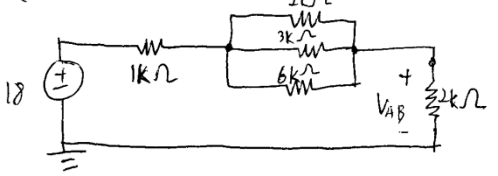
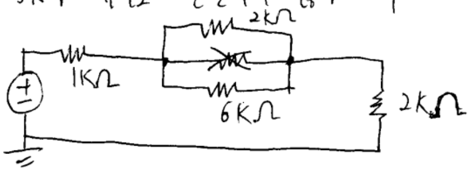
1. (a) 회로가 정상적으로 구성되었다면



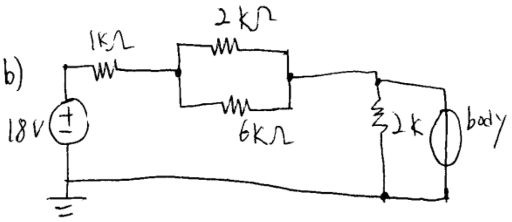
$$V_{AB} = 18 \times \frac{2}{1 + (2\|3\|6) + 2} = 18 \times \frac{2}{4} = 9(V)$$

3K가 제대로 연결되지 않아 open



$$V_{AB} = 18 \times \frac{2}{1 + (2\|6) + 2} = 18 \times \frac{2}{4.5} = 8$$

(b)



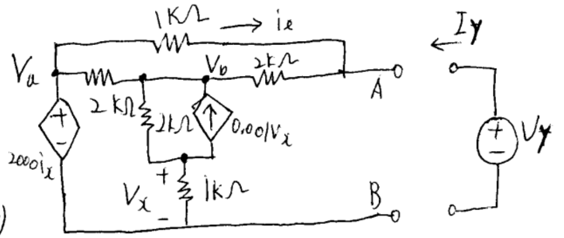
2k는 인체에 비해 저항이 크므로 무시 (open)

body에 흐르는 전류:

$$18V \times \frac{1}{1 + (2\|6)} = \frac{36}{5}(mA)$$

인체에 7.2mA의 전류가 흐른다.

2. V_T : 0(V) (∵ no active source)



$R_T = \frac{V_y}{I_y}$ $\quad i_x = \frac{2000 i_x - V_y}{1K}$

$V_y = 1000 i_x$ $\quad i_x = \frac{V_y}{1000}$, $V_a = 2000 i_x = 2V_y$

V_b에서 KCL

$$-0.001V_x + \frac{V_b - 2V_y}{2k} + \frac{V_b - V_y}{2k} + \frac{V_b - V_x}{2k} = 0$$

$$\frac{3}{2k}V_b - \frac{3}{2k}V_x = \frac{3}{2k}V_y \qquad V_b - V_x = V_y \text{ —①}$$

V_x에서 KCL

$$\frac{V_x - V_b}{2k} + \frac{V_x}{1k} + 0.001V_x = 0$$

$$-\frac{1}{2k}V_b + \frac{5}{2k}V_x = 0. \qquad -V_b + 5V_x = 0 \text{ —②}$$

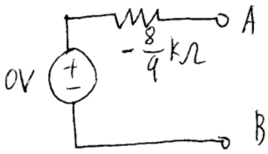
①.② 연립하면

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 5 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} V_b \\ V_x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_y \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_b \\ V_x \end{pmatrix} = \frac{1}{4}\begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} V_y \\ 0 \end{pmatrix} \qquad V_b = \frac{5}{4}V_y$$

