[1] (a) $\frac{R_2}{R_1+R_2+2} \times 12 = 8$; $I = \frac{12}{R_1+R_2+2}$

$IR_2 = 8 \qquad I = \frac{8}{R_2}$

$I^2 R_2 = \left(\frac{8}{R_2}\right)^2 R_2 = \frac{64}{R_2} = \frac{1}{16}$

$\Rightarrow R_2 = 1024$

$\frac{R_2}{R_1+R_2+2} \times 12 = \frac{1024}{R_1+1024+2} \times 12 = 8$

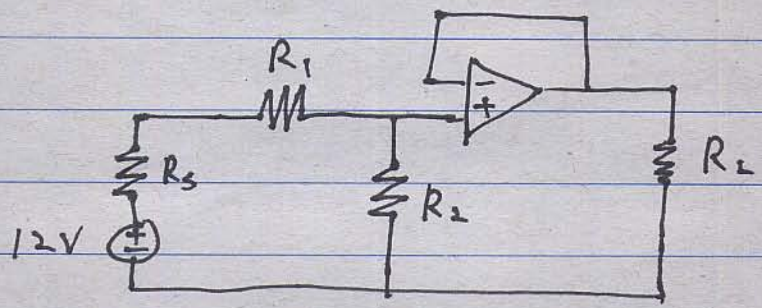
$\Rightarrow R_1 = 510\Omega$

(b) $V_L = \frac{1024 // 10^4}{510 + 1024//10^4 + 2} \times 12 = 7.736\,V$

(c) $P_L = \frac{V_L^2}{R_L} = 5.984\,mW$

$P_2 = \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{V_L^2}{R_2} = 58.443\,mW$

(d)



Voltage-follower

[2]

(a) $v_a = 6k \times 2m = 12V$

$V_c = 12V$

node A) $\frac{V_B - (12)}{4k} + \frac{V_B}{1k} + 2m = 0$

$V_A - V_B + 4V_A + 8 = 0$

$\Rightarrow V_A = \frac{V_B - 8}{5}$ — ①

node B) $\frac{V_B - (12)}{2k} + \frac{V_B - V_A}{4k} + \frac{12}{100} + i_a = 0$ — ②

node C) $V_c = 12V$

$i_a = -2m + \frac{V_B - (12 - 50 i_a)}{3k}$

$3000 i_a = -6 + V_B - 12 + 50 i_a$

$\Rightarrow i_a = \frac{V_B - 18}{2950}$ — ③

①, ③ 을 ② 식에 대입하여 정리

$\left(\frac{1}{2k} + \frac{1}{4k} + \frac{1}{2950} - \frac{1}{20k}\right) V_B = \frac{12}{2k} - \frac{8}{20k} - \frac{12}{100} + \frac{18}{2950}$

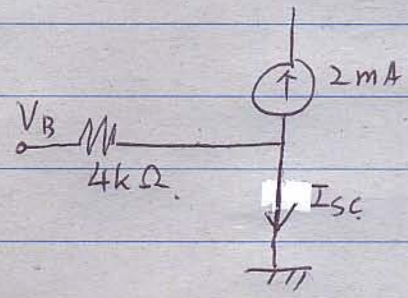
$V_B = -104.235V$

$V_A = \frac{V_B - 8}{5} = -22.447V$

$V_c = 12V$

(b) $i_a = \frac{V_B - 18}{2950} = -41.436mA$

(c)



node B) $\frac{V_B - 0}{4k} + \frac{V_B - 12}{2k} + \frac{12}{100} + \overbrace{\left(\frac{V_B - 18}{2950}\right)}^{i_a} = 0$

$\left(\frac{1}{4k} + \frac{1}{2k} + \frac{1}{2950}\right) V_B = \frac{12}{2k} - \frac{12}{100} + \frac{18}{2950}$

