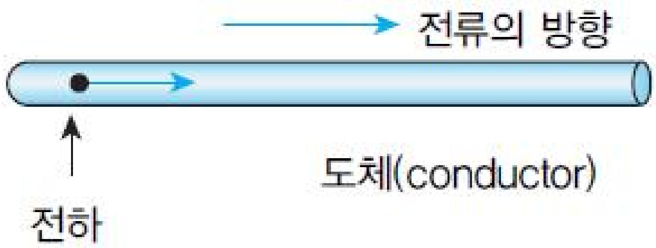
0 요점정리

IT CookBook, 기초 회로이론(개정판)

전류

❑ 전류 : (+)전하 흐름



$$i(t) = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad [C/s=A]$$

- **전하** : 단위는 쿨롱을 사용, [Coulomb] 혹은 [C]로 표기
- 전하가 흐르는 방향은 전류의 방향과 같지만, 자유전자가 흐르는 방향과는 정반대

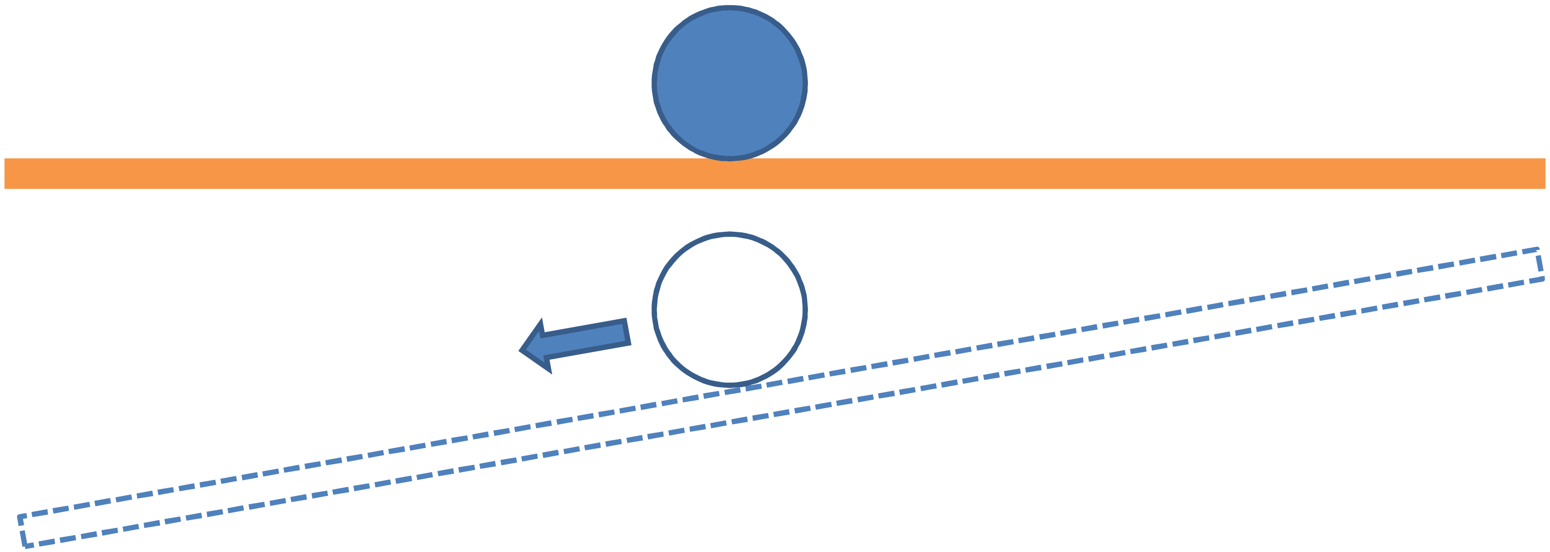
6.2415×10^{18}개 전자의 전하 값 = -1[C]

전자 1개의 **전하량** = -1.6019×10^{-19}[C]

❑ 전압

- 단위 전하량에 의하여 변환된 위치에너지
- 단위 [Volt] = [V]는 식에 의해 [Joule/Coulomb] = [J/C]로 표기

$$v = \frac{\Delta w}{\Delta q} = \frac{[\text{변환된 에너지}]}{[\text{전하량}]} = [\mathrm{V}] = [\mathrm{J/C}]$$



❑ 전력의 단위

- [Watt] 또는 [W]

$$[\text{Volt}]\cdot[\text{Ampere}] = \frac{[\text{J}]}{[\text{C}]}\cdot\frac{[\text{C}]}{[\text{s}]} = [\text{J/s}] = [\text{Watt}]$$

❑ 일(에너지)

- 전력은 단위 시간당 에너지, 즉 일의 양
- 전력을 일정 시간 동안 적분하면 에너지(일)를 얻을 수 있다.
- 예 : 가정에서의 전력소모 : $1kWh = 3.6\times10^{6}[J]$

$$w(t_0, t_1) = \int_{t_0}^{t_1} p(\tau)d\tau$$

직류(DC)와 교류(AC)

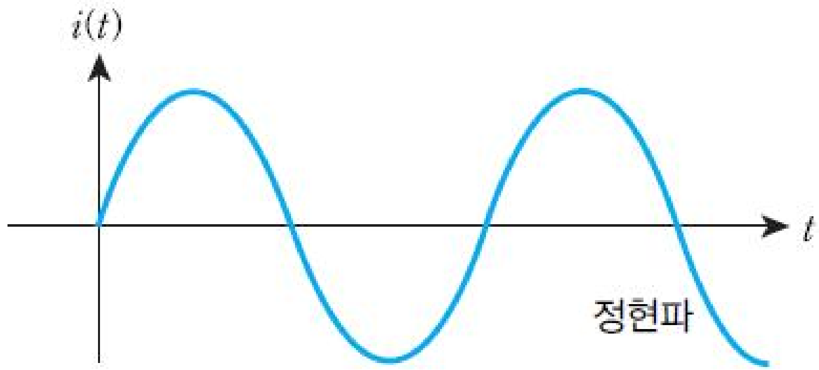
❑ 직류 (DC: Direct Current)

- 전류의 값이 시간이 지나도 변하지 않고 일정한 값을 가지는 전류
- 대문자 I 로 표기 (예: 건전지)

❑ 교류 (AC: Alternative Current)

- 시간에 따라 그 위상이 변하는 전류
- 소문자 i 로 표기 (예: 220V 가정용 전원)

[그림 2-3] 직류전원의 예



[그림 2-4] 교류전원의 예

평균값과 실효값(RMS)

❑ 직류(DC)

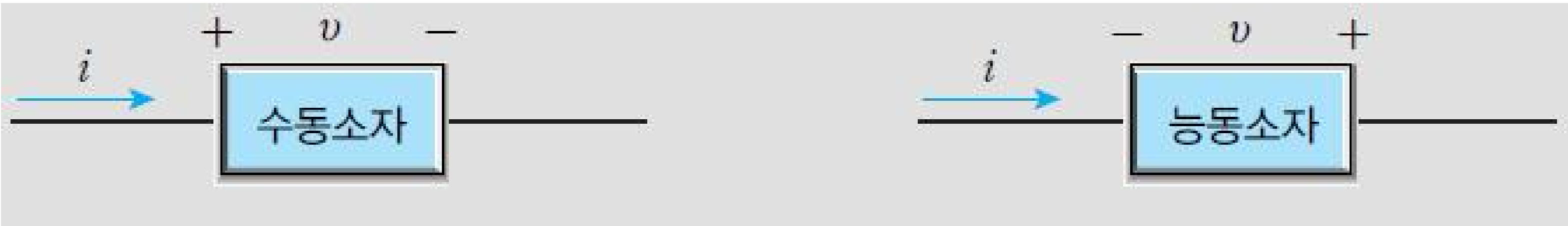
- 직류 값 = 평균 값 = $\frac{1}{T}\int_0^T f(t)dt$
- 정현파($i(t) = K\sin(\omega t + \phi)$)의 경우 직류 값은 0이다.

❑ 교류(AC)

- 교류 값 = **RMS 값** = 실효값 = $\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T f^2(t)dt}$
- 정현파의 경우 실효값은 $\frac{1}{\sqrt{2}}K(0.7071K)$ 이 된다.

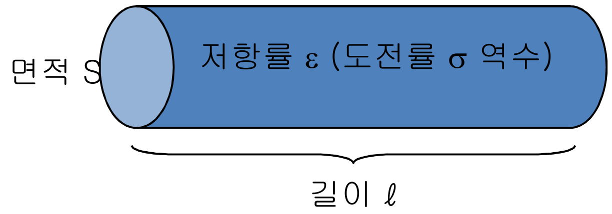
❑ 수동소자와 능동소자

- 능동소자: 전압을 공급, 수동소자 : 전압을 다운 (전류와 전압의 참조방향에 따라 수동소자인지 능동소자인지 알 수 있다.)
- 수동소자의 대표적 예 : **저항(*R*), 인덕터(*L*), 커패시터(*C*)**
- 능동소자의 대표적 예 : 건전지

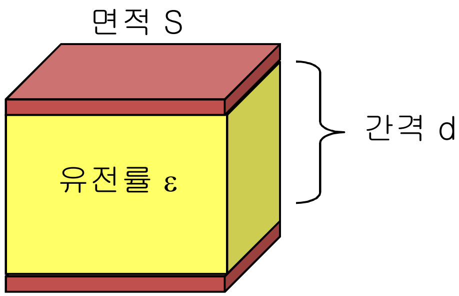


❑ 전기회로 수동소자

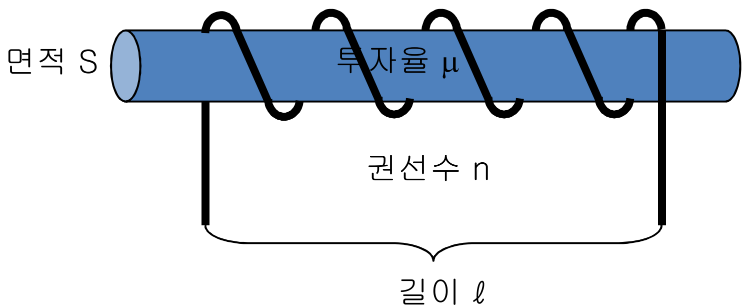
$$R = \rho \frac{\ell}{S} \ [\Omega]$$



$$C = \varepsilon \frac{S}{d} \ [F]$$

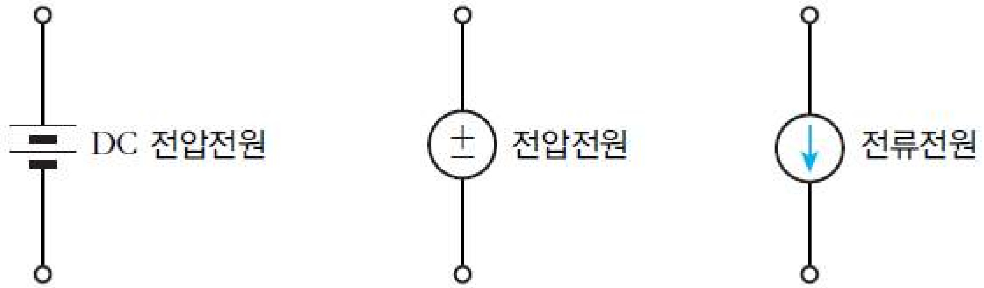


$$L = \frac{\mu n^2 s}{\ell} \ [H]$$



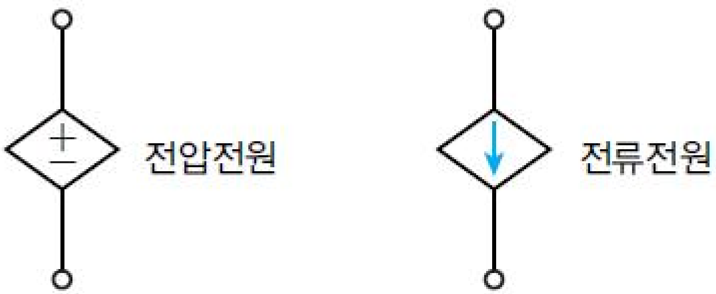
❑ 독립전원

- 다른 소자의 에너지 값에 상관없이 그 자체가 가지고 있는 에너지를 직접 또는 독립적으로 공급하는 전원
- 대표적인 예 : 건전지



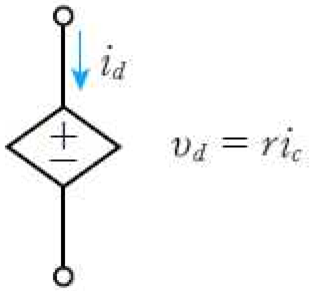
[그림 2-15] 독립전원의 회로적 표현

❑ 종속전원

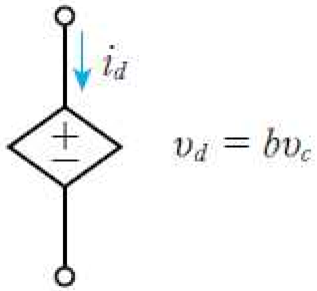


[그림 2-16] 종속전원의 회로적 표현

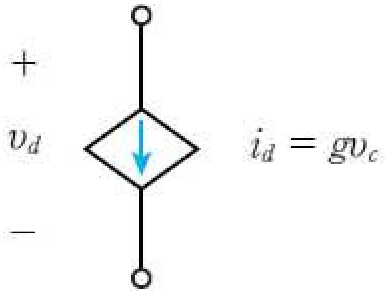
❑ 4 가지 형태의 종속전원



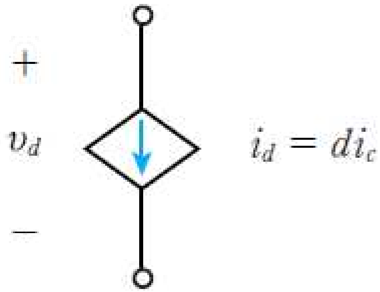
(a) CCVS(Current Controlled Voltage Source: 전류조정 전압전원)



(b) VCVS(Voltage Controlled Voltage Source: 전압조정 전압전원)



(c) VCCS (Voltage Controlled Current Source: 전압조정 전류전원)

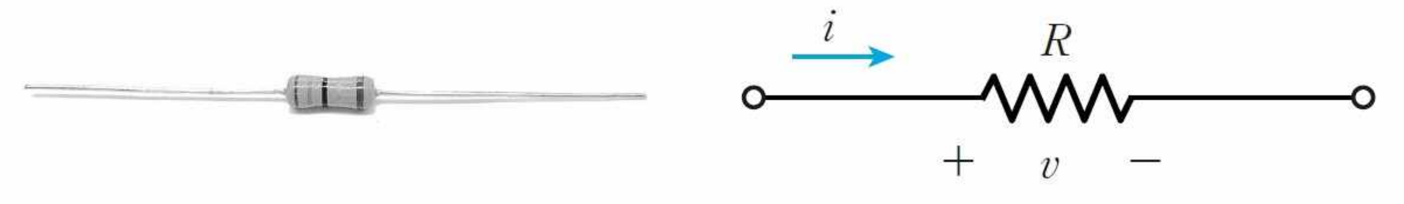


(d) CCCS(Current Controlled Current Source: 전류조정 전류전원)

[그림 2-17] 네 가지 종류의 종속전원

❑ 저항소자

- R 로 표현, 회로상 기호
- 전력소비소자, 저항 값 단위 : Ohm[Ω]

