$\Rightarrow i_c = \left(\frac{I_c}{V_T}\right) \cdot v_{be}$$

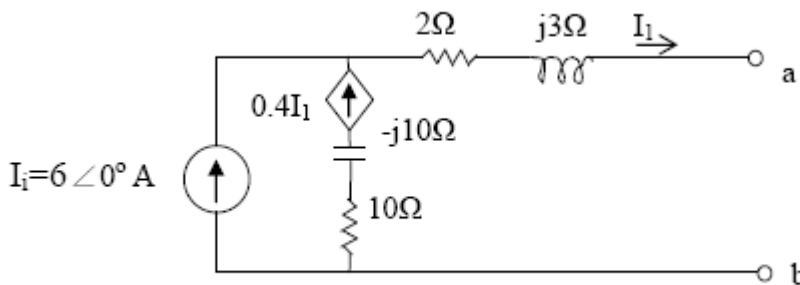
其中：小訊號模型成立之條件為 $|v_{be}| \ll V_T$

(二)

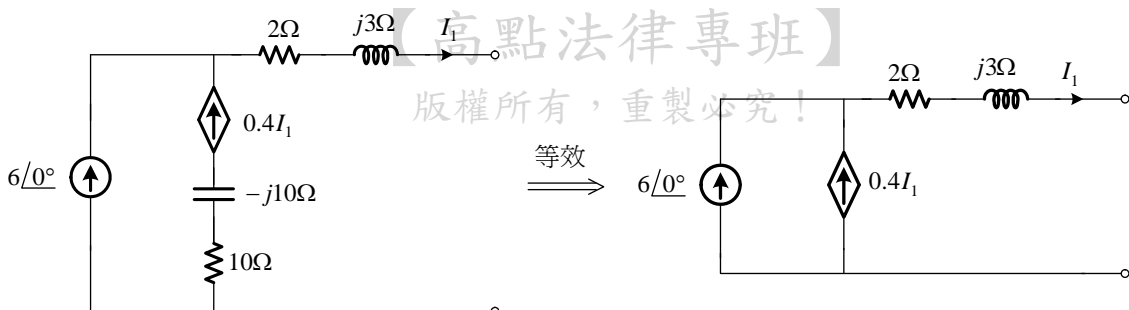


$$\begin{aligned} I &= -\left(g_m v_\pi + \frac{v_\pi}{r_\pi}\right) \\ &= -\left(g_m + \frac{1}{r_\pi}\right) \cdot (-V_t) \\ \Rightarrow R_{eq} &= \frac{V_t}{I_t} = \frac{1}{g_m + \frac{1}{r_\pi}} = \frac{r_\pi}{1 + g_m r_\pi} \end{aligned}$$

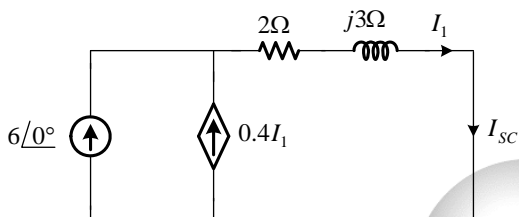
三、求從 a, b 兩端看進去的諾頓對等電路 (Norton Equivalent Circuit)。其中菱形電流源是依賴電流源 (dependent current source)。(20 分)



【擬答】



求 $I_N = I_{SC}$

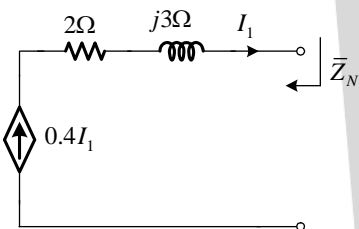


$$I_1 = 6\angle 0^\circ + 0.4I_1$$

$$\Rightarrow I_1 = 10\angle 0^\circ$$

$$\text{得 } I_{SC} = I_1 = 10\angle 0^\circ \text{ A}$$

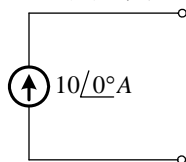
求 \bar{Z}_N :