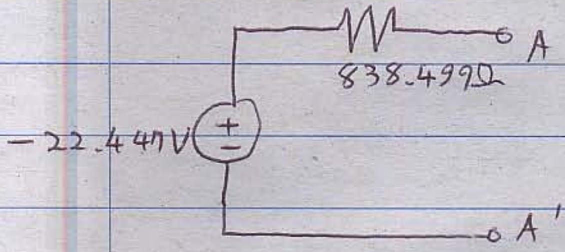
$V_B = -99.082$

$I_{sc} = -2m + \frac{V_B - 0}{4k}$

$= -26.770mA$

$V_{oc} = V_A = -22.447V$

$R_{Th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = 838.499\Omega$



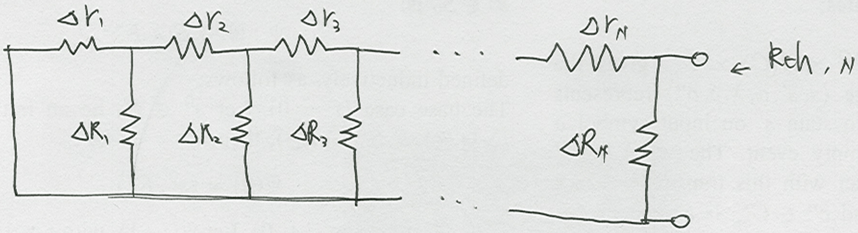
(d) $R_L = R_{Th}$ 일 때 최대전력 전달

$(P_L)_{max} = I_L^2 R_L = \left(\frac{V_{Th}}{2R_L}\right)^2 R_L = 0.150\,W$

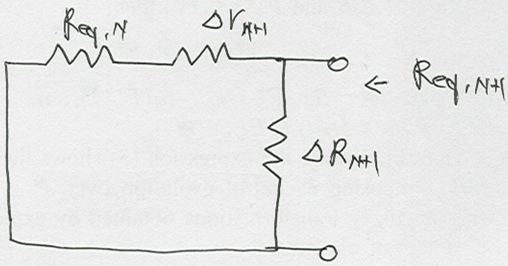
[3] (a) Maximum Power transfer theorem에 의해

$R_L = R_{th}$ 일 때 전달되는 전력이 최대.

따라서 주어진 회로의 Thevenin 등가 저항을 구한다.



N번째 까지의 등가저항을 $R_{eq,N}$이라 하면 $R_{eq,N+1}$은



$$\therefore R_{eq,N+1} = (R_{eq,N} + \Delta r_{N+1}) \parallel \Delta R_{N+1}$$

$N \to \infty$ 이면 $\lim_{N\to\infty} R_{eq,N+1} = \lim_{N\to\infty} R_{eq,N} = R_{th}$ 이고

$\Delta r_N = \Delta R_N = 1 \quad (N = 1, 2, \cdots)$ 이므로

$$R_{th} = (R_{th} + 1) \parallel 1$$

$$\therefore R_{th}^2 + R_{th} - 1 = 0$$

$$\Rightarrow R_{th} = \frac{-1+\sqrt{5}}{2} \quad (\because R_{th} > 0)$$

$$\therefore R_L = R_{th} = \frac{-1+\sqrt{5}}{2}\ \Omega.$$

(b) Voltage follower에 인가되는 전압이 V_L이라 하면

R_L의 크기에 무관하게 부하의 전압크기는 V_L로 일정하다.

$$\therefore P_L = \frac{V_L^2}{R_L}$$

$\therefore R_L \to 0$ 일 때 전달 전력이 가장 크다. (단, $R_L \neq 0$)

[4]