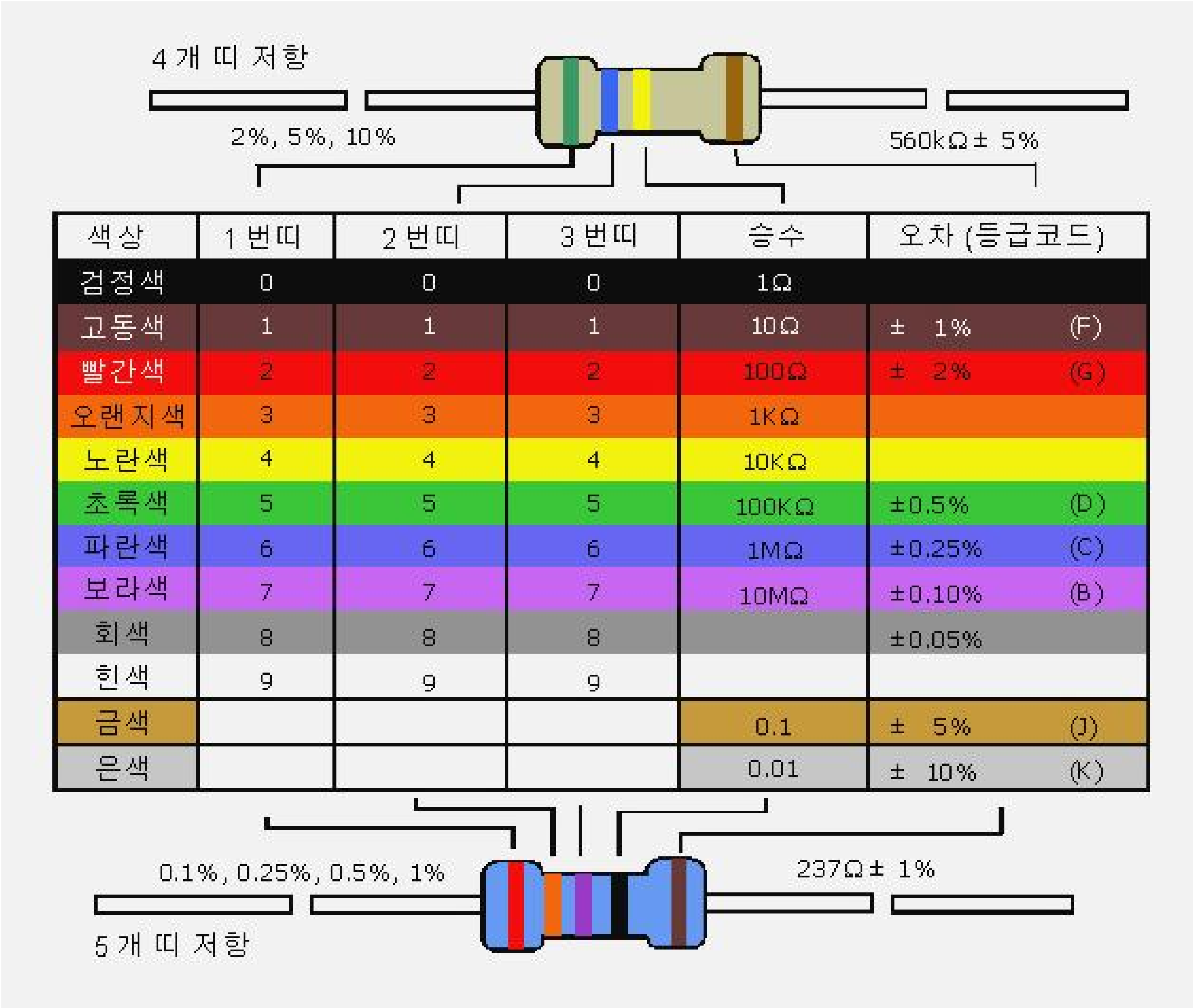


(a) 실제 저항소자 (b) 저항소자의 기호

❑ 전도 값

- 전항 값의 반대 개념
- 따라서 저항 값의 역수인 $1/R$ 로 표현
- 전도 값 단위 : Siemens[℧]=mho

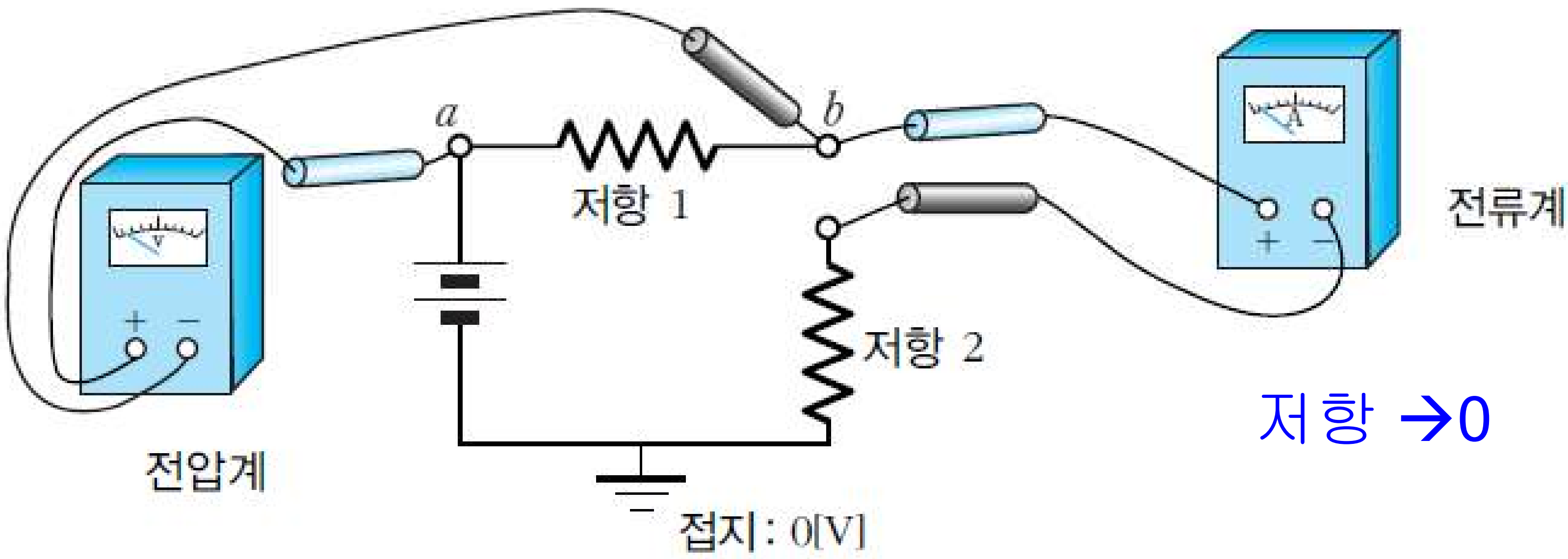
저항값 읽기



색상	1번띠	2번띠	3번띠	승수	오차 (등급코드)
검정색	0	0	0	1Ω	
고동색	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
빨간색	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
오랜지색	3	3	3	1KΩ	
노란색	4	4	4	10KΩ	
초록색	5	5	5	100KΩ	±0.5% (D)
파란색	6	6	6	1MΩ	±0.25% (C)
보라색	7	7	7	10MΩ	±0.10% (B)
회색	8	8	8		±0.05%
흰색	9	9	9		
금색				0.1	± 5% (J)
은색				0.01	± 10% (K)

출처: http://cafe.naver.com/sdrry/74

❑ 전압계와 전류계

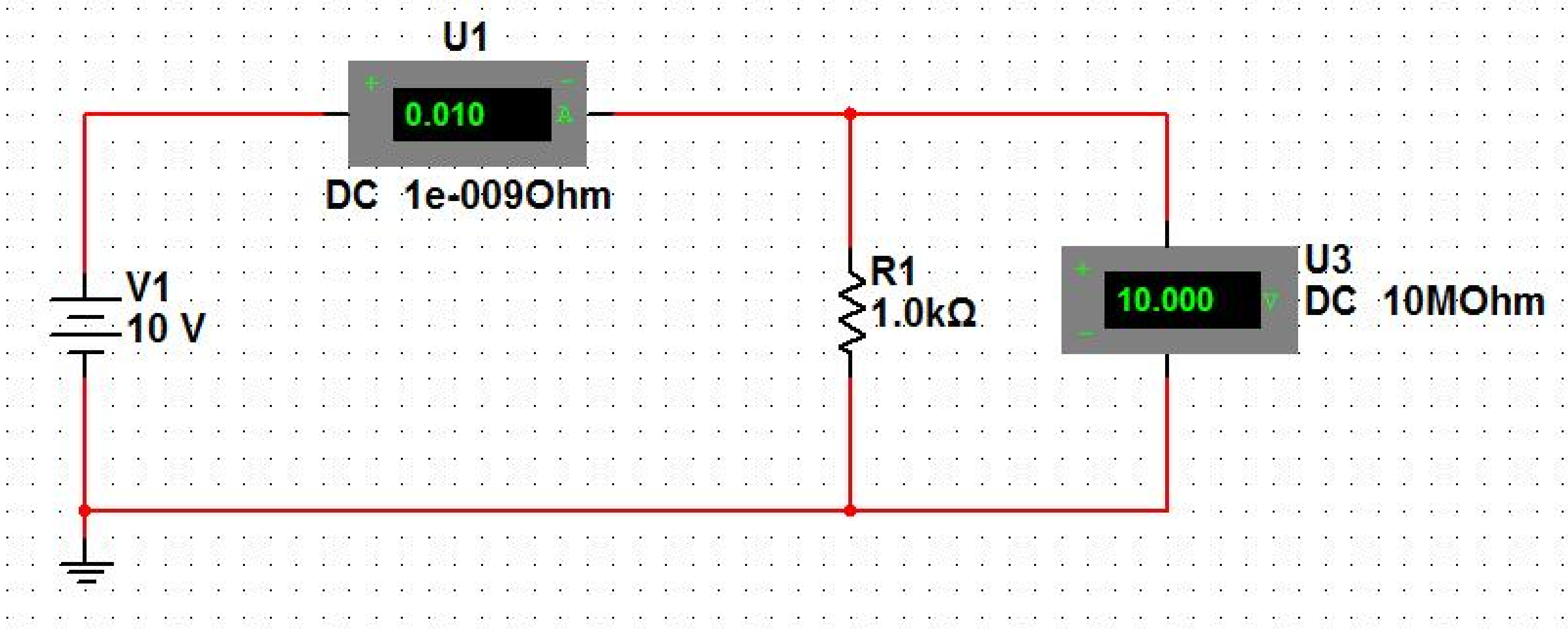


저항 →0

저항 →∞

❑ 옴의 법칙

- 직류 및 실효치 : $V = IR$
- 교류 : $v = iR$



부유전압과 접지전압

❑ 전압전원

- 접지와 연결되어 있는 상태에 따라서 부유전압과 접지전압

❑ 부유전압

- 직접 접지에 연결되어 있지 않은 전압
- **대표적인 예** : 건전지

❑ 접지전압

- 접지에 직접 연결되어 있는 전압
- 접지지점의 전압 값을 0으로 했을 때의 상대적인 단자 전압 값
- **대표적인 예** : 가정용 전원, 계측기 전원