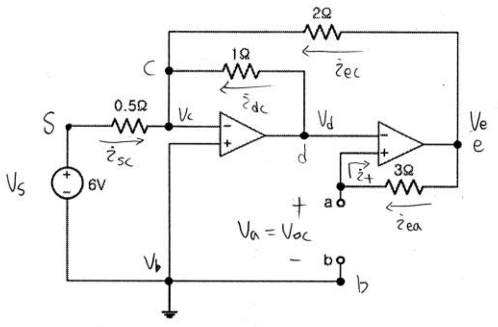
$$\therefore I_y = \frac{V_y - V_a}{1K} + \frac{V_y - V_b}{2K} = \frac{-V_y}{1K} + \frac{-\frac{1}{4}V_y}{2K}$$

$$= -\frac{9}{8K}V_y \qquad \therefore R_T = \frac{V_y}{I_y} = -\frac{8k}{9}(\Omega)$$

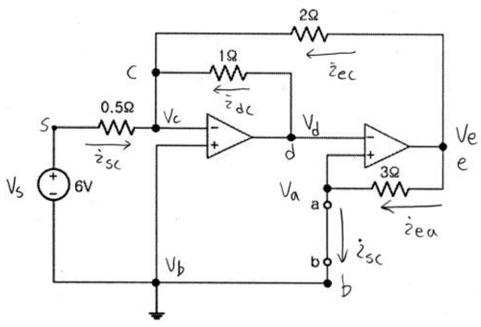


< 2009년 1학기 회로이론 1 중간고사 2차 답안 >

Problem 3



(1)번 그림



(2)번 그림

(1) $V_b = V_c = 0$,

a, b 가 open 이므로 $i_{ea} = i_+ = 0$ $\quad \therefore V_a = V_e \Rightarrow V_a = V_d = V_e$

C 노드에서 KCL을 적용

$$i_{sc} + i_{dc} + i_{ec} = 0$$

$$\frac{V_s - V_c}{0.5} + \frac{V_d - V_c}{1} + \frac{V_e - V_c}{2} = 0$$

$$\frac{6}{0.5} + \frac{V_a}{1} + \frac{V_a}{2} = 0 \quad (\because \; V_c = 0, \quad V_d = V_e = V_a)$$

$$\therefore \; V_{oc} = V_a = -8\,V$$

(2) $V_b = V_c = 0$

$V_a = V_d = 0$

C 노드에서 KCL을 적용

$$i_{sc} + i_{dc} + i_{ec} = 0$$

$$\frac{V_s - V_c}{0.5} + \frac{V_d - V_c}{1} + \frac{V_e - V_c}{2} = 0$$

$$\frac{6}{0.5} + 0 + \frac{V_e}{2} = 0 \quad (\because \; V_c = V_d = 0)$$

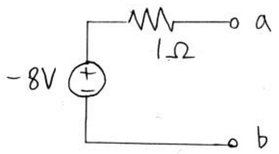
$\therefore \quad V_e = -24\ V$

$i_{ea} = \dfrac{V_e - V_a}{3} = \dfrac{-24}{3} = -8\ A$

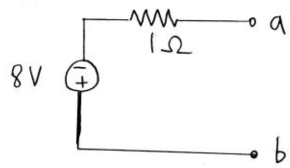
$\therefore \quad \underline{\underline{i_{sc} = i_{ea} = -8\ A}}$

