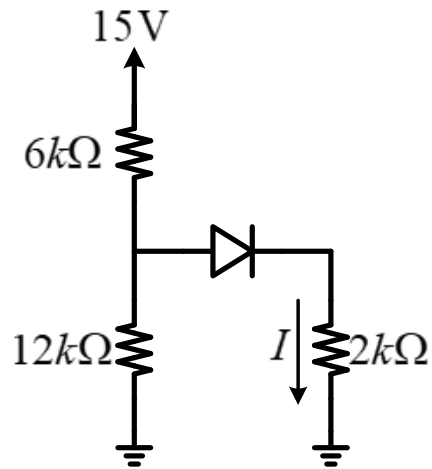


二極體電路試題範例及解答

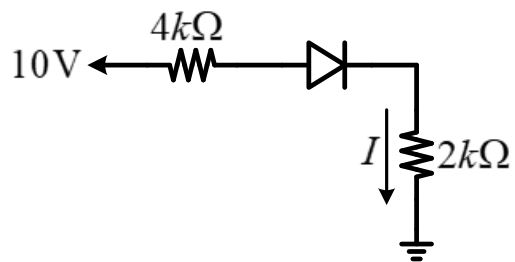
Question 1

如下圖所示之二極體電路， $V_D = 0.7V$ ，試求解電流 I 。



Sol:

原電路可做戴維寧等效如下圖：



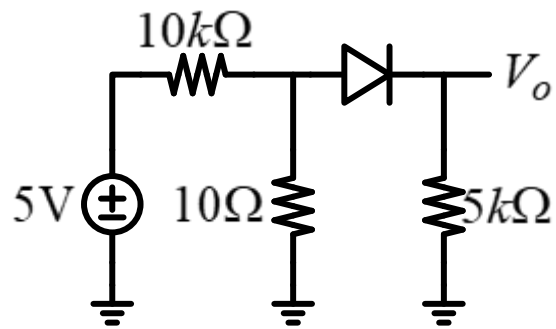
$$V_{TH} = 15 \cdot \frac{12k}{6k + 12k} = 10V$$

$$R_{TH} = 6k \parallel 12k = 4k\Omega$$

$$\text{故電流 } I = \frac{10 - 0.7}{4k + 2k} = 1.55mA$$

Question 2

如下圖所示之二極體電路， $V_D = 0.7V$ ，試求解電壓 V_o 。



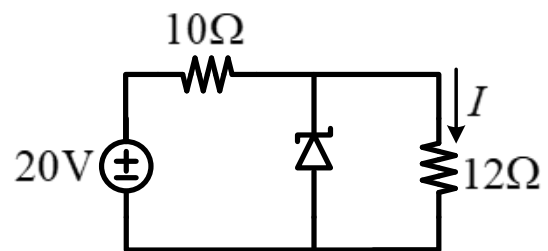
Sol:

$$\because 5 \cdot \frac{10}{10k+10} < 0.7V \text{ 故二極體不導通}$$

$$\Rightarrow V_o = 0V$$

Question 3

如下圖所示之二極體電路，積納二極體的崩潰電壓為 $10V$ ，試求解電流 I 。



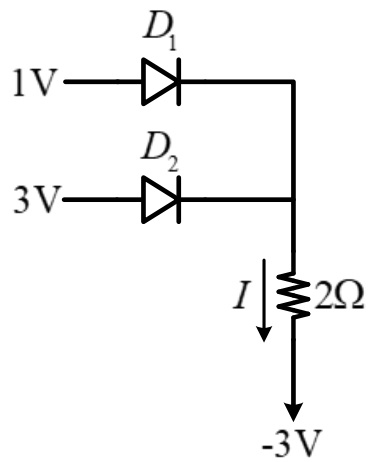
Sol:

$$20 \cdot \frac{12}{10+12} > 10V \Rightarrow \text{積納二極體崩潰}$$

$$\text{故電流 } I = \frac{10}{12} = \frac{5}{6} A$$

Question 4

如下圖所示之理想二極體電路，試求解電流I。



Sol:

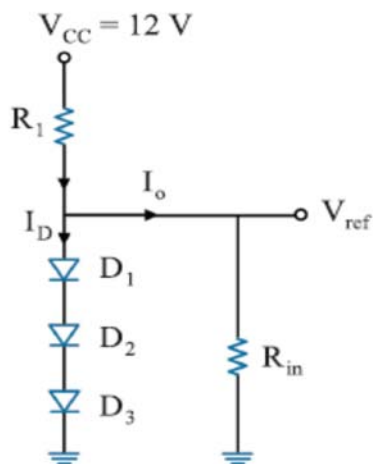
原電路假設 D_1 導通則 D_2 也會導通，此假設不合理

假設 D_2 導通則 D_1 不導通，此假設合理

$$\text{故電流 } I = \frac{3 - (-3)}{2} = 3A$$

Question 5

圖 5 中之 Diode 電路，其輸出電流 I_o 介於 0.2mA 至 1mA 之間。試求解電阻 R_1 之值，使電路中的二極體皆能維持導通且其流通電流 $I_D > 0.5mA$ 。



Sol:

分析電路時通常以最差狀況作為依據，假如最差狀況都能滿足的話，其他狀況必能滿足。

最差狀況發生在 $I_o = 1mA$ ，在此情況下必須使 $I_D > 0.5mA$

$$\Rightarrow I_{R1} = I_o + I_D > 1 + 0.5 = 1.5mA$$

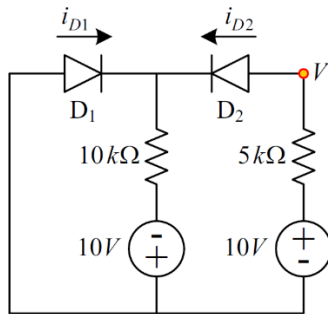
$$\Rightarrow I_{R1} = \frac{V_{cc} - V_{ref}}{R_1} = \frac{12 - 2.1}{R_1} = \frac{9.9}{R_1}$$

$$\Rightarrow \frac{9.9}{R_1} > 1.5mA$$

$$\Rightarrow R_1 < 6.6k\Omega$$

Question 6

求解下列電路中所標示的電壓 V 及電流 i_{D1} 、 i_{D2} ，其中二極體皆視為理想二極體元件。



Step 1.

Diode	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
D ₁	順向	順向	逆向	逆向
D ₂	順向	逆向	順向	逆向

電路圖中 2 個二極體共有 4 種可能偏壓情況：

Step 2.

假設二極體偏壓情況為 **Condition 1**，即 D₁ 及 D₂ 二極體皆為導通(短路)，因此

$V=0$ (與接地同電位)；

由歐姆定律可知， $i_{D2} = \frac{10-V}{5 \times 10^3} = \frac{10-0}{5 \times 10^3} = 2mA$

由 KCL 定律可知， $i_{D1} + i_{D2} = \frac{V-(-10)}{10 \times 10^3} = \frac{10}{10 \times 10^3} = 1mA \Rightarrow i_{D1} = -1mA$

但 D₁ 為順偏與假設不符。

Step 3.

令偏壓情況為 **Condition 3**，即 D₁ 為斷路、D₂ 為導通(短路)， $i_{D1} = 0$ ；

由 KVL 定律可知， $5 \times 10^3 i_{D2} - 10 - 10 + 10 \times 10^3 i_{D2} = 0 \Rightarrow i_{D2} = \frac{4}{3} mA$

因此可求解 $V = -10 - (5 \times 10^3) \times (\frac{4}{3} \times 10^{-3}) = 3.33V$

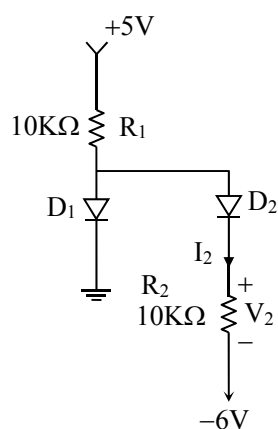
Step 4.

二極體元件 D₁： $v_{D1} = 0 - V = -3.33 < 0$ (逆向偏壓)、 $i_{D1} = 0$ ，符合假設；

二極體元件 D₂： $v_{D2} = 0$ (順向偏壓)、 $i_{D2} = \frac{4}{3} mA > 0$ ，符合假設。

Question 7

圖 7 中之 Diode 電路，試求解電阻 R 的跨電壓 V_2 及流通的電流 I_2 。



Sol:

先假定 D_1 和 D_2 皆處於導通狀態：

$$I_{R1} = \frac{5 - 0.7}{10K} = 0.43(\text{mA})$$

$$I_2 = \frac{0.7 - 0.7 - (-6)}{10K} = 0.6(\text{mA})$$

$\therefore I_2 > I_1$ 故假定不合理， D_1 、 D_2 不可能同時導通。由於 D_2 陰極接至 $-6V$ 故應處於導通狀態。

我們假定 D_1 截止而 D_2 導通：

$$I_{R1} = I_2 = \frac{5 - 0.7 - (-6)}{10K + 10K} = 0.515(\text{mA})$$

$$V_2 = I_2 \cdot (10K) = 5.15(\text{V})$$

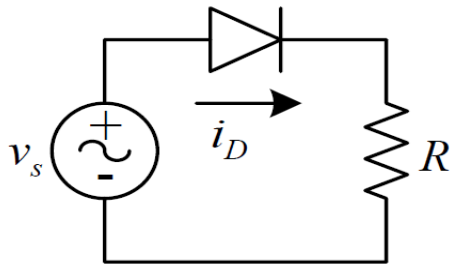
check: $V_{D1} = 5 - I_{R1} \cdot R_1 = -0.15(\text{V})$ ，無法使 D_1 導通。

故假定正確， I_2 及 V_2 即正確答案。

Question 8

下列電路圖為一整流電路，其中二極體元件可視為理想二極體。若輸入源為 120Vrms 弦波電壓，試求解：

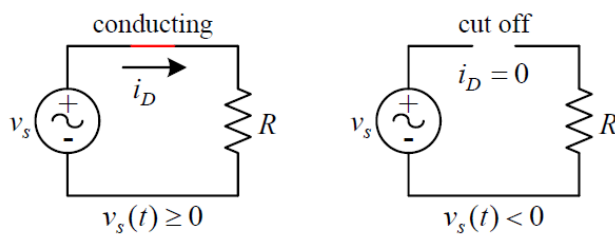
- a) 電阻值 R ，使通過二極體的電流峰值不超過 50mA；
- b) 二極體元件的最大逆向電壓。



Sol :

Step1.

輸入有效電壓值 120Vrms : $V_S(t) = 120\sqrt{2}\sin(\omega t)$ V



Step2.

由 $V_S(t) = 120\sqrt{2}\sin(\omega t)$ 可知，通過電阻元件 R 的最大電流值為

$$i_{D\max} = \frac{120\sqrt{2}}{R} \leq 50 \text{ mA}$$

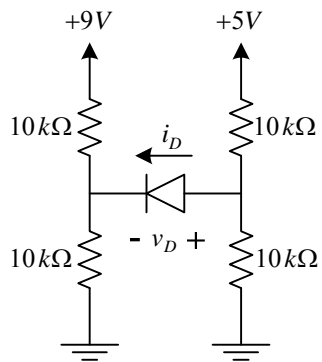
因此電阻值最小應為

$$R_{\min} = \frac{120\sqrt{2}}{50 \times 10^{-3}} = 3.4 \text{ k}\Omega$$

Question 9

試利用二極體定電壓降模型，求解下列電路圖中二極體元件的跨電壓值 v_D 及通過的電流值 i_D ，

其中 $V_D = 0.7V$ 。



在右邊的節點 電壓為 2.5V

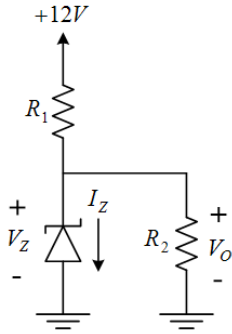
在左邊的節點 電壓為 4.5V

因為二極體只能順向偏壓流動 但此時右邊節點的電壓較小 無法產生順向偏壓
因此兩者皆為 0

Question 10

圖10電路中，若稽納二極體的崩潰電壓 $V_{ZK} = 2V$ 、電阻 $R_1 = 10k\Omega$ ，試根據下列情形求解流經稽納二極體的電流 I_Z 及電壓 V_Z 。

- a) 電阻 $R_2 = 5k\Omega$ ；
b) 電阻 $R_2 = 1k\Omega$ 。



Sol:

(a)

Step1：我們先假設稽納二極體的工作狀態位於崩潰電壓區。

Step2：由題目得知 $V_Z = 2V$ ， $V_{R1} = 12 - 2 = 10V$

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = 1mA, \quad I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3} = 0.4mA$$

在 node1 利用克希荷夫電流定律可知道通過二極體的電流

$$\Rightarrow I_Z = 1 - 0.4 = 0.6(mA); \quad V_Z = 2V$$

(b)