회로해석을 위한 기본단위

❑노드

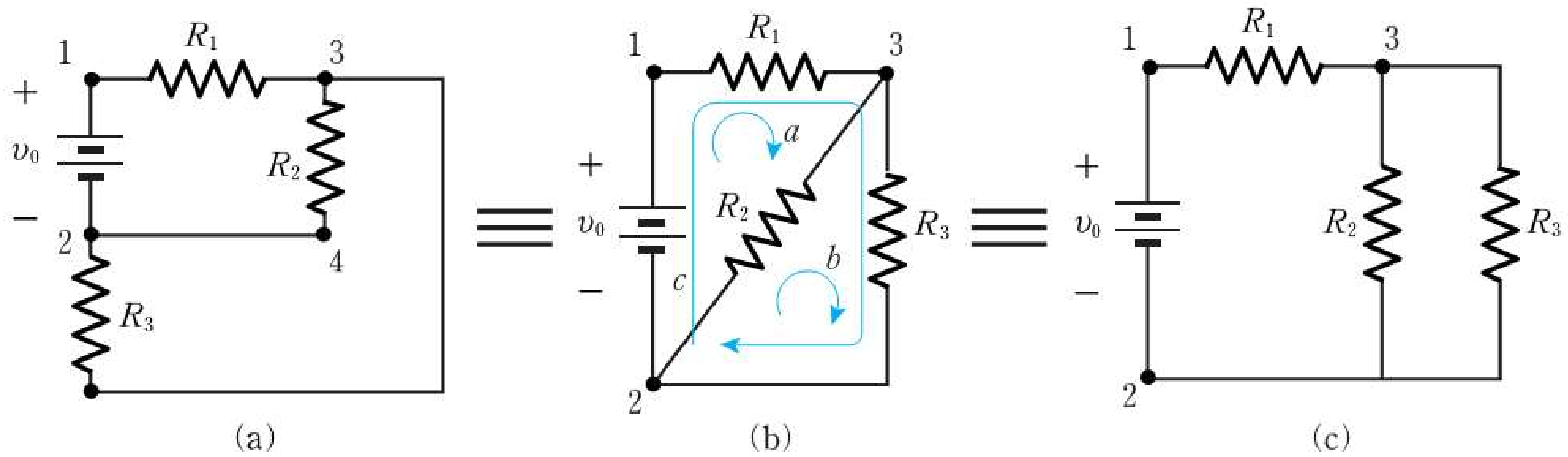
- 여러 개의 소자가 만나는 지점

❑ 폐루프

- 여러 개의 소자가 연결되어 하나의 닫힌 고리를 만드는 것

❑ 메시

- 폐루프 중에서 그 루프 안에 또 다른 폐루프가 없는 가장 작은 단위

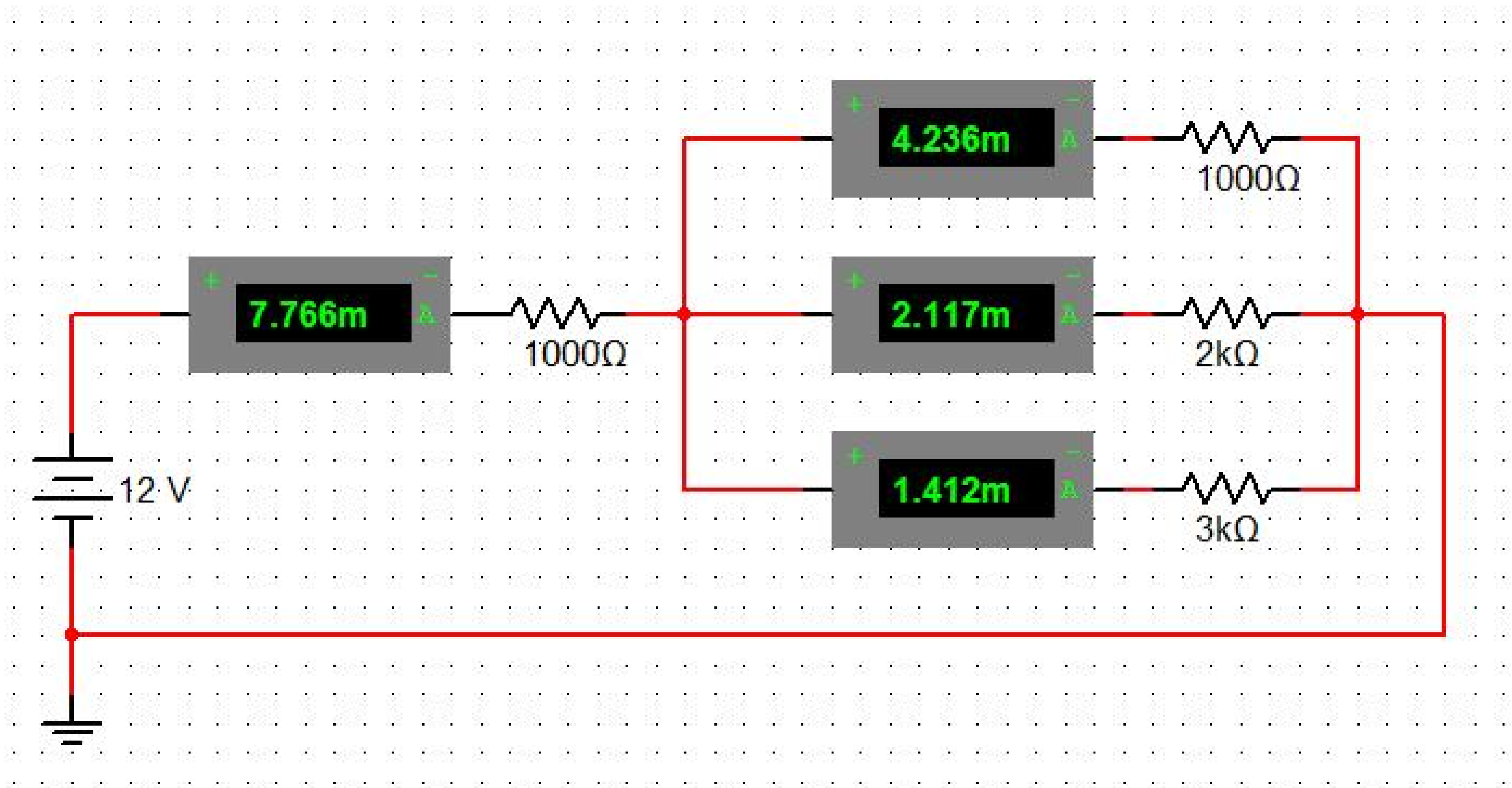


[그림 3-1] 같은 회로의 노드들

❑ 키르히호프(Kirchhoff)의 법칙

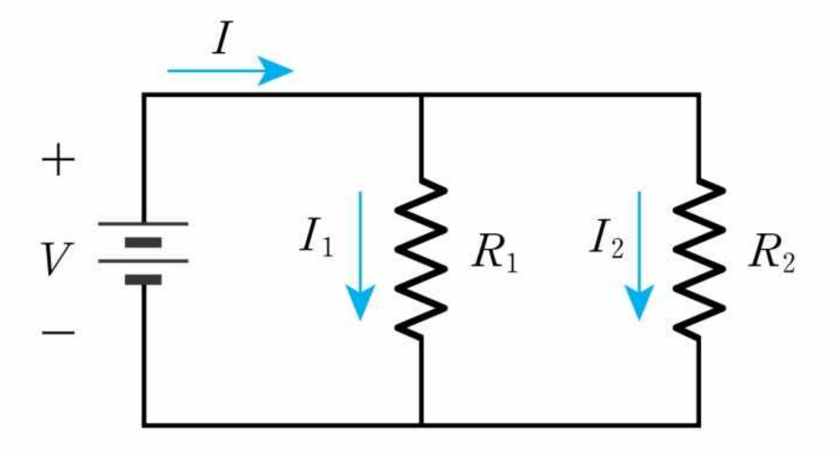
- **전류법칙** (**KCL**) : 노드에 기반

$$\sum_{node\ k}^{n} i_k = 0$$



❑ 전류분배기(current divider)

- KCL의 대표적인 응용회로
- 노드 1에서 KCL을 적용



$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

$$= V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = V\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}\right) \qquad \therefore V = I\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

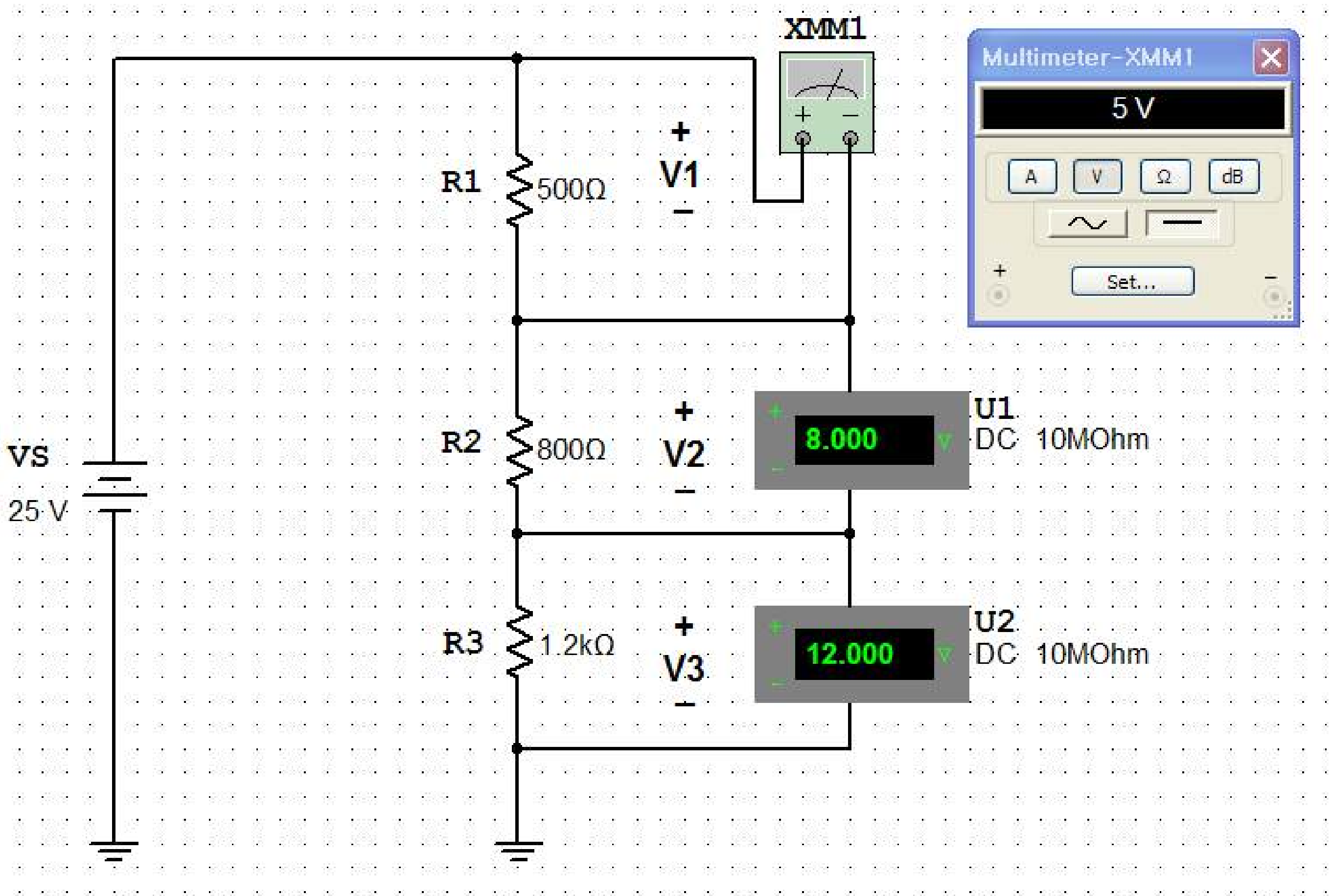
$$\boxed{I_1 = \frac{V}{R_1} = I\frac{R_2}{R_1 + R_2}} \qquad \boxed{I_2 = \frac{V}{R_2} = I\frac{R_1}{R_1 + R_2}}$$

키르히호프의 법칙 : KVL

❑ 키르히호프(Kirchhoff)의 법칙

- **전압법칙** (**KVL**) : 폐회로에 기반

$$\sum_{loop\ k}^{n} v_k = 0$$



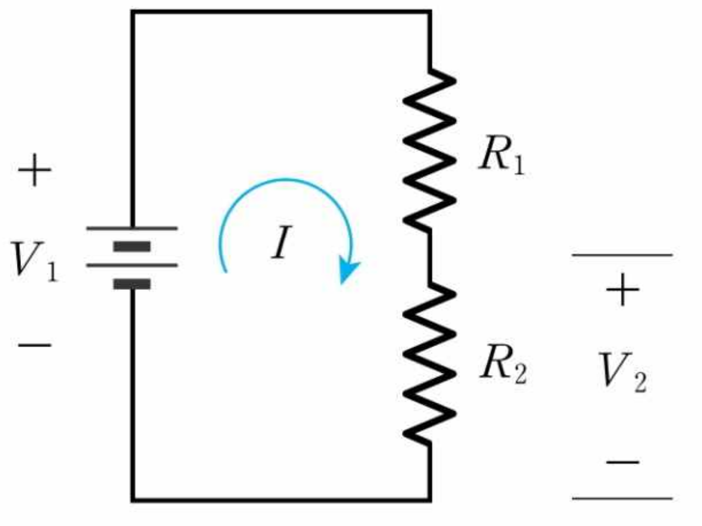
❑ 전압분배기(voltage divider)

- KVL 의 대표적인 응용회로

$$V_1 = V_{R1} + V_{R2}$$
$$= IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

$$V_2 = V_{R2} = IR_2$$

$$\boxed{\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

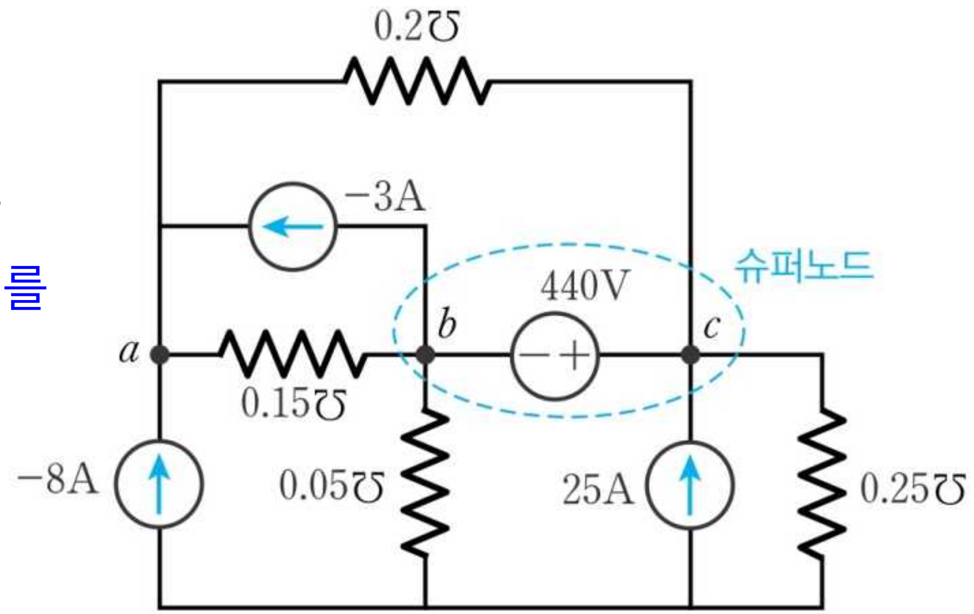


❑ 노드해석법(node analysis)

- 회로의 노드를 중심으로 KCL을 적용하여 노드 전압을 구하는 방법
- 노드에 걸리는 접지전원 값을 계산하여 소자의 v, i 값을 구한다.
- 연립방정식의 차수는 (노드 개수 -1), 1개는 접지(0V)
- 종속전원이 있는 경우, 종속변수만큼의 별도 방정식이 필요

❑ 슈퍼노드(super node)

- 부유전압전원이 연결되어 있는 노드가 2개 일 때 슈퍼노드를 이용
- 양단 전압차(방정식 1)와 슈퍼노드를 만들어 KCL을 적용(방정식 2)

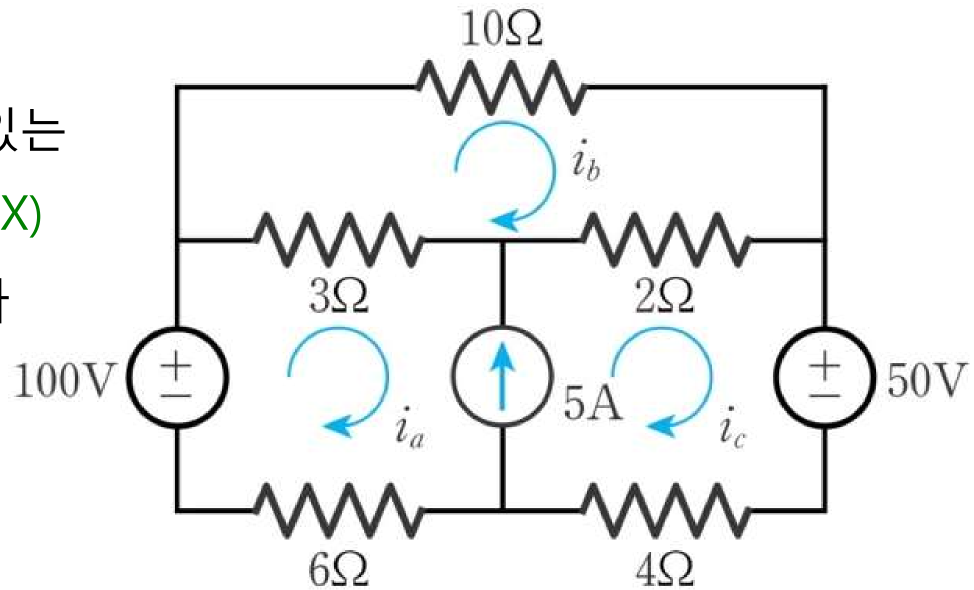


❑ 메시해석법(mesh analysis)

- 회로의 메시를 중심으로 KVL을 적용하여 메시 전류를 구하는 방법
- 회로해석에 필요한 독립 수식의 개수 = 메시의 개수
- 종속전원이 있는 경우, 종속변수만큼의 별도 방정식이 필요

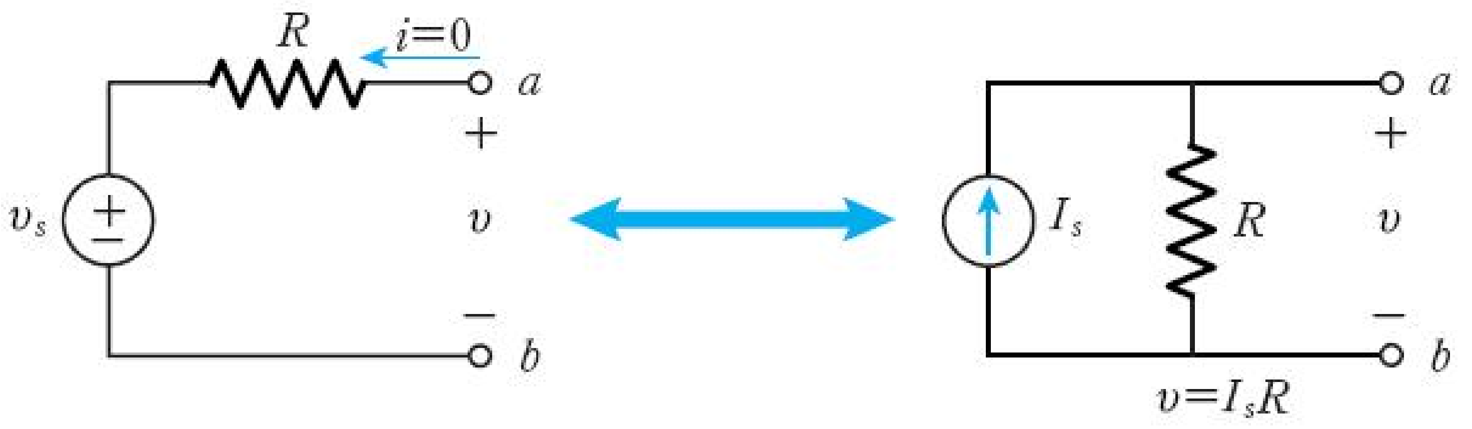
❑슈퍼 메시

- 전류전원이 두 개의 메시 사이에 있는 경우 슈퍼 메시를 이용 (KVL을 적용X)
- 두 메시에 의한 전류 차(방정식 1)과 두 개의 메시 사이의 전류전원을 제거한 후 슈퍼메시에 KVL을 적용 (방정식 2)