(a) 모든 저항값이 양수가 되어야 하므로 $\dfrac{R_a}{1-(k_1+k_2+k_3)}$ 에서

$k_1+k_2+k_3<1$

$k_4=30$ 으로 놓으면

$$V_{out}=30\left(\frac{3}{30}v_1+\frac{2}{30}v_2+\frac{5}{30}v_3\right)$$

$\therefore k_1=\frac{1}{10},\ k_2=\frac{1}{15},\ k_3=\frac{1}{6}$

① 조건에 맞도록
k값을 모두 구한 경우 → 10pt

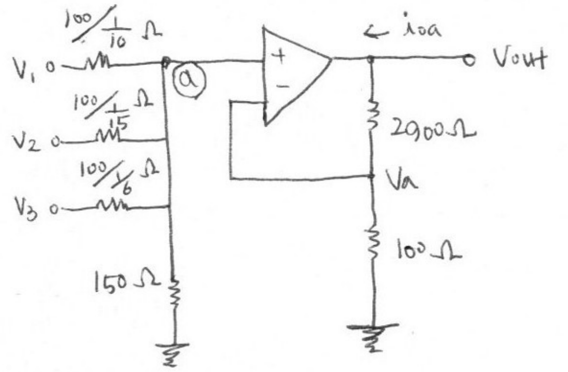
② $k_1+k_2+k_3<1$ 만족시키지 못하면 → 2pt

$R_a=R_b=100\ \Omega$ 으로 놓으면

$R_b(K_4-1)=100(30-1)=2900\ \Omega$

$$\frac{R_a}{1-(k_1+k_2+k_3)}=\frac{100}{1-\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{15}+\frac{1}{6}\right)}=\frac{30\times100}{30-(3+2+5)}=\frac{30\times100}{20}=150\ \Omega$$

③ Ra, Rb 값을 지정한 경우 → 5pt



ⓐ $\dfrac{V_a-V_1}{1000}+\dfrac{V_a-V_2}{1500}+\dfrac{V_a-V_3}{600}+\dfrac{V_a}{150}+\dfrac{V_a}{100}+\dfrac{V_a-V_{out}}{2900}=0$ & $V_a=\dfrac{1}{30}V_{out}$

연립하면 $V_{out}=3V_1+2V_2+5V_3$ 을 확인할 수 있다.

(b) output voltage와 output current는 언제나 saturation voltage / saturation current 보다 작아야 하므로

v_{out}의 최대값이 V_{sat}의 최소값이 되며
i_{oa}의 최대값이 i_{sat}의 최소값이 된다.

$$|V_{out}| = |3V_1 + 2V_2 + 5V_3|$$
$$\leq 3|V_1| + 2|V_2| + 5|V_3|$$
$$\leq 10\text{ V}$$

$\therefore$ min $V_{sat} = 10V$

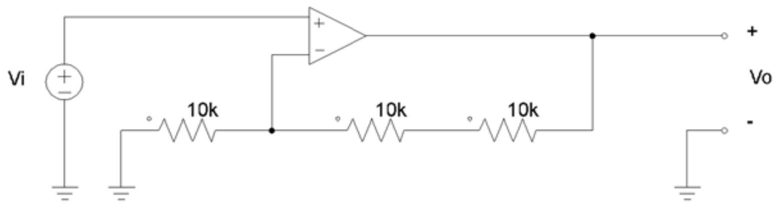
$$|i_{oa}| = \left| -\frac{V_{out}}{3000} \right| \leq 3.33\text{ mA}$$

$\therefore$ min $i_{sat} = 3.33mA$

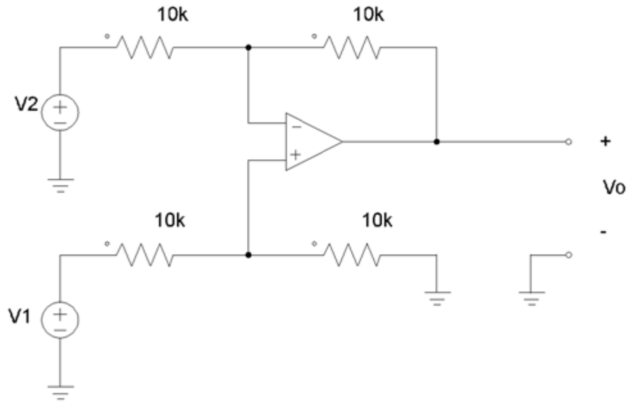
V_{sat} / i_{sat} 중 하나만 맞으면 2pt 모두 맞으면 5pt