Step1：我們先假設稽納二極體的工作狀態位於崩潰電壓區。

Step2：由題目得知 $V_Z = 2V$ ， $V_{R1} = 12 - 2 = 10V$ ，

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = 1mA, \quad I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3} = 2mA$$

在 node1 利用克希荷夫電流定律可知道通過二極體的電流 $I_Z = 1 - 2 = -1mA$

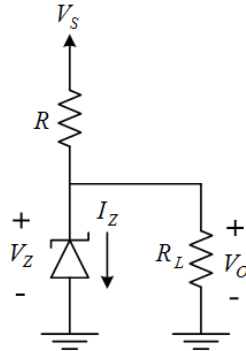
表示電流方向向上，與步驟一假設矛盾。

Step3：我們可知道工作狀態應該在反向電壓區，通過二極體電流 $I_Z = 0$ ，

$$\text{利用分壓定理 } V_Z = V_{R3} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \times 12 = 1.09V$$

Question 11

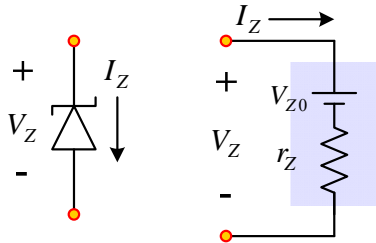
圖 11 電路中，電阻 $R=250\Omega$ 、齊納二極體的崩潰電流 $I_{ZK}=0.5mA$ 及等效模型參數 $r_z=30\Omega$ 。若輸出電壓 $V_o = 7.5V$ 時，流經齊納二極體的電流 $I_Z = 12mA$ ；若當輸入電壓存在有 $\pm 1V$ 的電壓波動時，即 $V_s = 10 \pm 1V$ ，試求解負載電阻 R_L 的最小值，使 $I_Z \geq I_{ZK}$ 。



Sol:

Step 1.

齊納二極體等效模型(內阻 r_z 及定電壓降 V_{Z0})如下：



由於輸出電壓 V_o 即為齊納二極體元件跨電壓 V_Z ，因此當 $V_Z = V_o = 7.5V$ 時，通過電流為 $I_Z = 12mA$ 且 $r_z = 30\Omega$ ，可求解齊納二極體等效模型之定電壓降 V_{Z0}

$$V_Z = V_{Z0} + r_z I_Z \Rightarrow V_{Z0} = V_Z - r_z I_Z = 7.5 - 30 \times (12 \times 10^{-3}) = 7.14V$$

Step 2.

由電阻元件之歐姆定律可知： $I = \frac{V_s - V_o}{R} = \frac{V_s - V_Z}{R}$ 、 $R_L = \frac{V_o}{I_L} = \frac{V_Z}{I - I_Z}$

由齊納二極體之等效模型可知： $V_Z = V_{Z0} + r_z I_Z$

$$\Rightarrow I = \frac{V_s - V_Z}{R} = \frac{V_s - (V_{Z0} + r_z I_Z)}{R} \quad \& \quad I_L = I - I_Z = \frac{V_s - (V_{Z0} + r_z I_Z) - I_Z R}{R}$$

因此負載電阻 R_L 可表示為，

$$R_L = \frac{V_Z}{\frac{V_s - (V_{Z0} + r_z I_Z) - I_Z R}{R}} = \frac{(V_{Z0} + r_z I_Z)R}{(V_s - V_{Z0}) - (r_z + R)I_Z}$$

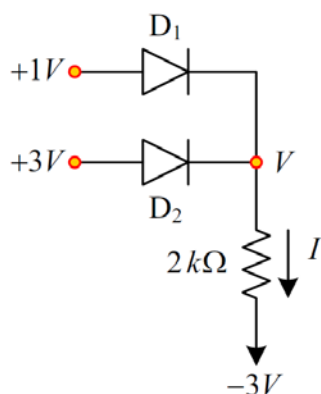
可明顯看出，當 $V_s = V_{s\max} = 11V$ 且 $I_Z = I_{Z\min} = I_{ZK} = 0.5mA$ 時，可求得負載電阻 R_L 之最小值 $R_{L\min}$ ，

$$R_{L\min} = \frac{(V_{Z0} + r_z I_{Z\min})R}{(V_{s\max} - V_{Z0}) - (r_z + R)I_{Z\min}} = \frac{(7.14 + 30 \times 0.5 \times 10^{-3}) \times 250}{(11 - 7.14) - (30 + 250) \times (0.5 \times 10^{-3})}$$

$$\Rightarrow R_{L\min} = 480.85\Omega$$

Question 12

求解下列二極體電路，所標示的電壓 V 及電流 I ，其中二極體皆視為理想二極體元件。



Sol :

Step 1.