[그림 4-7] 메시 사이에 전류전원이 있는 저항회로

❑ 전원변환이론



$$R = \frac{v_s}{I_s} \tag{5.1}$$

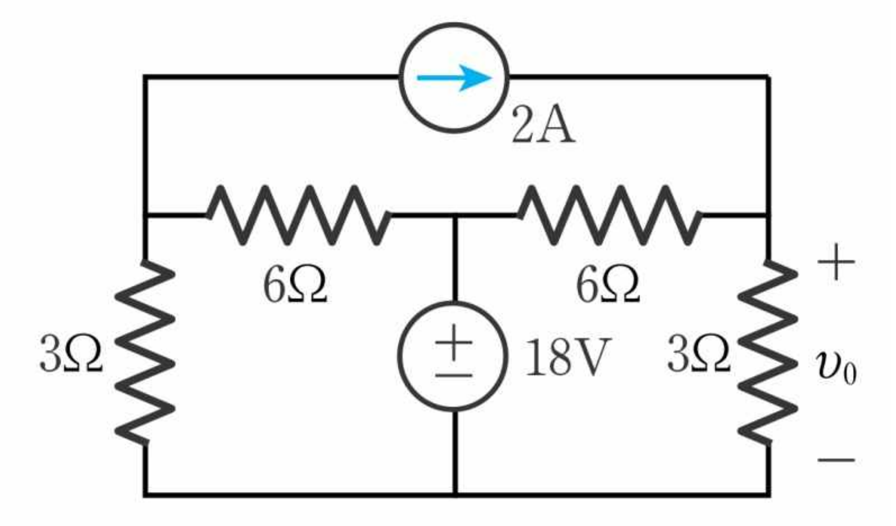
❑ 중첩의 원리

- 임의의 시스템 함수 f(·)가 선형함수일 때 중첩의 원리를 적용 (*a*, *b*는 상수)

$$f(ax + by) = af(x) + bf(y)$$

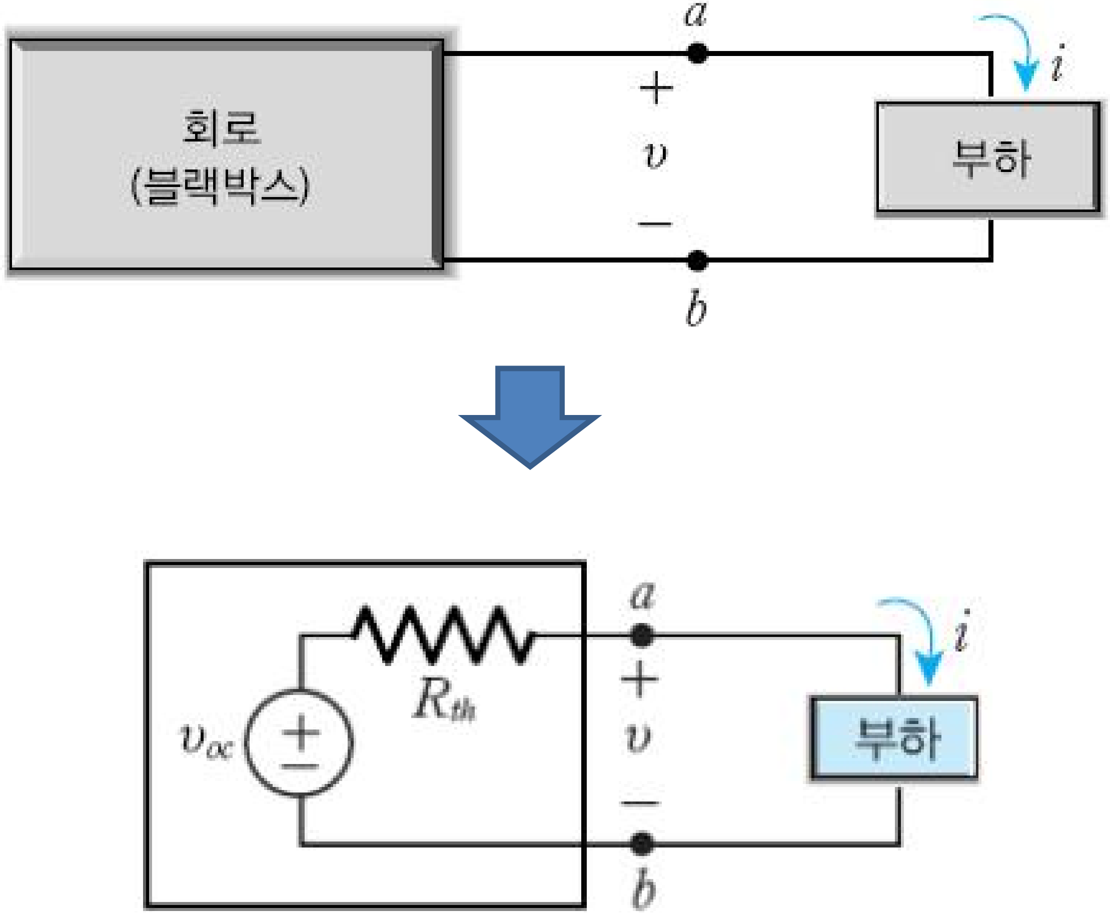
❑ 비활성화(deactivating)

- 독립전압전원의 경우는 v_0 = 0, 즉 단락회로(short circuit)를 의미
- 독립전류전원의 경우는 i_0 = 0, 즉 개방회로(open circuit)를 의미



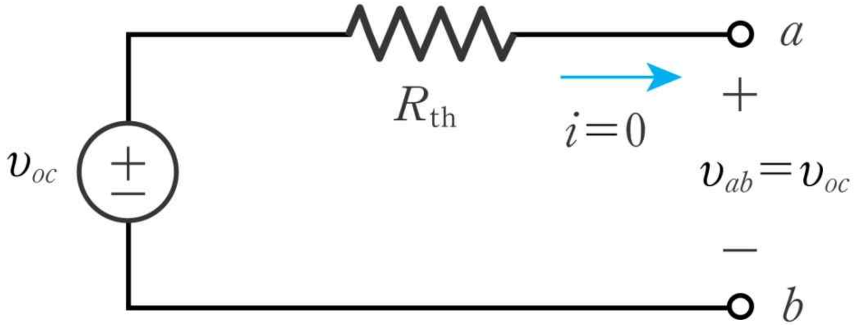
테브난 등가회로

- 블랙박스 회로 내부를 하나의 전압전원과 직렬로 연결된 저항소자로 표현



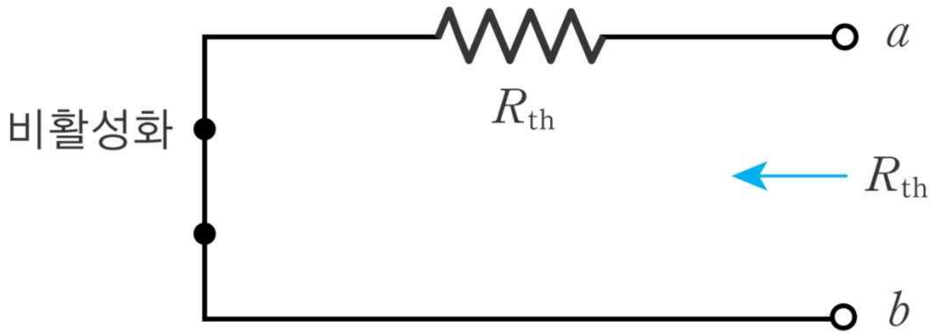
❑ 테브난의 정리

(1) v_{oc}(개방회로전압)의 계산



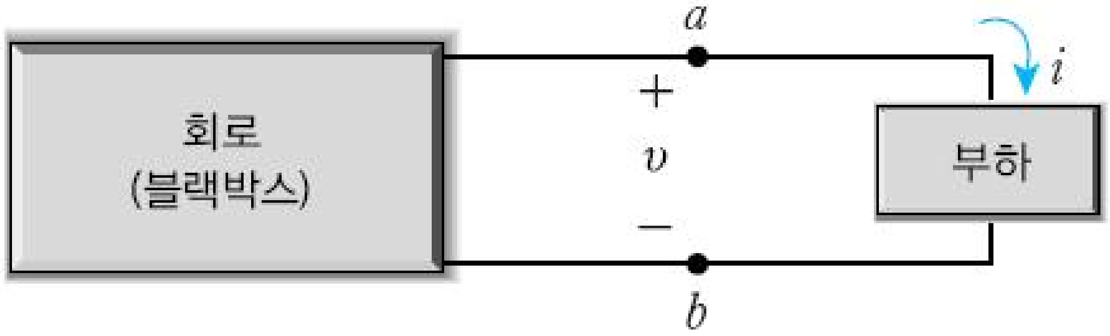
(2) R_{th}의 계산

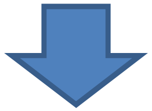
- 독립전원을 비활성화

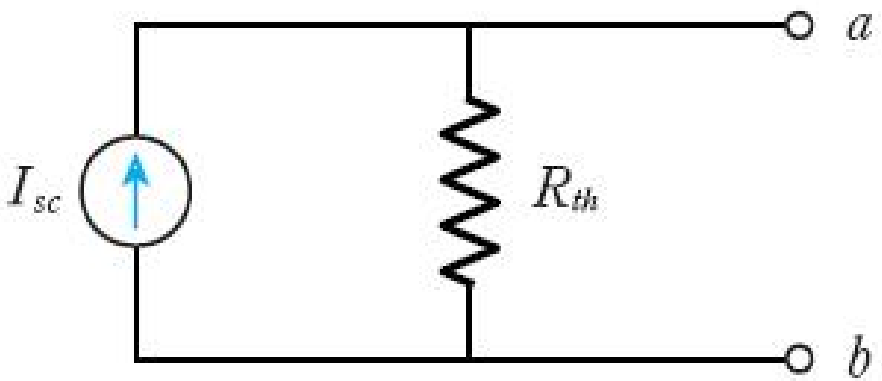


❑ 노턴의 등가회로

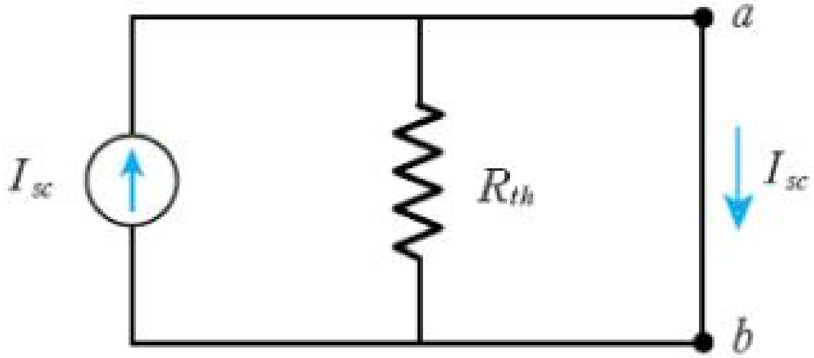
- 블랙박스 회로를 한 개의 독립전류전원과 병렬로 연결된 저항 회로로 표현





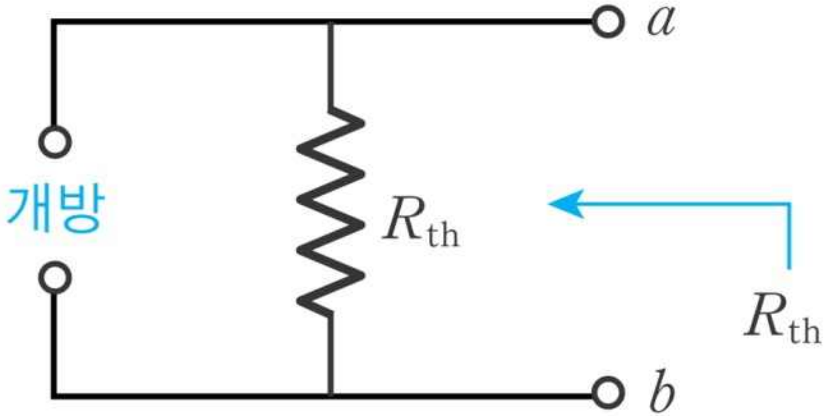


(1) I_{sc}의(단락회로전류) 계산



(2) R_{th}의 계산

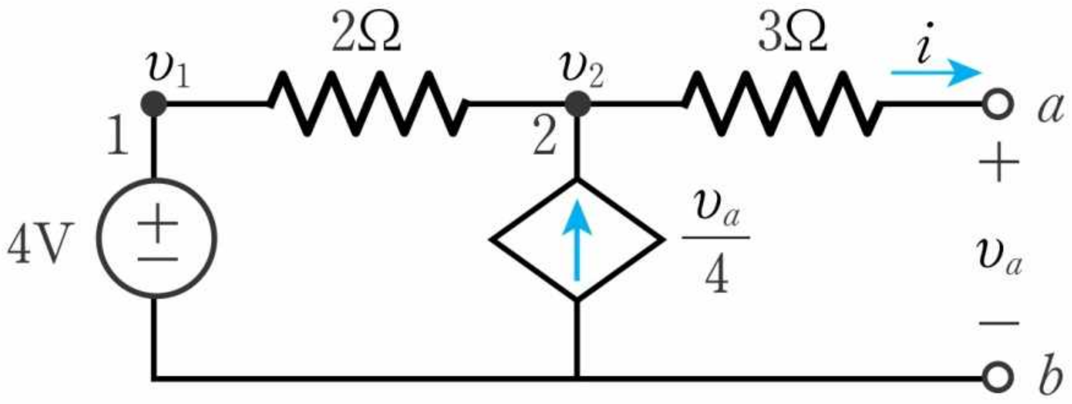
- 독립전원을 비활성화



독립전원과 종속전원이 있는 회로

- R_{th}은 종속전원이 있으면 비활성화시킬 수 없다.
- R_{th}은 테브난 정리로 v_{oc}을, 노턴 정리로 I_{sc}를 구해서 계산

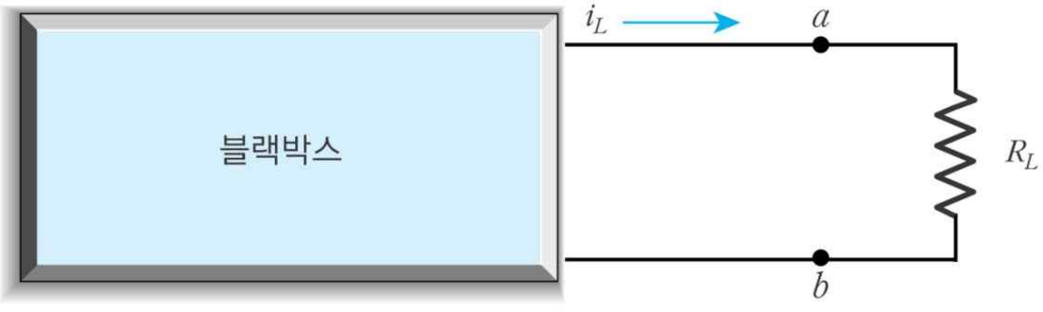
$$R_{\mathrm{th}} = \frac{v_{oc}}{I_{sc}}$$



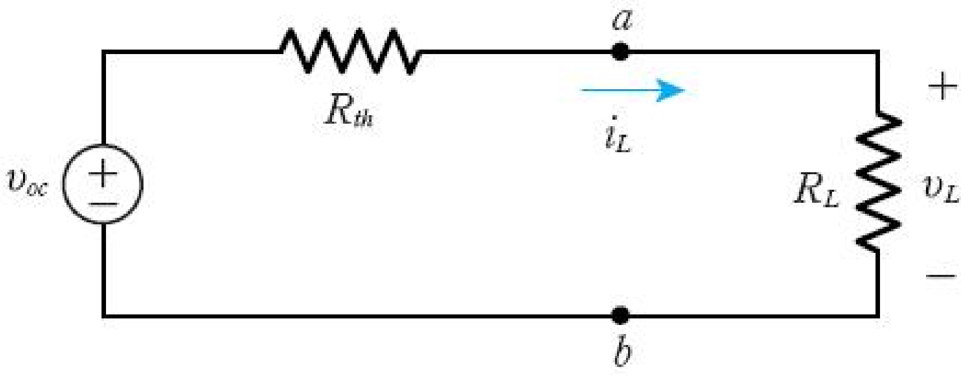
[그림 5-28] 종속전원이 있는 회로

❑ 최대전력전달 정리

- 회로에서 발생한 전력이 부하에 전달될 때 최대전력이 전달되는 조건



- 테브난 등가회로로 변환하면



최대전력전달 정리

❑ 최대전달전력 P_{max}

- 단자 a, b에 연결된 부하에서 소비하는 전력이 P_L일 때

$$P_L(t) = i_L^2(t)R_L = [\frac{v_{oc}(t)}{R_{\text{th}} + R_L}]^2 \cdot R_L$$

- $P_L(t)$를 최대로 만드는 R_L 값을 구하기 위해 위 식을 최적화시키면

$$\frac{\partial P_L(t)}{\partial R_L} = \frac{v_{oc}^2}{(R_{\text{th}} + R_L)^2} - 2\frac{v_{oc}^2 R_L}{(R_{\text{th}} + R_L)^3}$$

$$= v_{oc}^2 \frac{(R_{\text{th}} - R_L)}{(R_{\text{th}} + R_L)^3} = 0$$

- 위 식을 만족시키려면 분자가 0이 되면 되므로, $R_{th} - R_L = 0$

$$R_{\text{th}} = R_L \tag{5.4}$$

- 최대전력은 다음과 같다.