[5]

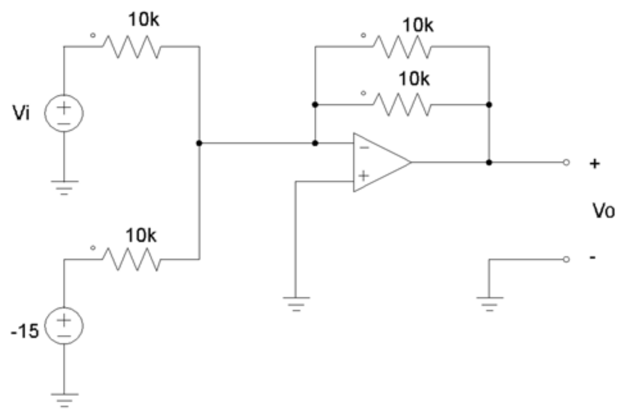
(a) [4점]



(b) [4점]



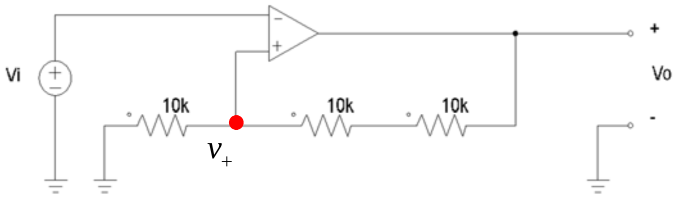
(c) [4점]



※ (a), (b), (c)번에 대한 채점기준 (각 문제당 총 4점 만점)

- 구성한 회로에서 입력, 출력 전압의 관계가 문제에서 주어진 것과 맞으면 1점
- Op amp와 저항을 가장 적게 사용하도록 구현한 경우: 2점
- 위의 기준을 만족하고 power consumption을 적게 한다는 조건을 고려한 경우: 1점
- 입력, 출력 전압의 관계가 틀리거나 문제에서 주어지지 않은 소자를 사용한 경우 무조건 0점 처리
- Op amp와 저항을 하나도 사용하지 않으면 0점 처리

(d) [8 점]



KCL 에 의해 다음과 같은 식이 성립된다.

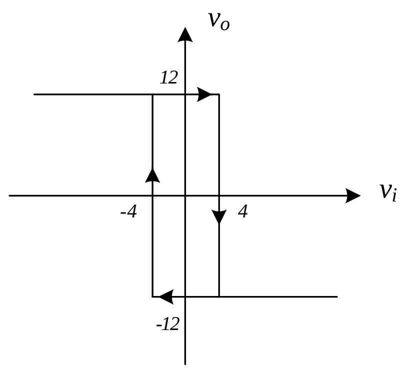
$$\frac{0-v_+}{10k} = \frac{v_+ - v_o}{20k} \quad \Leftrightarrow \quad v_+ = \frac{1}{3}v_o$$

문제에서 주어진 회로는 작은 입력 오차에 대해서 positive feedback에 의해 발산하므로 출력전압 v_o 가 $\pm V_{sat}\,(\pm 12\mathrm{V})$로 고정된다. 따라서 아래와 같이 두 가지 경우로 나눌 수 있다.

① $v_o = V_{sat} = 12\mathrm{V}$ 일 때: $v_i \geq \frac{1}{3}V_{sat} = 4\mathrm{V}$ 이면, $v_o = -V_{sat} = -12\mathrm{V}$ 가 됨.

② $v_o = -V_{sat} = -12\mathrm{V}$ 일 때: $v_i < -\frac{1}{3}V_{sat} = -4\mathrm{V}$ 이면, $v_o = V_{sat} = 12\mathrm{V}$ 가 됨.