(3) $R_{th} = \dfrac{V_{oc}}{i_{sc}} = \dfrac{-8\ V}{-8\ A} = 1\ \Omega$

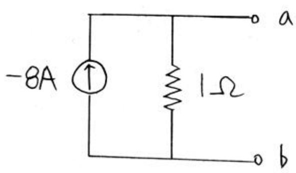
Thevenin Equivalent Circuit



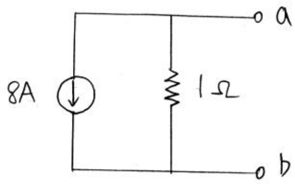
or



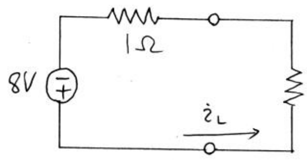
Norton Equivalent Circuit



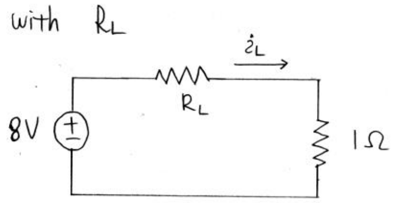
or



(4) Thevenin Equivalent Circuit with R_L



$\Longrightarrow$



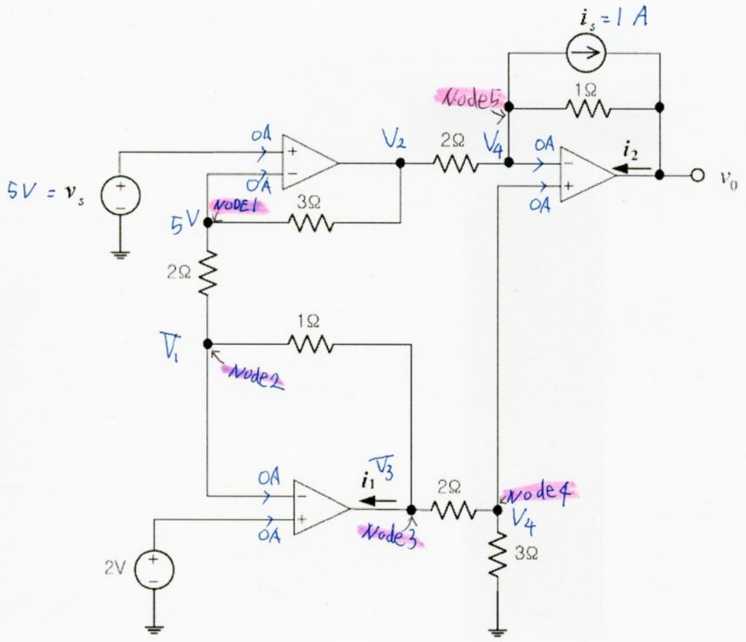
$i_L = \dfrac{8}{1+R_L}\ A$, R_L의 소모 전력 $P_L = i_L^2 \cdot R_L = \left(\dfrac{8}{1+R_L}\right)^2 R_L = \dfrac{64 R_L}{(1+R_L)^2}$

P_L의 소모전력이 최대가 되기 위한 조건 : $\dfrac{\partial P_L}{\partial R_L} = \dfrac{64(1+R_L)^2 - 2 \cdot 64 R_L (1+R_L)}{(1+R_L)^4} = 0$

$\therefore \quad R_L^2 = 1$, $\underline{R_L = 1\ \Omega}$

$P_{L,max} = P_L \Big|_{R_L = 1\Omega} = \dfrac{64 R_L}{(1+R_L)^2}\Big|_{R_L=1} = \underline{\underline{16\ W}}$

<4번 풀이>



(1) 문제에서 Ideal OPAmp라고 하였기 때문에 각 OPAmp의 (-)단자와 (+)단자로 흘러 들어가는 전류는 0이고 두 단자 사이의 전압은 0 이다.
이를 이용하면 위의 그림처럼 나타낼수 있다.
각 Node에서 KCL을 이용하여 방정식을 세우자.

Node 1 : $\frac{5-V_1}{2} + \frac{5-V_2}{3} = 0$

Node 2 : $\frac{V_1-5}{2} + \frac{V_1-V_3}{1} = 0$

Node 3 : $\frac{V_3-V_1}{1} + \frac{V_3-V_4}{2} + i_1 = 0$

Node 4 : $\frac{V_4-V_3}{2} + \frac{V_4-0}{3} = 0$

Node 5 : $\frac{V_4-V_2}{2} + \frac{V_4-V_0}{1} + i_s = 0$

(2) Node 1, 2, 4의 방정식과 $V_1 = 2V$ 임을 이용하자.

연립하여 계산하면 다음의 값을 구할 수 있다.