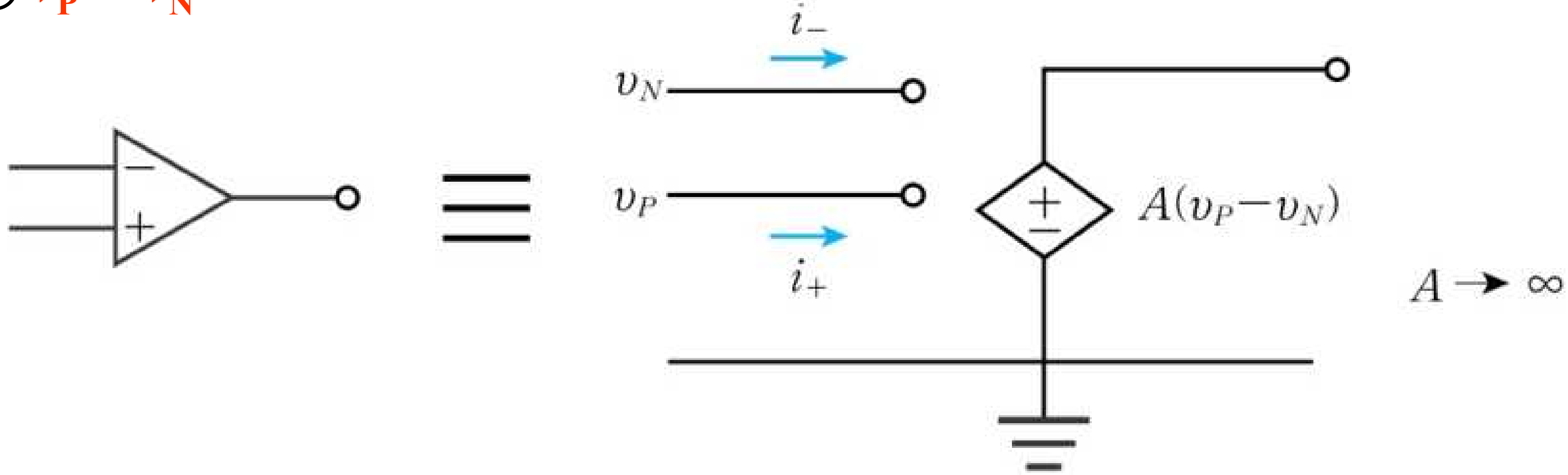
$$P_{\max} = v_L \cdot i_L = \frac{v_{oc}}{2} \cdot \frac{v_{oc}}{2R_L} = \frac{v_{oc}^2}{4R_L} \tag{5.5}$$

❑ 이상적인 연산증폭기

- 입력저항 R_i는 무한대, 출력저항 R_o은 0
- 이상적인 연산증폭기의 조건

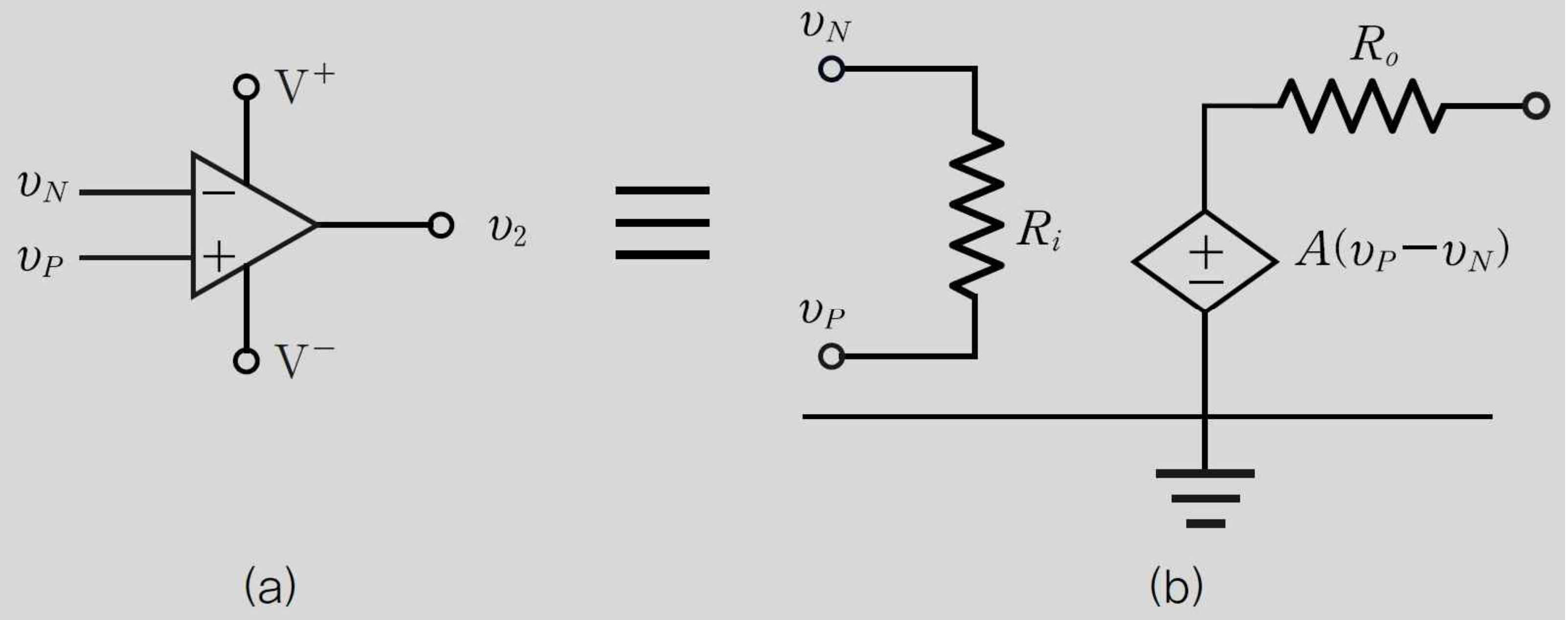
① $i_- = i_+ = 0$

② $v_P = v_N$



[그림 6-1] 이상적인 연산증폭기와 등가회로

❑ [참고 6-1] 실제 연산증폭기



[그림 6-2] (a) 연산증폭기의 기호, (b) 등가회로

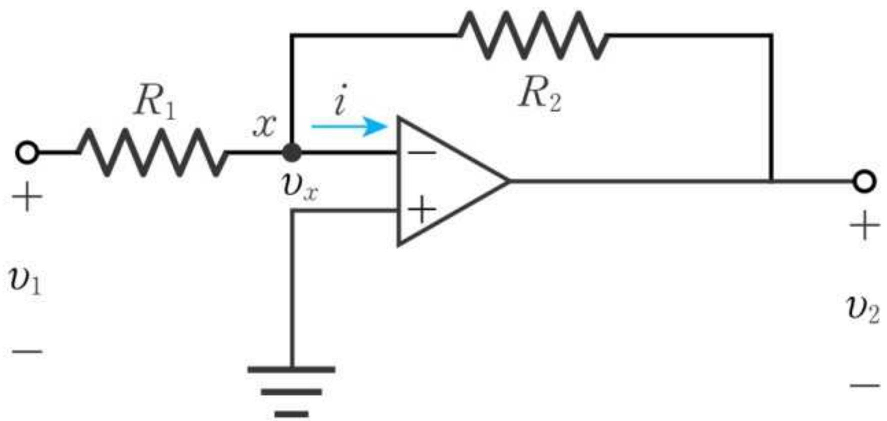
❑ 반전 형태 회로 분석

- 노드 x 에 KCL을 적용 : $$\frac{v_1 - v_x}{R_1} + \frac{v_2 - v_x}{R_2} = i$$

$$\left.\begin{array}{r} v_x = v_- = v_+ = 0 \\ i = i_- = i_+ = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} = 0$$

- 전압이득

$$\boxed{\frac{v_2}{v_1} = -\frac{R_2}{R_1}}$$



[그림 6-5] 반전 형태 회로 분석

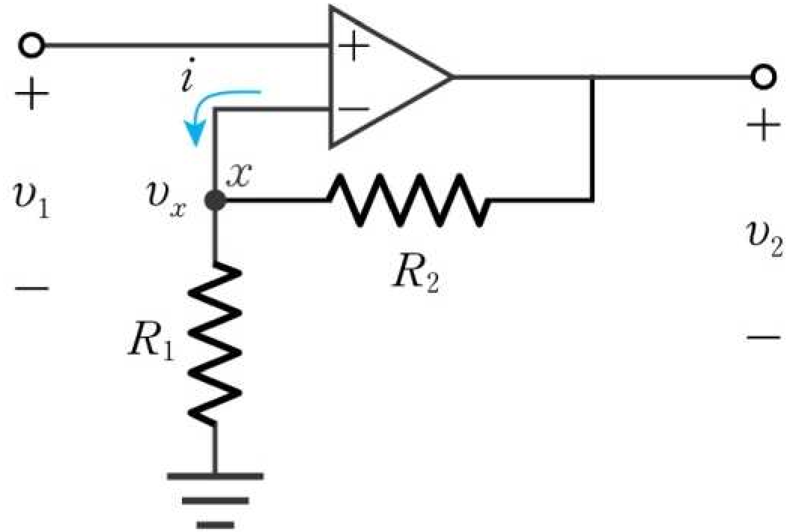
❑ 비반전 형태 회로 분석

- 노드 x 에서 KCL을 적용 : $$\frac{v_x}{R_1}+\frac{v_x-v_2}{R_2}=i$$

$$\left.\begin{array}{l} v_x=v_-=v_1 \\ i=i_-=i_+=0 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{v_1}{R_1}+\frac{v_1-v_2}{R_2}=0$$

- 전압이득

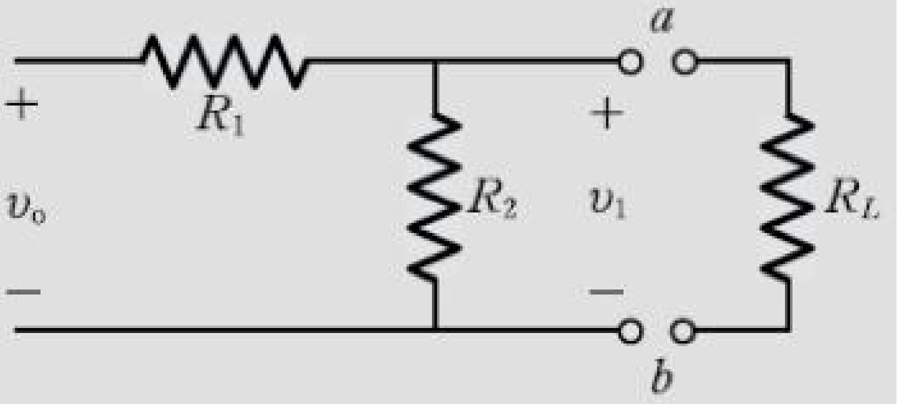
$$\boxed{\frac{v_2}{v_1}=1+\frac{R_2}{R_1}}$$



[그림 6-6] 비반전 형태 회로 분석

부하 효과

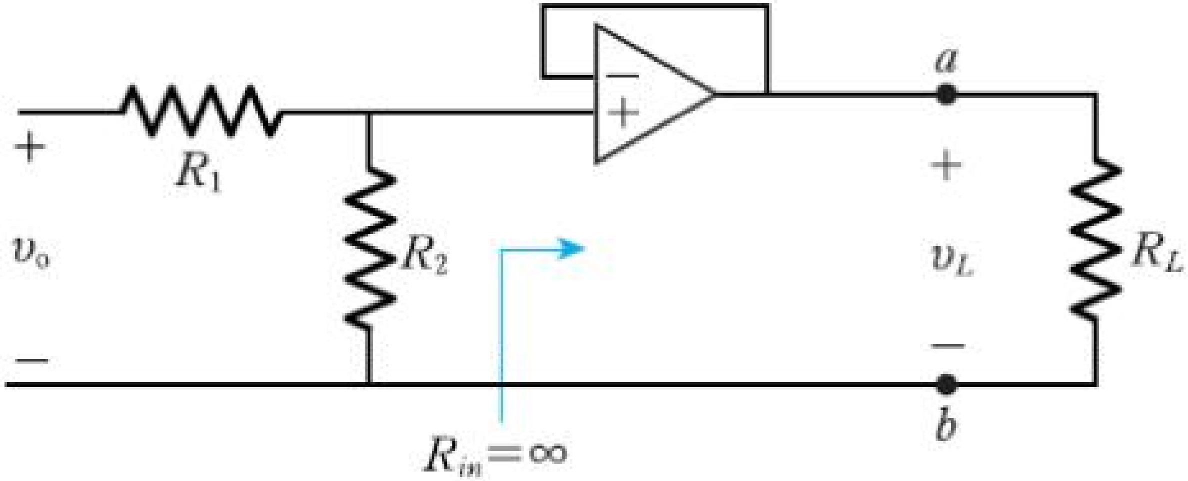
❑ 부하효과



- **전압** v_1을 오른쪽 **부하** R_L의 입력전압전원으로 사용
- R_L을 회로에 연결하기 전에 v_1 :
$$v_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_0$$
- R_L을 회로에 접속한 후에 v_1 :
$$v_1 = \frac{R_2 // R_L}{R_1 + R_2 // R_L} v_0$$

➲ 즉, 부하 연결 후 입력전압 v_1의 값은 연결되기 전의 값과 달라져 부하를 정상적으로 작동시킬 수 없게 된다.

❑ 연산증폭기를 이용한 전압추종기 회로



- 이상적인 연산증폭기의 입력저항 $R_{in} = \infty$
- v_1의 값은 R_1,R_2값에 의해서만 영향을 받는다.
- 전압 값이 이상적 연산증폭기의 조건인 $v_x = v_+ = v_-$에 의해 부하에 손실 없이 그대로 전달 → 부하효과를 방지할 수 있다.