결론적으로 입력, 출력 전압의 관계를 그림으로 그리면 다음과 같다.



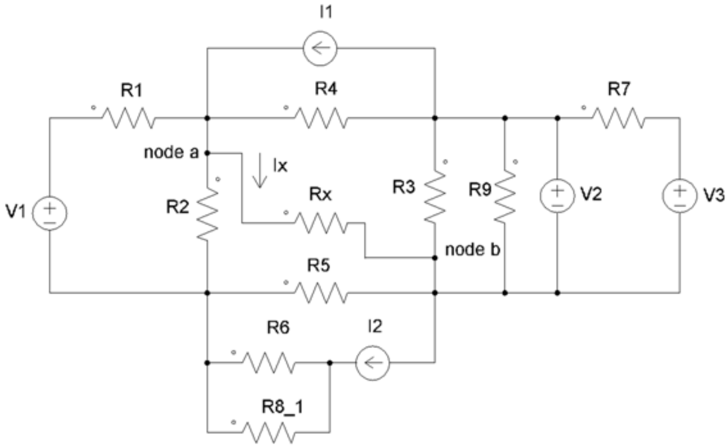
※ (d)번에 대한 채점기준

- 답이 맞고 positive feedback에 대한 적절한 설명이 있으면 8점 만점
- $v_o = 3 \cdot v_i$의 관계를 유도하고 positive feedback를 고려한 경우: 부분점수 6점
- $v_o = 3 \cdot v_i$의 관계를 유도하고 출력전압의 saturation을 고려한 경우: 부분점수 4점
- $v_o = 3 \cdot v_i$의 관계는 유도하였으나 saturation을 고려하지 않으면 0점 처리
- 그래프에 중요한 정보가 없거나 틀릴 때마다 1점씩 감점

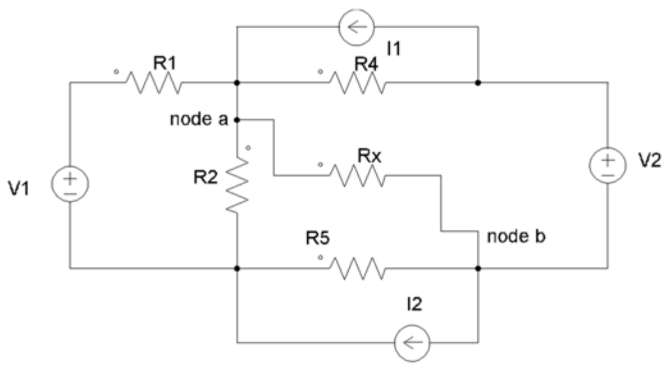
.

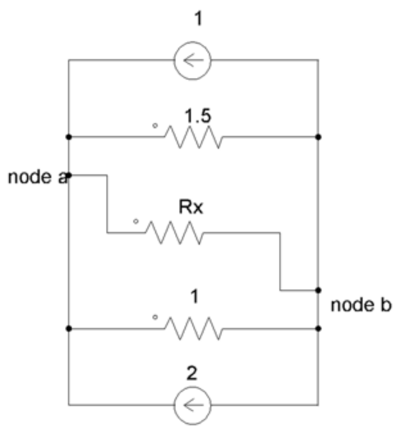
[6]

(a) [8점]

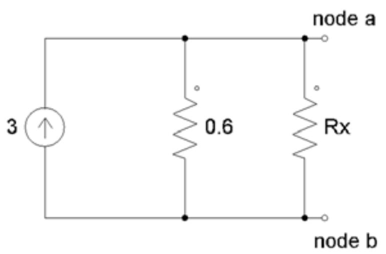


- V2, V3가 병렬로 연결되어 있어, R7와 V3를 제거하여도 회로에 변화가 없음
- 전압원 V2에 병렬로 연결된 저항 R3와 R9를 제거할 수 있음
- 전류원 I2에 직렬로 연결된 R6과 R8을 short시킬 수 있음