$V_1 = 2$ [V]

$V_2 = 9.5$ [V]

$V_3 = 0.5$ [V]

$V_4 = 0.3$ [V]

위에서 구한 값을 Node 5의 방정식에 대입하자. ($i_s = 1A$)

$$\therefore V_0 = \frac{3}{2}V_4 - \frac{1}{2}V_2 + i_s$$

$$= -3.3 \text{ [V]}$$

(3) Node 3의 방정식을 이용하자.

$$i_1 = -\frac{3}{2}V_3 + V_1 + \frac{V_4}{2}$$

$$= 1.4 \text{ [A]}$$

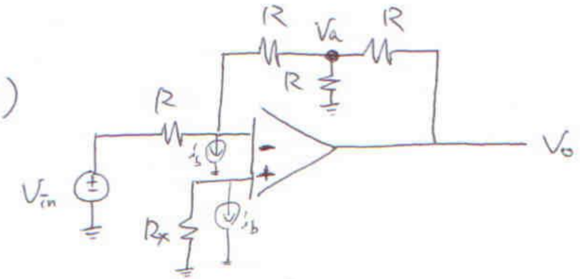
i_2를 구하기 위해 출력단에서 KCL을 적용하자.

$$i_2 + \frac{V_0 - V_4}{1} - i_s = 0$$

$$\therefore i_2 = i_s + V_4 - V_0$$

$$= 4.6 \text{ [A]}$$

5)



offset model 사용

$$V_+ = -R_x i_b = V_- \quad \text{——— ①}$$

V- node 에서 node eq 를 구하면

$$\frac{V_{in} - V_-}{R} + \frac{V_a - V_1}{R} = i_b$$

$$\Rightarrow V_{in} + V_a - 2V_- = R i_b \quad \text{——— ②}$$

Va node 에서 node eq ...

$$\frac{V_a - V_-}{R} + \frac{V_a}{R} + \frac{V_a - V_o}{R} = 0$$

$$\Rightarrow 3V_a - V_- - V_o = 0. \quad \Rightarrow 3V_a = V_- + V_o \quad \text{——— ③}$$

$$V_{in} + \frac{V_- + V_o}{3} - 2V_a = R i_b \qquad \text{②식에 ③식 대입}$$

$$\Rightarrow 3V_{in} + V_- + V_o - 6V_a = 3R i_b$$

$$\Rightarrow 3V_{in} + V_o - 5(-R_x i_b) = 3R i_b \qquad \text{①식 대입.}$$

zero input offset Voltage 만족하려면 $V_{in} = 0 \Rightarrow V_o = 0$.

$$\therefore 5R_x \cancel{i_b} = 3R \cancel{i_b}$$

$$R_x = \frac{3}{5} R.$$

문제6.