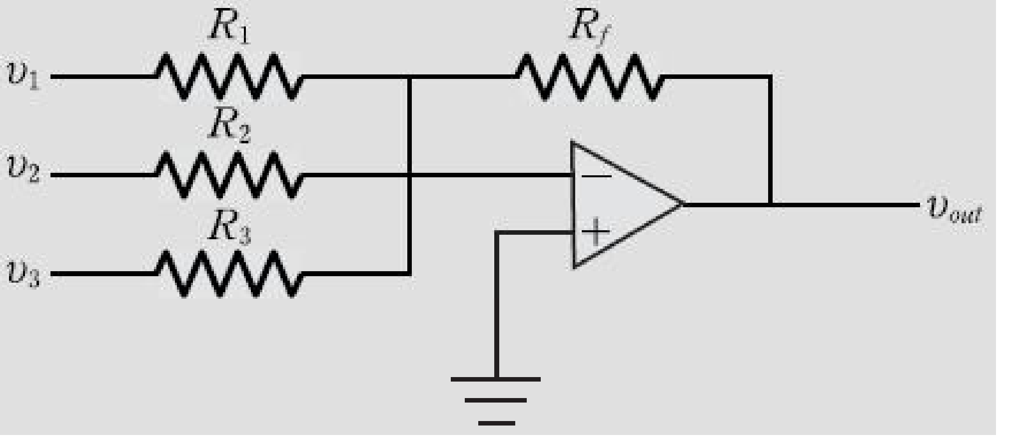
반전 가산기(Summer)

❑ 가산기의 구현

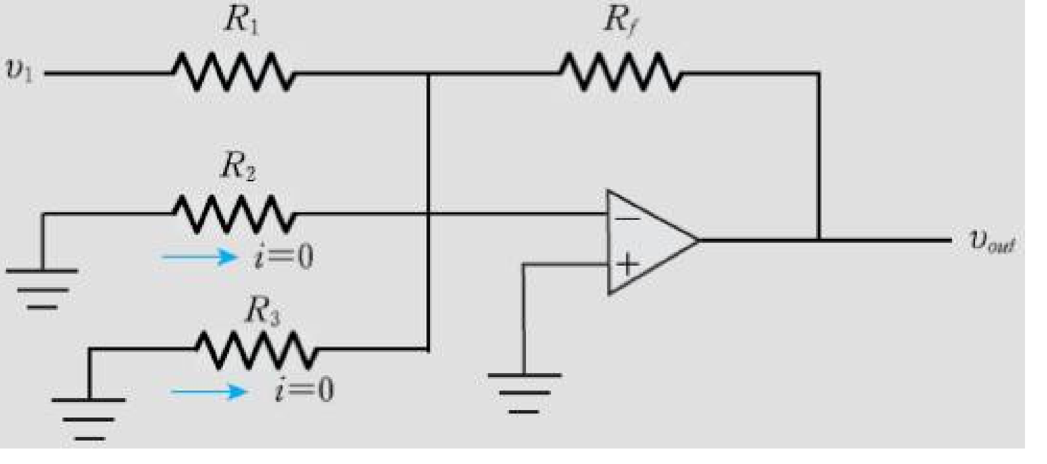
- 연산증폭기에 의한 가산기는 반전 형태와 비반전 형태가 있음능

❑ 반전 형태 가산기

- 중첩의 원리를 사용



$$v_{out1} = v_1\left(-\frac{R_f}{R_1}\right)$$



반전 가산기(Summer)

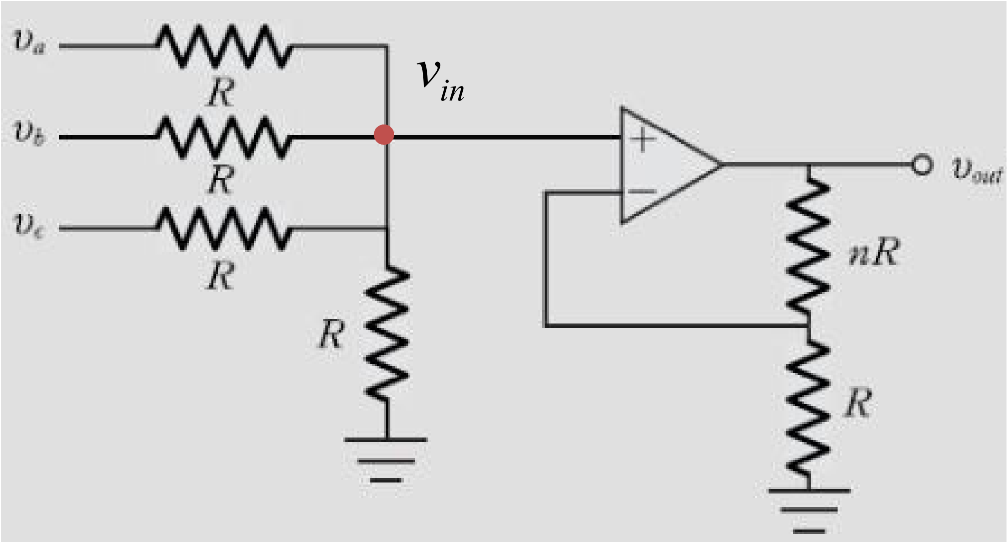
- 마찬가지로 입력 v_2, v_3에 의한 출력 v_{out2}, v_{out3}는 각각 다음과 같다.

$$v_{out2} = v_2\left(-\frac{R_f}{R_2}\right), \quad v_{out3} = v_3\left(-\frac{R_f}{R_3}\right)$$

- 최종 출력은 중첩의 원리에 의해 다음과 같이 정리된다.

$$\begin{aligned} v_{out} &= v_{out1} + v_{out2} + v_{out3} \\ &= -\left(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \frac{v_3}{R_3}\right)R_f \\ &= \left(-\frac{R_f}{R_1}\right)v_1 + \left(-\frac{R_f}{R_2}\right)v_2 + \left(-\frac{R_f}{R_3}\right)v_3 \end{aligned}$$

❑ 비반전 형태 회로에 의한 합산기



- v_b와 v_c를 접지 시킴

$$v_{in} = \frac{R/3}{R+R/3} v_a = \frac{v_a}{4}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} \left(= \frac{v_{out}}{v_a/4} \right) = 1 + \frac{nR}{R} = 4$$

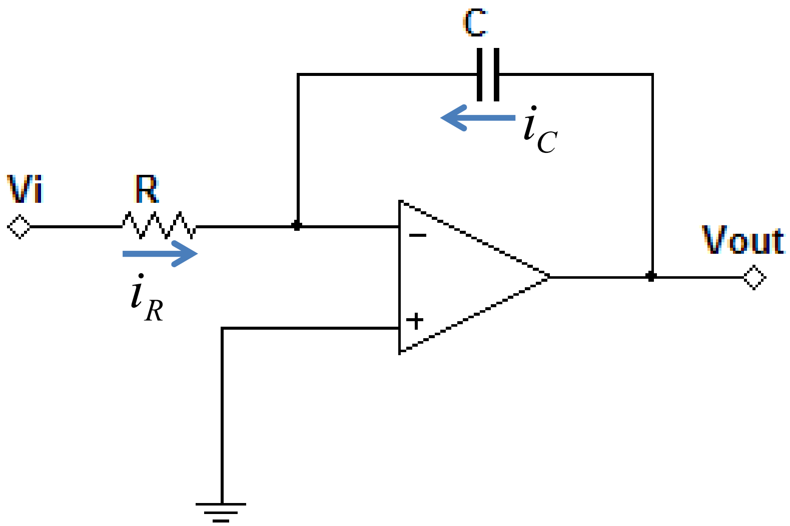
$$\Rightarrow v_{out} = v_a$$

- 중첩의 원리에 의해 같은 방법으로 해석하면 출력전압은

$$\boxed{v_{out} = v_a + v_b + v_c}$$

(단, n 은 입력전압 개수. 입력전압이 v_a, v_b, v_c 3 개이므로 n = 3)

적분증폭기

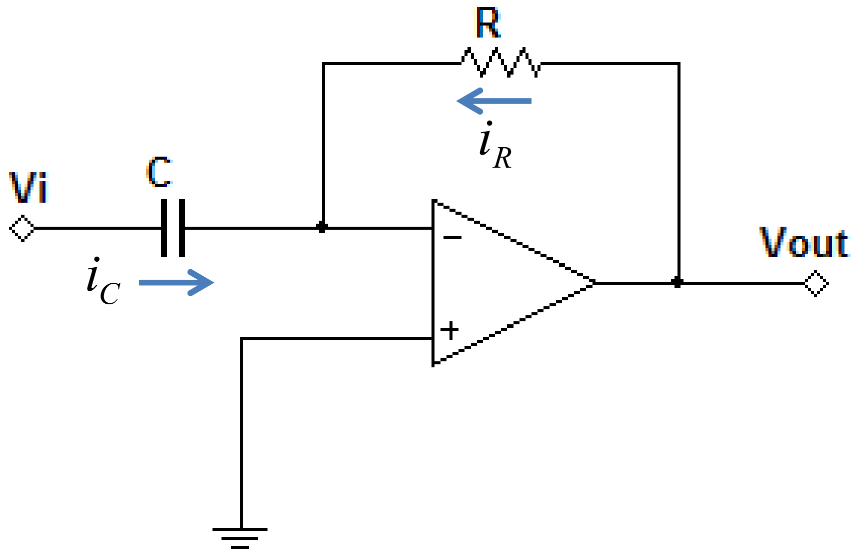


$$i_C = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv_{out}}{dt} \qquad i_R = \frac{v_i}{R}$$

$$i_R + i_C = \frac{v_i}{R} + C\frac{dv_{out}}{dt} = i_- = 0$$

$$\frac{dv_{out}}{dt} = -\frac{v_i}{RC} \Rightarrow v_{out}(t) = -\frac{1}{RC}\int_0^t v_i dt + v_{out}(0)$$

미분증폭기



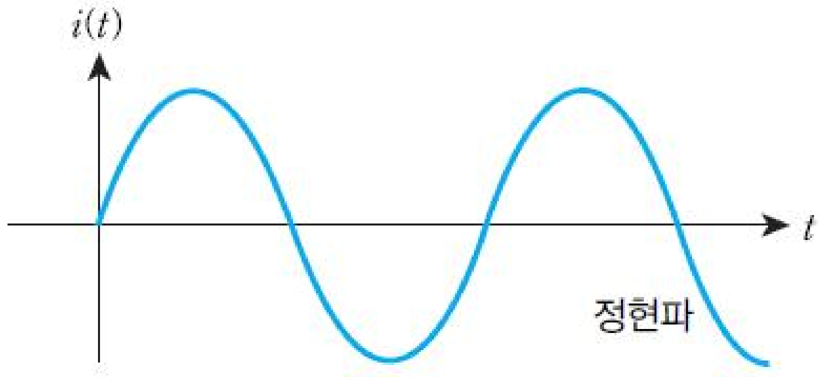
$$i_C = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv_i}{dt} \qquad i_R = \frac{v_{out}}{R}$$

$$i_R + i_C = \frac{v_{out}}{R} + C\frac{dv_i}{dt} = i_- = 0$$

$$\frac{v_{out}}{R} = -C\frac{dv_i}{dt} \Rightarrow v_{out}(t) = -RC\frac{dv_i}{dt}$$

❑교류 (AC: Alternative Current)

- 시간(t)에 따라 그 위상이 변하는 전류
- 소문자 *i(t), v(t)*로 표기 (예: 220V 가정용 전원)



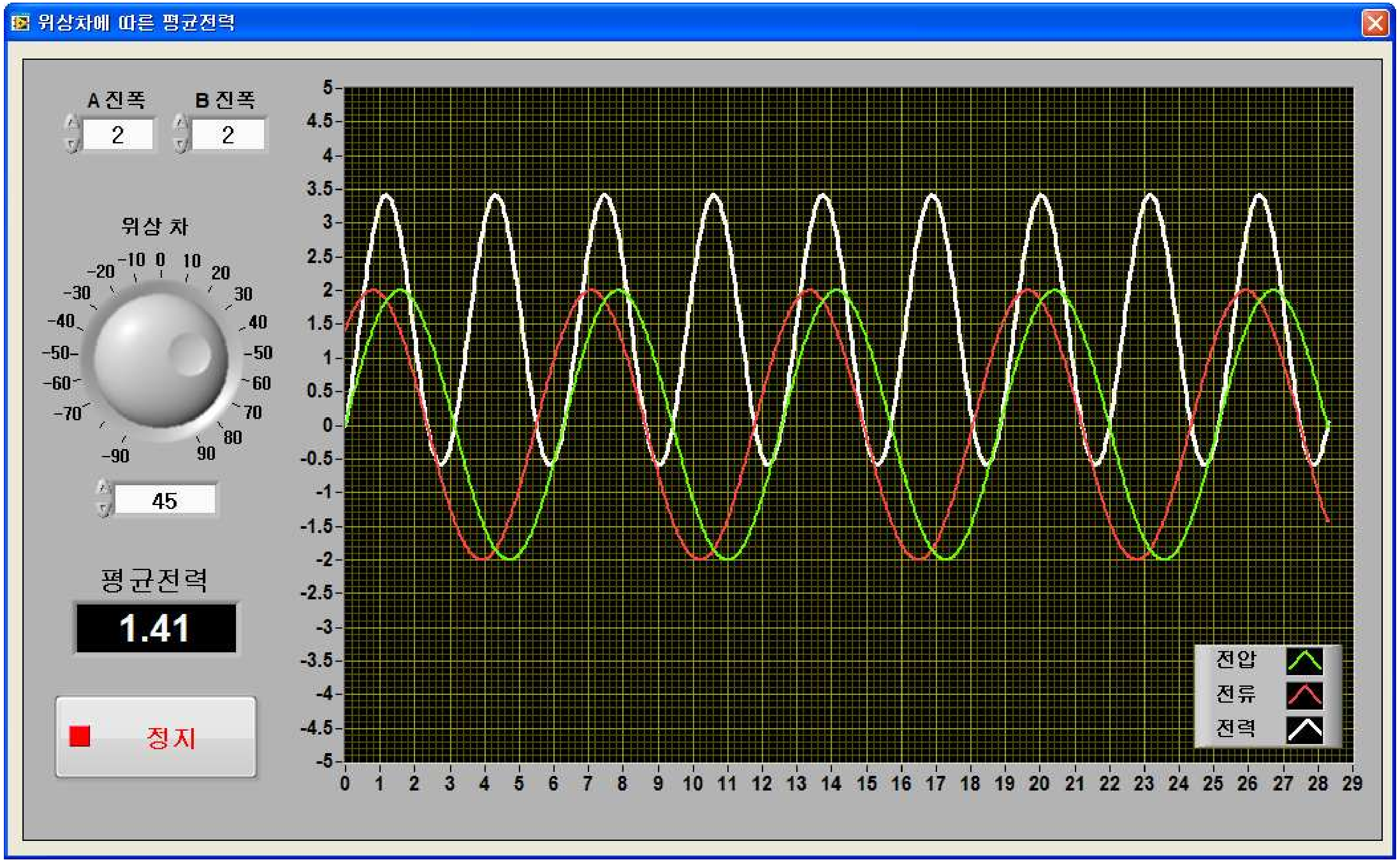
$$v_{\text{home}}(t) = V_P \cos(\omega t + \phi)$$
$$= \sqrt{2}V \cos(120\pi t + \phi)$$

$$v(t) = V_P \cos(\omega t + \phi) = \sqrt{2}V \cos(2\pi f t + \phi) \qquad \text{여기서,} \quad \omega = 2\pi f$$

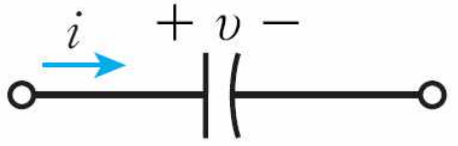
$$\rightarrow i(t) = I_P \cos(\omega t + \phi')$$