Diode	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
D1	順向	順向	逆向	逆向
D2	順向	逆向	順向	逆向

電路圖中 2 個二極體共有 4 種可能偏壓情況：

Step 2.

假設二極體偏壓情況為 **Condition 1**，即二極體 D_1 及 D_2 皆為導通(短路)。

$V = 1V$ 同時 $V = 3V$ 有違常理。且 $V = 3V$ 時， D_1 應為不導通，即斷路，與假設之偏壓條件 **Condition 1** 不符，需再嘗試其它偏壓情況。

Step 3.

假設二極體偏壓情況為 **Condition 3**，即 D_1 斷路、 D_2 導通(短路)，由「二極體為理想二極體元件」可知 $v_D = 0$ ，因此 $V = 3V$ 。

由歐姆定律可知 $I = \frac{3 - (-3)}{2 \times 10^3} = 3mA$

Step 4.

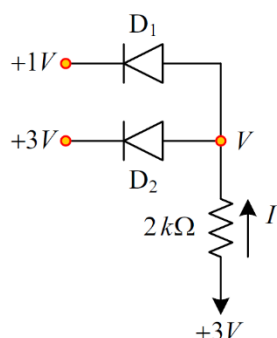
驗證所假設之二極體元件偏壓情況是否正確？

二極體元件 D_1 ： $v_{D1} = 1 - 3 = -2 < 0$ (逆向偏壓)、 $i_{D1} = 0$ (斷路)，符合假設；

二極體元件 D_2 ： $v_{D2} = 0$ (順向偏壓)、 $i_{D2} = I = 2mA > 0$ ，符合假設。

Question 13

求解下列二極體電路，所標示的電壓 V 及電流 I ，其中二極體皆視為理想二極體元件。



Step 1.

Diode	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
D ₁	順向	順向	逆向	逆向
D ₂	順向	逆向	順向	逆向

由於電路圖中 2 個二極體共有 4 種可能偏壓情況：

Step 2.

假設二極體偏壓情況為 **Condition 4**，即 D₁ 及 D₂ 皆為斷路。

通過 $2k\Omega$ 之電流值 $I = 0$ (無電壓升或電壓降)，即 $V = 3V$ 。但 $V = 3V$ 時，二極體 D₁、D₂ 皆為順向偏壓 ($v_{D1} = 3 - 1 = 2 > 0$ 、 $v_{D2} = 0$)，與假設「D₁、D₂ 皆為斷路」不符，因此 **Condition 4** 之假設條件有誤，需再嘗試其它偏壓情況。

Step 3.

假設電路中二極體偏壓情況為 **Condition 2**，即 D₁ 短路、D₂ 斷路。

由「二極體為理想二極體元件」可知 $v_{D1} = 0$ ，因此 $V = 1V$ 。

由歐姆定律可知 $I = \frac{3-1}{2 \times 10^3} = 1mA$

Step 4.

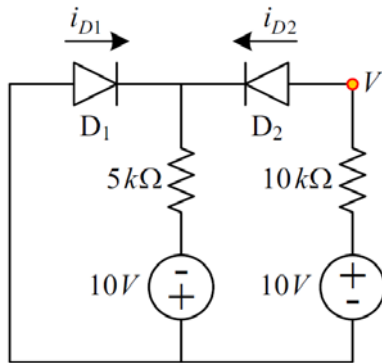
驗證所假設之二極體元件偏壓情況是否正確？

二極體元件 D₁： $v_{D1} = 1 - 1 = 0$ (順向偏壓)、 $i_{D1} = I = 1mA > 0$ ，符合假設；

二極體元件 D₂： $v_{D2} = 1 - 3 = -2 < 0$ (逆向偏壓)、 $i_{D2} = 0$ (斷路)，符合假設。

Question 14

求解下列電路中所標示的電壓 V 及電流 i_{D1} 、 i_{D2} ，其中二極體皆視為理想二極體元件。



Sol:

Step 1.

Diode	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
D ₁	順向	順向	逆向	逆向
D ₂	順向	逆向	順向	逆向

電路圖中 2 個二極體共有 4 種可能偏壓情況：

Step 2.