(a) find

i) V_{oc}

$-V_s + R_1 i_a + (d+1) R_2 i_a = 0$

$$i_a = \frac{V_s}{R_1 + (d+1)R_2}$$

$$V_{oc} = R_2 \cdot (d+1) i_a$$

$$= \frac{(d+1) R_2 \cdot V_s}{R_1 + (d+1) R_2}$$

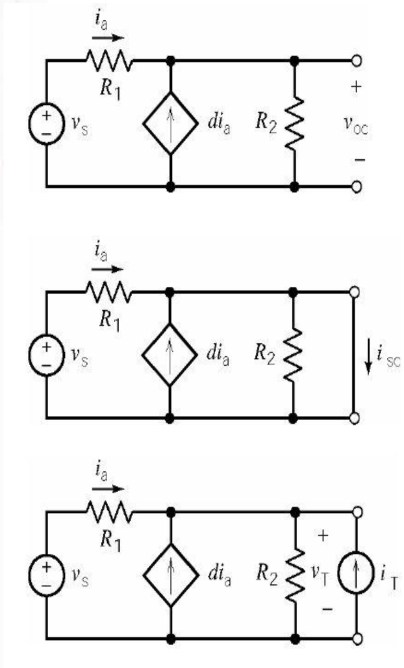
ii) find i_{sc}

$$i_{sc} = (d+1)\, i_a \quad \left(i_a = \frac{V_s}{R_1}\right)$$

$$= \frac{(d+1)V_s}{R_1}$$

$$\therefore R_t = \frac{\dfrac{\cancel{(d+1)}R_2 \cdot \cancel{V_s}}{R_1 + (d+1)R_2}}{\dfrac{\cancel{(d+1)V_s}}{R_1}} = \frac{V_{oc}}{i_{sc}}$$

$$= \frac{R_1 R_2}{R_1 + (d+1)R_2}$$



그래프로 부터 $V_{oc} = 5V$ (y 절편), $R_t = 625\Omega$ (기울기) 이므로

find d,

$$625\Omega = \frac{1000 \cdot 10\cancel{0}0}{1\cancel{0}00 + (d+1) \cdot 10\cancel{0}0} = \frac{1000}{d+2} \qquad d = \frac{1000}{625} - 2$$

$$\boxed{\therefore d = -0.4 A/A}$$

find V_s,

$$5V = \frac{(d+1) \cdot 10\cancel{0}0 \cdot V_s}{10\cancel{0}0 + (d+1) \cdot 1000} = \frac{d+1}{d+2} \cdot V_s \qquad V_s = \frac{-0.4+2}{-0.4+1} \cdot 5$$

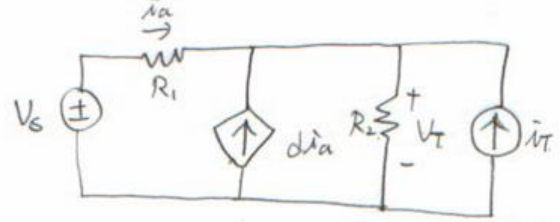
$$\boxed{\therefore V_s = 13.33V}$$

i_{sc}를 이용하면

$$0.008 = \frac{d+1}{1000} \cdot V_s \qquad V_s = \frac{8}{-0.4+1} = \frac{8}{0.6}$$

$$\boxed{= 13.33V}$$

다른 풀이 방법



test 전류 i_T를 이용해서

$$-i_a - \alpha i_a + \frac{V_T}{R_2} - i_T = 0$$

$$i_T = -(\alpha+1) i_a + \frac{V_T}{R_2}$$

$$R_1 i_a = -V_T$$

$$i_a = -\frac{V_T}{R_1}$$

$$i_T = (\alpha+1)\cdot\frac{V_T}{R_1} + \frac{V_T}{R_2} = \frac{R_2(\alpha+1)+R}{R_1R_2} \times V_T$$

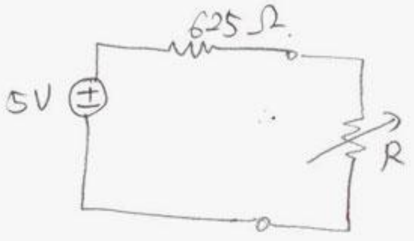
$$R_t = \frac{V_T}{i_T} = \frac{R_1R_2}{R_1+(\alpha+1)R_2}$$

그래프로 부터 V_{oc}, R_t를 구해서 대입하고

α, V_s는 앞의 방법과 같이 구한다.

(b)

(a)로부터 V_{OC} = 5V, Isc = 8mA, Rt = 625Ω (문제의 그래프로부터)



Max power transfer는 Rt와 같은 값인 625Ω 일 때이고 가변저항의 범위에 625Ω이 포함되므로

R에 걸리는 최대 파워는

$$P_R = \frac{(2.5)^2}{625\Omega} = \underline{10mW}$$

문제3부터 가변저항의 안전한 power 가용량이 $\frac{1}{125}W = \underline{8mW}$ 이므로 이 회로는 안전하지 않다