위상차에 따른 평균전력

$$P(\phi) = \frac{1}{T}\int_0^T v(t+\phi)i(t)dt$$



❑ 커패시터의 심볼과 전류, 전압의 참조 방향



[그림 7-1] 커패시터의 심볼

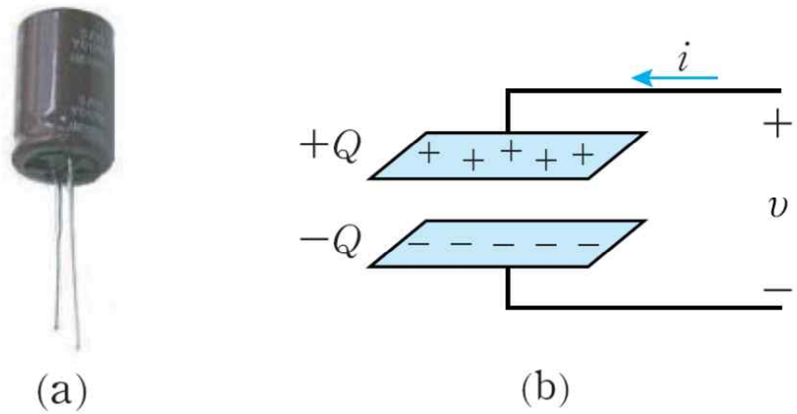
$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv}{dt}$$

$v(t) = V_P \sin \omega t$로 가정하면

$$i(t) = CV_P \cos \omega t = CV_P \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

→즉, 전압이 전류보다 위상이 90° 늦음

❑ 커패시터와 그 내부 구조

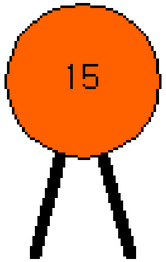


[그림 7-2] (a) 커패시터(콘덴서), (b) 내부 구조

$$q = Cv$$

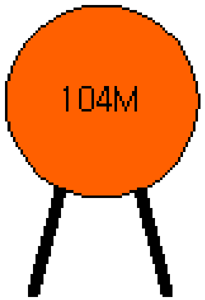
컨덴서의 용량, 내압, 오차 읽는법

세라믹
콘덴서



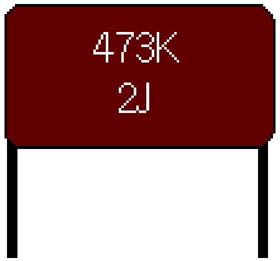
15[pF]

세라믹
콘덴서



10×10^4[pF] = 100000[pF] = 0.1 [μF] ± 20%

마일러
콘덴서



47×10^3[pF] = 47000[pF] = 0.047 [μF] ± 10% / 630V

컨덴서의 용량, 내압, 오차 읽는법

- 예) 2H223K → 500V 0.022μF ±10%
  3C474J → 1600V 0.47μF ±5%

• 내압 읽는 방법

	A	B	C	P	D	E	F	V	G	W	H	J	K
0	1.0	0.25	1.6	1.8	2.0	2.5	3.15	3.5	4.0	4.5	5.0	6.3	8.0
1	10	12.5	16	18	20	25	31.5	35	40	45	50	63	80
2	100	125	160	180	200	250	315	350	400	450	500	630	800
3	1000	1250	1600	1800	2000	2500	3150	3500	4000	4500	5000	6300	8000

• 오차 읽는 방법

	A	B	C	D	F	G	J	K	M	N	V	X
허용 오차	±0.05	±0.1	±0.25	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20	±30	+20 -10	+40 -10

커패시터 (Capacitor, 콘덴서)

❑ 커패시터에서의 전류-전압 관계식 (적분)

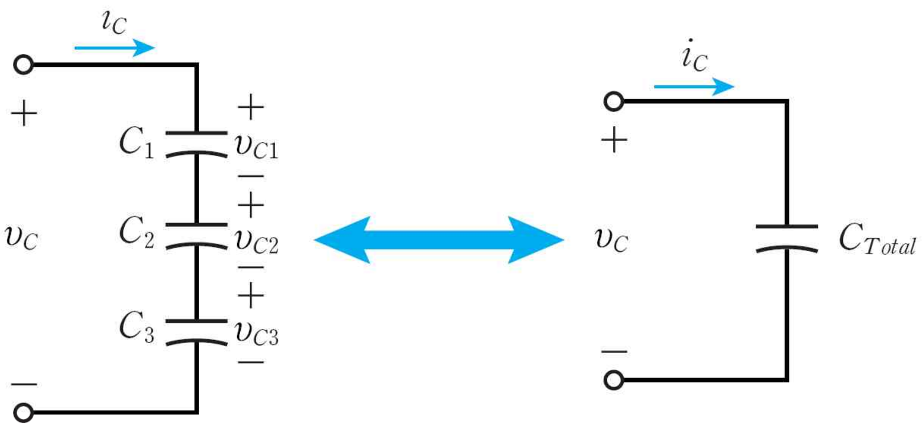
$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv}{dt} \qquad \Rightarrow v(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(\tau)d\tau + v(t_0)$$

- 커패시터의 회로해석을 위하여 커패시터에 걸리는 초기 전압 값을 아는 것이 반드시 필요
- 항상 $v_c(t_0^-) = v_c(t_0^+)$이지만, 전류는 $i_c(t_0^-) \neq i_c(t_0^+)$

❑ 커패시터의 저장(정전) 에너지

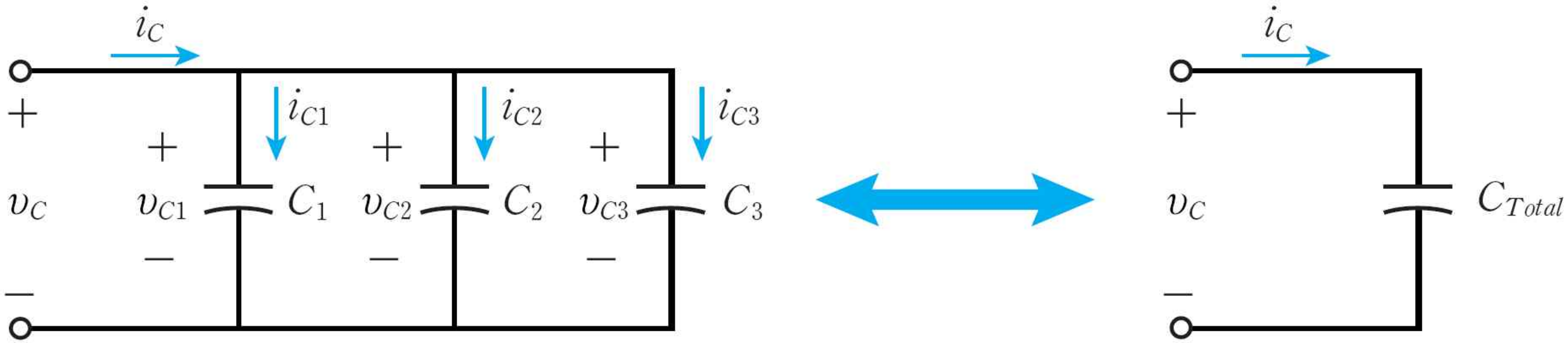
$$p(t) = v(t)i(t) = v(t)C\frac{dv(t)}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Cv^2\right) \Rightarrow w(t) = \int p(t)dt = \frac{1}{2}Cv^2$$

❑ 커패시터의 직렬연결 회로



$$\frac{1}{C_{Total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

❑ 커패시터의 병렬연결 회로

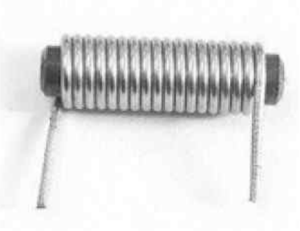


$$C_{Total} = C_1 + C_2 + C_3$$

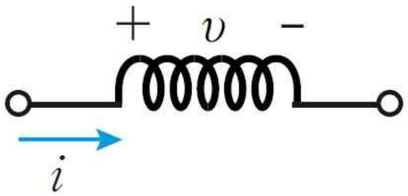
인덕터 (inductor, Coil)

❑ 인덕터의 심볼과 전류, 전압의 참조 방향

$$v = \frac{d\lambda}{dt} = L\frac{di}{dt}$$



(a) 실제 인덕터



(b) 인덕터의 기호

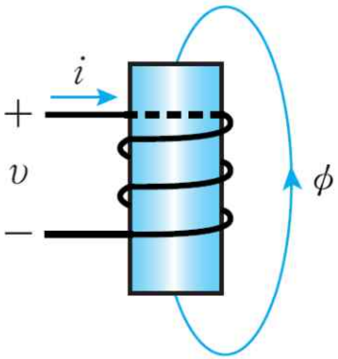
$i(t) = I_P \sin \omega t$로 가정하면

$$v(t) = LI_P \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

→ 즉, 전압이 전류보다 위상이 90° 빠름

❑ 인덕터의 구조

- 인덕터는 코일이라고도 하며, 철심과 같은 자성체에 코일을 감은 구조를 가진다.



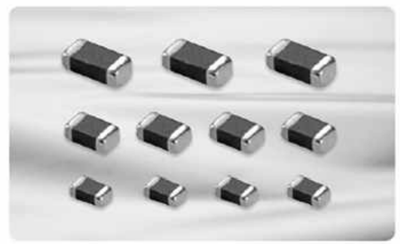
[그림 7-7] 인덕터의 구조

총 쇄교자속(λ)

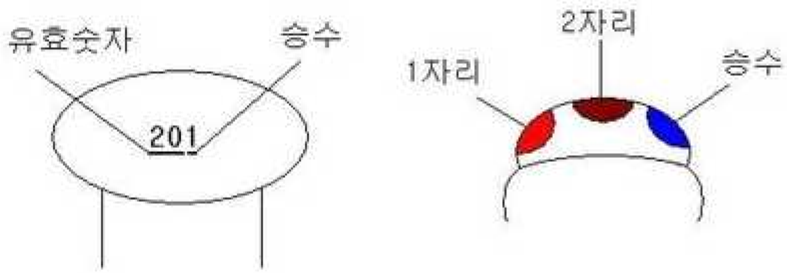
$$\lambda = N\phi = Li$$

인덕터 읽는 방법

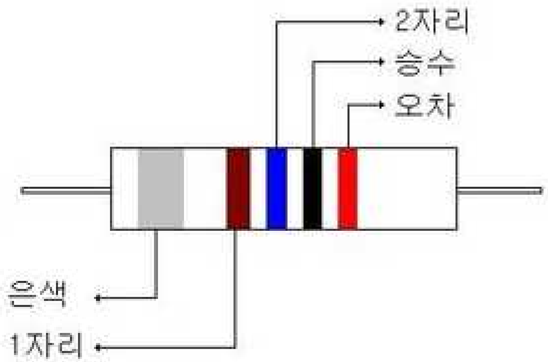
❑ 코일(Coil)



적층형



ㄴ 피킹코일 ┘



초크코일

권선형

색	검정	갈색	빨강	주황	노랑	초록	파랑	보라	회색	흰색	금색	은색
1, 2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	-
3 (승수)	0	1	2	3	4	-	-	-	-	-	-1	-2
4(오차,%)	±10(M)										±5(J)	±10(K)

- Chip Inductor : 1R2 → 1.2μH, R22→0.22 μH, 22N=22nH

150 → 15×10^{0} μH=15 μH, 152K → 15×10^{2} μH=1500 μH=1.5mH±10%

인덕터 (inductor, Coil)

❑ 인덕터에서의 전류-전압 관계식 (미분)

$$v = \frac{d\lambda}{dt} = L\frac{di}{dt} \qquad \Rightarrow i(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} v(\tau)d\tau + i(t_0)$$

- 인덕터가 있는 회로해석을 하려면 인덕터에 걸리는 초기 전류 값을 반드시 알아야 한다.
- 인덕터 전류는 $i_L(t_0^-) = i_L(t_0^+)$이지만 인덕터전압은 $v_L(t_0^-) \neq v_L(t_0^+)$

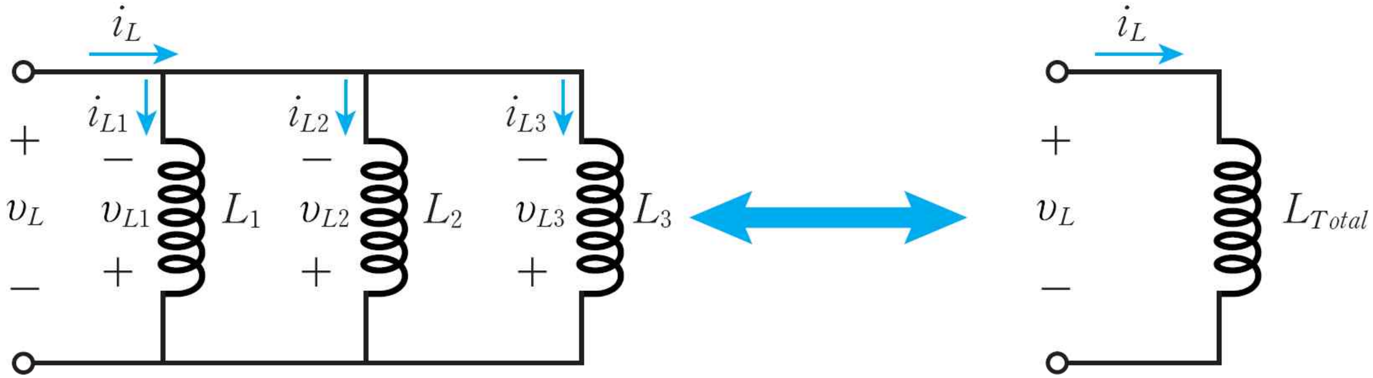
❑ 인덕터 저장(자기) 에너지

$$p(t) = v(t)i(t) = L\frac{di(t)}{dt}i(t) = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Li^2\right) \quad \Rightarrow w(t) = \int p(t)dt = \frac{1}{2}Li^2$$

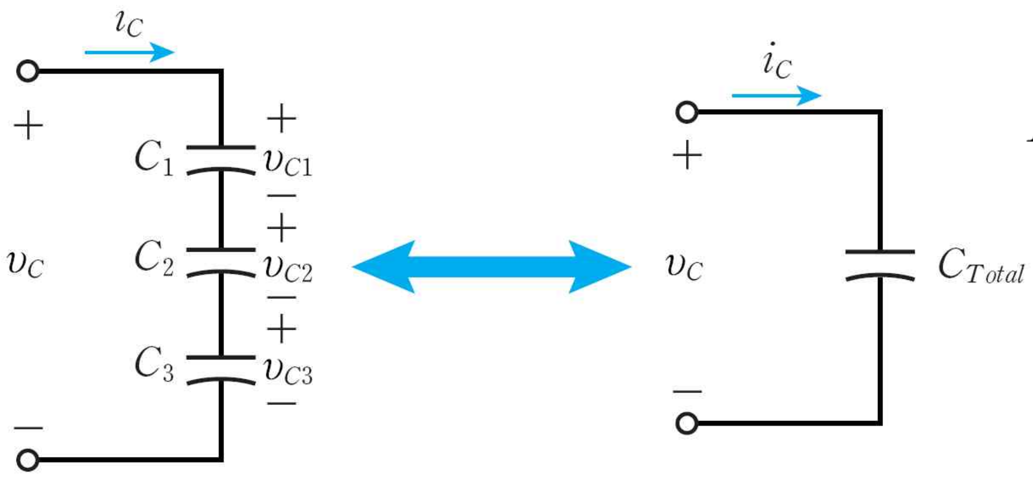
인덕터의 직병렬연결

❑인덕터의 병렬연결 회로

$$\frac{1}{L_{Total}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$



❑인덕터의 직렬연결 회로



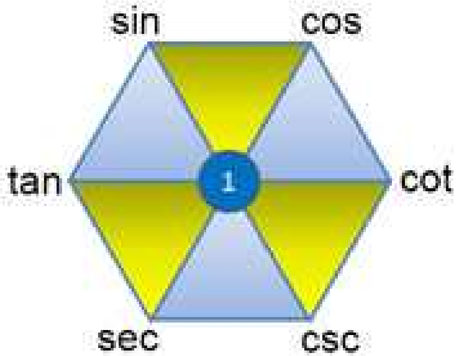
$$L_{Total} = L_1 + L_2 + L_3$$

전기회로를 위한 기본 수학

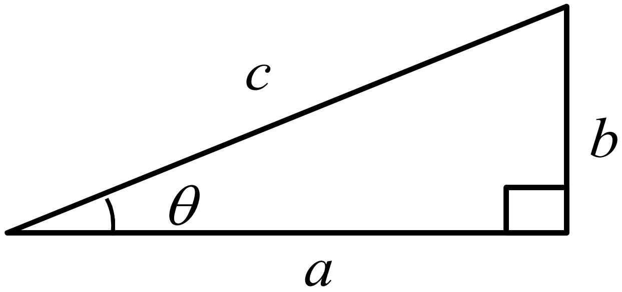
❑근의 공식

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad \Rightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$ax^2 + 2b'x + c = 0 \quad \Rightarrow x = \frac{-b' \pm \sqrt{b'^2 - ac}}{a}$$