假設二極體偏壓情況為 **Condition 3**，即 D₁ 為斷路、D₂ 為導通(短路)： $i_{D1} = 0$ ；

由 KVL 定律可知， $5 \times 10^3 I_{D2} - 10 - 10 + 10 \times 10^3 i_{D2} = 0 \Rightarrow i_{D2} = \frac{4}{3} \text{mA}$

$$V = -10 - (10 \times 10^3) \times \left(\frac{4}{3} \times 10^{-3}\right) = -23.33V$$

·但 D₁ 應為順向偏壓與假設條件不符。

Step 3.

假設電路中二極體偏壓情況為 **Condition 1**，即 D₁ 及 D₂ 二極體元件皆為導通(短路)， $V = 0$ (與接地同電位)；

$$\text{由歐姆定律可知，} i_{D2} = \frac{10 - V}{10 \times 10^3} = \frac{10 - 0}{10 \times 10^3} = 1 \text{mA}$$

$$\text{由 KCL 定律可知，} i_{D1} + i_{D2} = \frac{V - (-10)}{(5 \times 10^3)} = 2 \text{mA} \Rightarrow i_{D1} = 1 \text{mA}$$

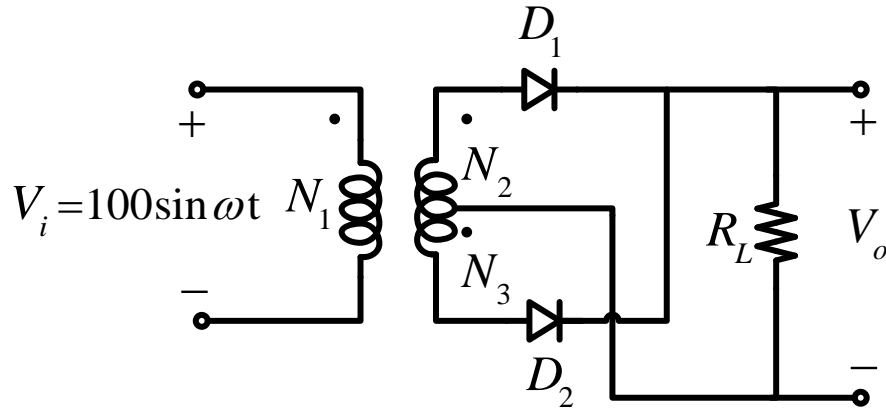
Step 4.

二極體元件 D₁： $v_{D1} = 0$ (順向偏壓)、 $i_{D1} = 1 \text{mA} > 0$ ，符合假設；

二極體元件 D₂： $v_{D2} = 0$ (順向偏壓)、 $i_{D2} = 2 \text{mA} > 0$ ，符合假設。

Question 15

如下圖所示之整流電路，若匝數比 $N_1:N_2:N_3=5:1:1$ ， $R_L=1k\Omega$ ，二極體均視為理想元件，試求解平均負載電流以及二極體 D_1 之逆向峰值電壓。



Sol:

二次側峰值電壓為 $100 \cdot \frac{1}{5} = 20V$

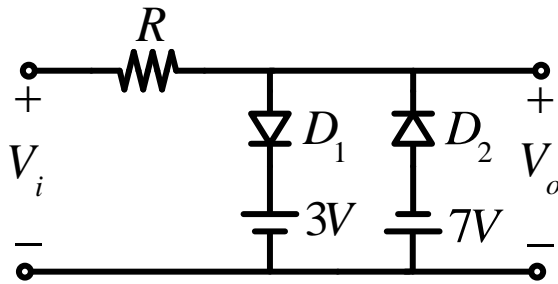
\therefore 輸出直流電壓 $V_{dc} = \frac{2}{\pi} \cdot 20 = 12.73V$

則平均負載電流 $I_L = \frac{V_{dc}}{R_L} = 12.73mA$

$PIV = 2 \cdot 20 = 40V$

Question 16

如下圖所示之理想二極體電路， V_i 為峰對峰值 $10V$ 之對稱方波，試求解 V_o 之峰對峰值。



Sol:

當 $V_i = 5V$ 時， D_1 導通、 D_2 不導通， $V_o = 3V$

當 $V_i = -5V$ 時， D_1 及 D_2 不導通， $V_o = -5V$

故 V_o 之 V_{p-p} 為 $3 - (-5) = 8V$