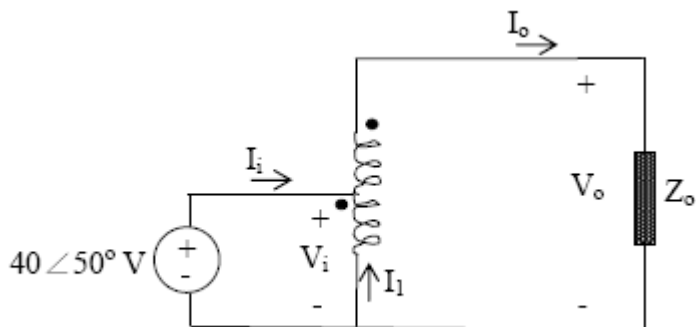
$$I_1 = 0.4I_1 \Rightarrow I_1 = 0$$

$$\text{得 } \bar{Z}_N = \infty \Omega$$

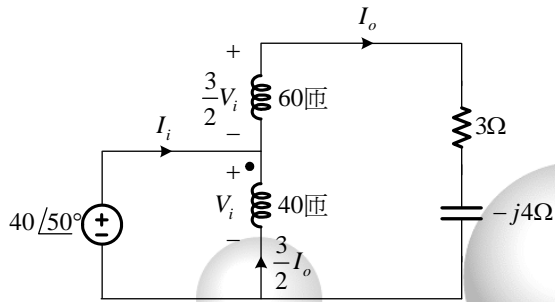
故本題之諾頓等效電路為：



四、一個自動變壓器 (autotransformer) 總共有 100 匝且可以調整輸入的線圈匝數，下列電路的輸入端有 40 匝且 $Z_o = 3 - j4 \Omega$ ，求 I_i ， I_1 ， I_o 。(20 分)



【擬答】



$$\frac{3}{2}V_i + V_i = I_o(3 - j4)$$

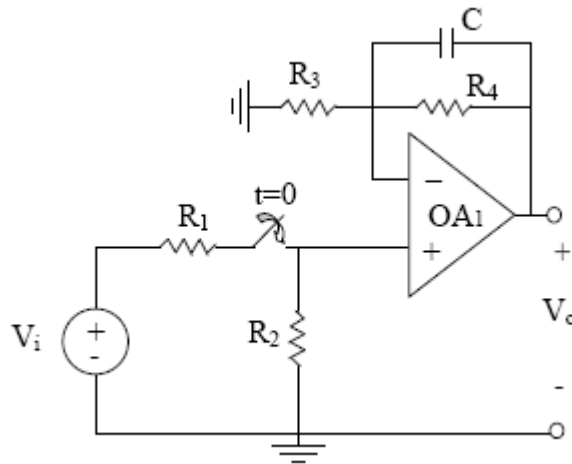
$$\Rightarrow \frac{5}{2} \times 40 \angle 50^\circ = I_o(3 - j4)$$

$$\Rightarrow I_o = 20 \angle 103^\circ \text{ A}$$

$$\text{得 } I_1 = \frac{3}{2}I_o = 30 \angle 103^\circ \text{ A}$$

$$I_i = -\frac{1}{2}I_o = -10 \angle 103^\circ \text{ A}$$

五、求輸出電壓 $V_o(t)$ ，當開關在 $t=0$ 接通電路，其中 $V_i=5\text{V}$ ， $R_1=8\text{ k}\Omega$ ， $R_2=12\text{ k}\Omega$ ， $R_3=10\text{ k}\Omega$ ， $R_4=20\text{ k}\Omega$ ， $C=5\text{ }\mu\text{F}$ 。(20 分)



【擬答】

此題題目中未說明電容器之初值電壓值；以下解法是假設電容器之初值電壓值 = 0 V，作答之

$$\frac{V_o}{L[\frac{12}{8+12} \times 5]} = 1 + \frac{SC // R_4}{R_3} = 1 + \frac{R_4 / R_3}{1 + SCR_4} = 1 + \frac{20}{S+10}$$

$$\Rightarrow V_o(s) = \frac{3}{S} + \frac{20}{S(S+10)} = \frac{3}{S} + \frac{2}{S} + \frac{-2}{S+10}$$

$$\Rightarrow v_o(t) = (5 - 2e^{-10t})u(t) \text{ V}$$