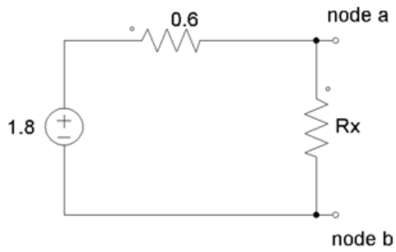




➔ Norton 등가회로 적용



➔ Thevenin 등가회로 적용



등가회로를 맞게 구한 경우 [5점]

$R_x = 1$ 을 대입하면, $I_x = \frac{9}{8}A, \quad V_{ab} = \frac{9}{8}V$ [3점]

※ (a)번에 대한 채점기준

- 제시된 풀이 이외에, 합리적인 방법을 사용하여 답이 맞으면 3점

(b) [4점]

R_x 가 소모하는 전력은 다음과 같다.

$$P_x = I_x^2 R_x = \frac{81R_x}{(5R_x+3)^2}$$

전력이 최대가 되는 R_x 값은 최댓값에서 미분치가 0이 되는 점을 이용하여 구할 수 있다.

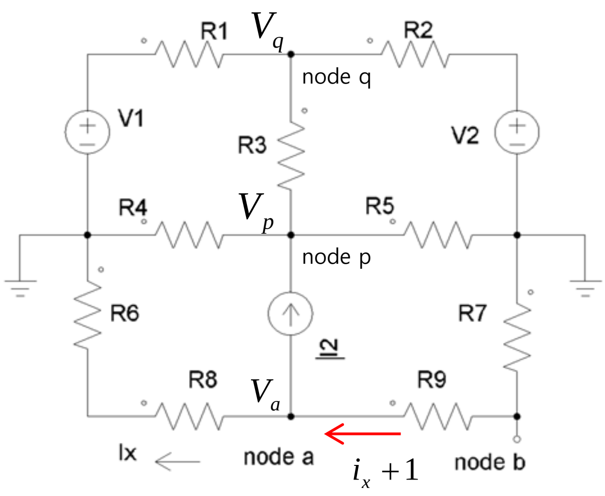
$$\frac{dP_x}{dR_x} = \frac{81\left((5R_x+3)^2 - 10R_x(5R_x+3)\right)}{(5R_x+3)^4} = 0$$

$$\therefore \quad R_x = 0.6\Omega, \quad P_x = 1.35W$$ [각 2점 = 총 4점]

※ (b)번에 대한 채점기준

- 제시된 풀이 이외에, 합리적인 방법을 사용하여 답이 맞으면 4점 만점

(c) [8 점]



node a, p, q에서 KCL을 적용하면 다음의 연립방정식을 세울 수 있다.

$$I_x + 1 + \frac{V_a}{4} = 0$$
$$V_p + V_p + (V_p - V_q) - 1 = 0$$
$$(V_q - 1) + (V_q - 2I_x) + (V_q - V_p) = 0$$
$$I_x = \frac{V_a}{2}$$

KVL 또는 KCL을 이용하여 식을 맞게 세운 경우 [5점]

$$\therefore\ V_a = -\frac{4}{3}V,\ V_p = \frac{1}{3}V,\ V_q = 0V,\ I_x = -\frac{2}{3}A$$

$$\therefore\ V_{ab} = \frac{3}{4}V_a = -1V$$ [3점]

※ (c)번에 대한 채점기준

- 제시된 풀이 이외에, 테브난 등가회로 등의 합리적인 방법을 사용하여 식을 맞게 세우면 5점, 답이 맞으면 3점

<별해>

$$2i_x = V_a = -4(i_x + 1)$$

위의 식을 풀면, $i_x = -\dfrac{2}{3}A$ 이고, 따라서 $V_{ab} = -3(i_x + 1) = -1V$ 이다. [8점]