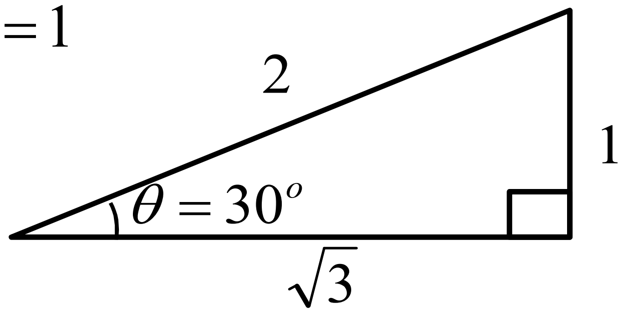
❑삼각함수 공식



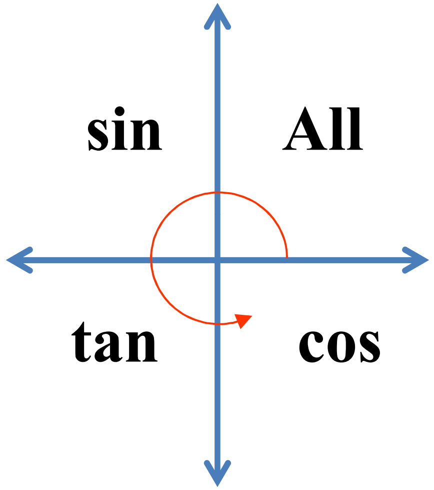
$$a^2 + b^2 = 1$$

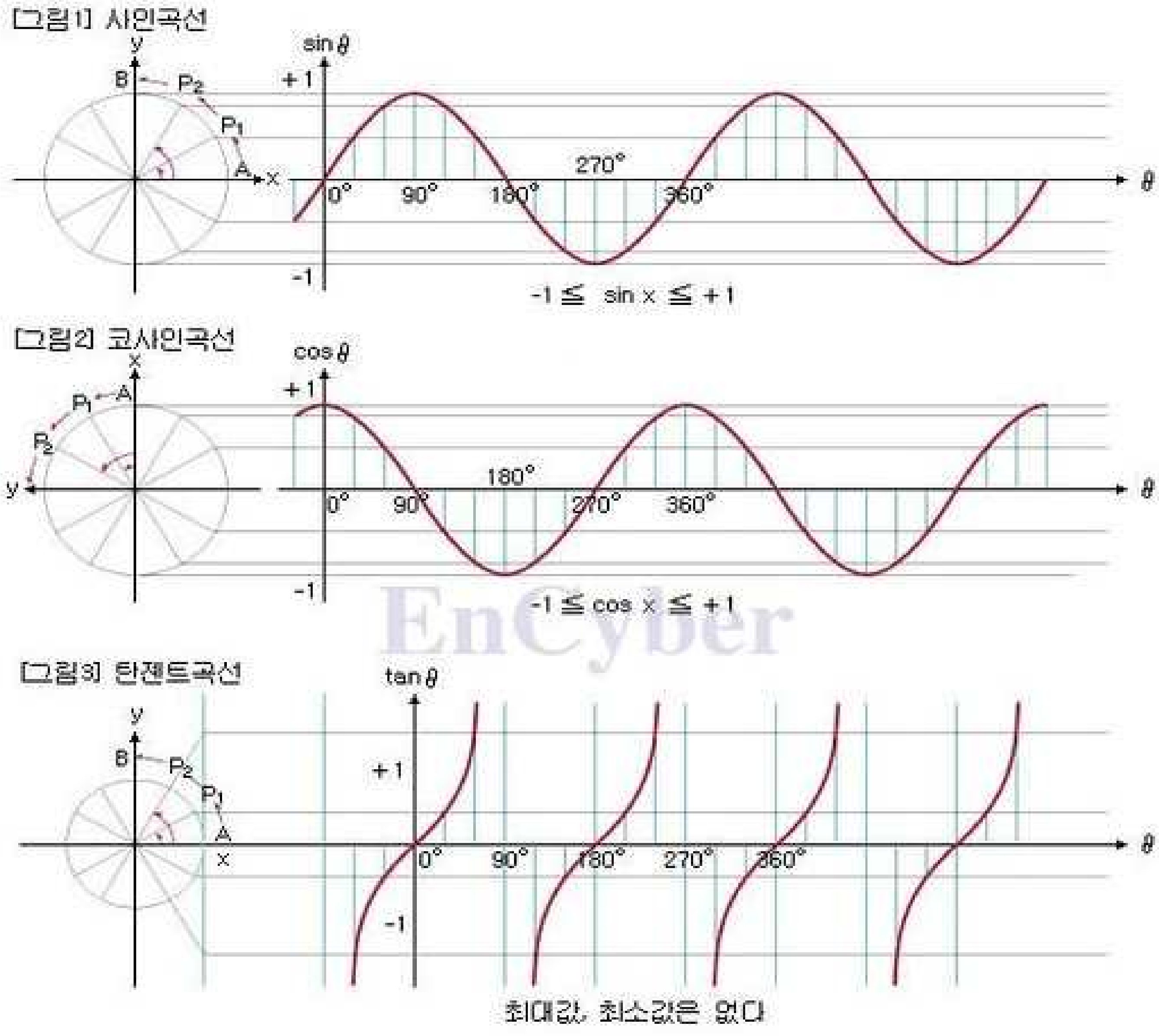
$$\sin\theta = \frac{b}{c} \qquad \cos\theta = \frac{a}{c} \qquad \tan\theta = \frac{b}{a} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$$



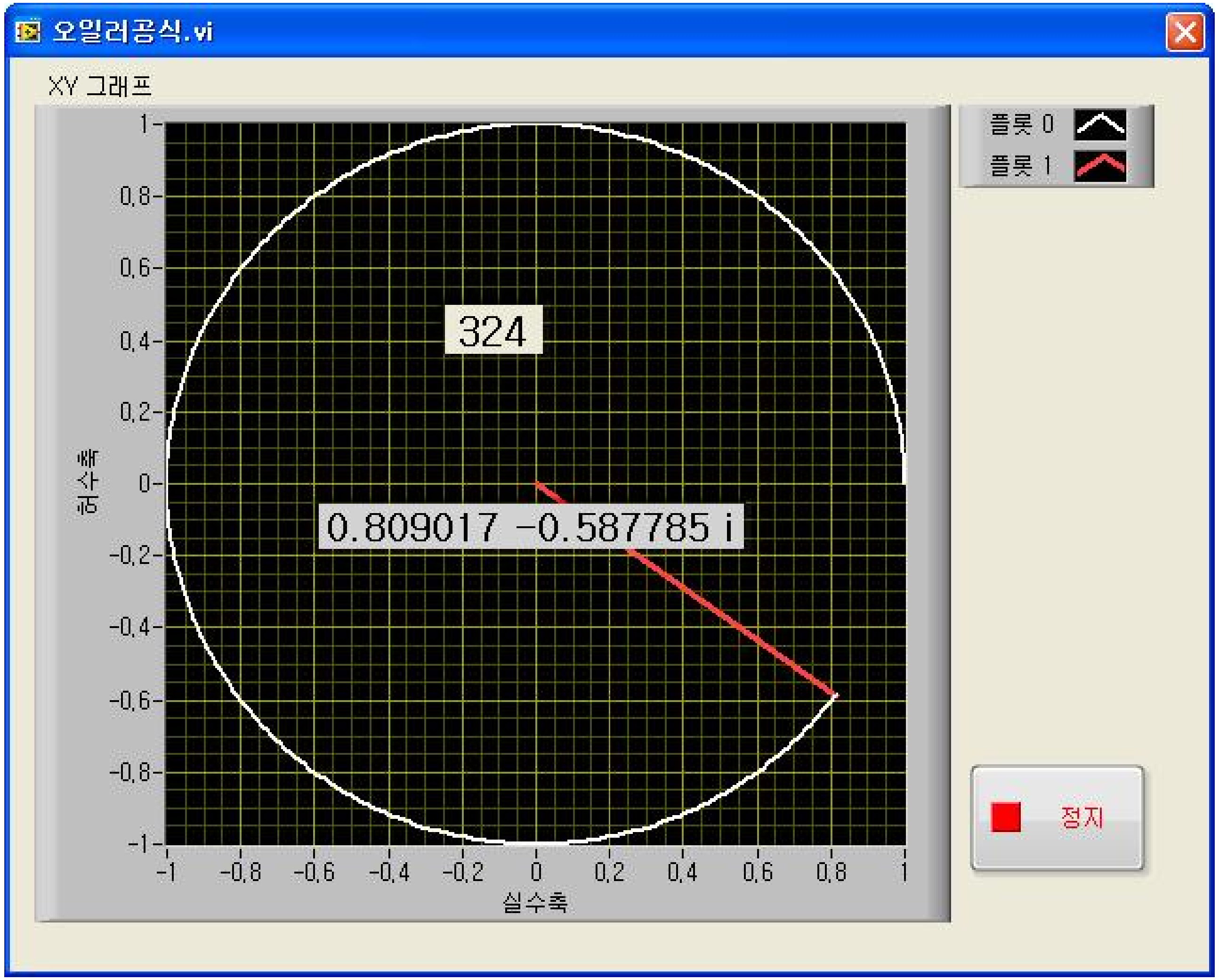
전기회로를 위한 기본 수학





오일러 공식 (Euler's Formula)

$$e^{j\phi}\left(=\exp(j\phi)\right)=\cos\phi+j\sin\phi$$



전기회로를 위한 기본 수학

삼각함수의 nπ±a 각 변형공식

$$360^o = 2\pi \ radian$$

$\sin(\frac{\pi}{2}-\theta)=+\cos\theta$ $\cos(\frac{\pi}{2}-\theta)=+\sin\theta$ $\tan(\frac{\pi}{2}-\theta)=+\cot\theta$	$\sin(\frac{\pi}{2}+\theta)=+\cos\theta$ $\cos(\frac{\pi}{2}+\theta)=-\sin\theta$ $\tan(\frac{\pi}{2}+\theta)=-\cot\theta$
$\sin(\pi-\theta)=+\sin\theta$ $\cos(\pi-\theta)=-\cos\theta$ $\tan(\pi-\theta)=-\tan\theta$	$\sin(\pi+\theta)=-\sin\theta$ $\cos(\pi+\theta)=-\cos\theta$ $\tan(\pi+\theta)=+\tan\theta$
$\sin(\frac{3\pi}{2}-\theta)=-\cos\theta$ $\cos(\frac{3\pi}{2}-\theta)=-\sin\theta$ $\tan(\frac{3\pi}{2}-\theta)=+\cot\theta$	$\sin(\frac{3\pi}{2}+\theta)=-\cos\theta$ $\cos(\frac{3\pi}{2}+\theta)=+\sin\theta$ $\tan(\frac{3\pi}{2}+\theta)=-\cot\theta$
$\sin(2\pi-\theta)=-\sin\theta$ $\cos(2\pi-\theta)=+\cos\theta$ $\tan(2\pi-\theta)=-\tan\theta$	$\sin(2\pi+\theta)=+\sin\theta$ $\cos(2\pi+\theta)=+\cos\theta$ $\tan(2\pi+\theta)=+\tan\theta$

❑삼각함수의 덧셈공식

1) $\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$

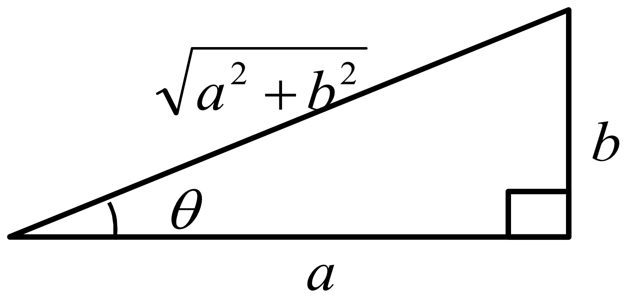
2) $\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$

3) $\tan(x \pm y) = \dfrac{\tan x \pm \tan y}{1 \mp \tan x \tan y}$

❑삼각함수 합성

$$a \sin x + b \sin y = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(x + \phi)$$

$$\cos \phi = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \qquad \sin \phi = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$



❑미분공식

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(x^{n}\right)=nx^{n-1} \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left((ax)^{n}\right)=an(ax)^{n-1}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(f(x)g(x)\right)=f'(x)g(x)+f(x)g'(x) \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right)=\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right)'=\frac{f'g-fg'}{g^{2}}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\sin x\right)=\cos x \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(\cos x\right)=-\sin x \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(\tan x\right)=\sec^{2} x$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\sin \omega t\right)=\omega\cos \omega t \qquad \frac{\partial}{\partial t}\left(\cos \omega t\right)=-\omega\sin \omega t \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(\ln x\right)=\frac{1}{x}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(e^{t}\right)=e^{t} \qquad \frac{\partial}{\partial t}\left(e^{\omega t}\right)=\omega e^{\omega t} \qquad \frac{\partial}{\partial t}\left(e^{j\omega t}\right)=j\omega e^{\omega t} \qquad \frac{\partial}{\partial t}\left(Ae^{j\omega t}\right)=j\omega Ae^{\omega t}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(e^{j\omega t}\right)=j\omega e^{j\omega t}=-\omega\sin\omega t+j\omega\cos\omega t=\omega\cos(\omega t+\frac{\pi}{2})+j\omega\sin(\omega t+\frac{\pi}{2})$$

전기회로에서의 복소수

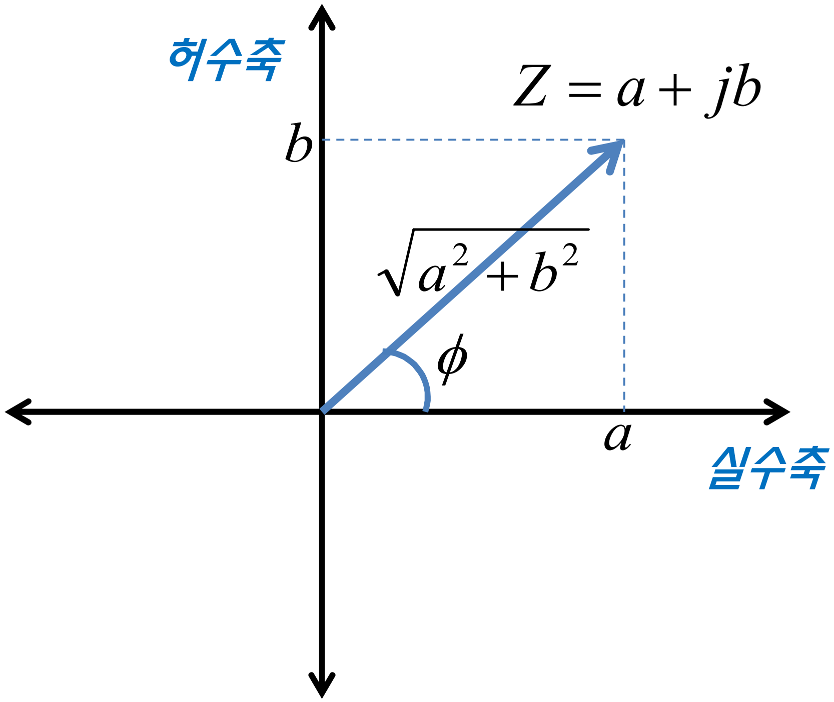
❑복소수 : 진폭 × 위상

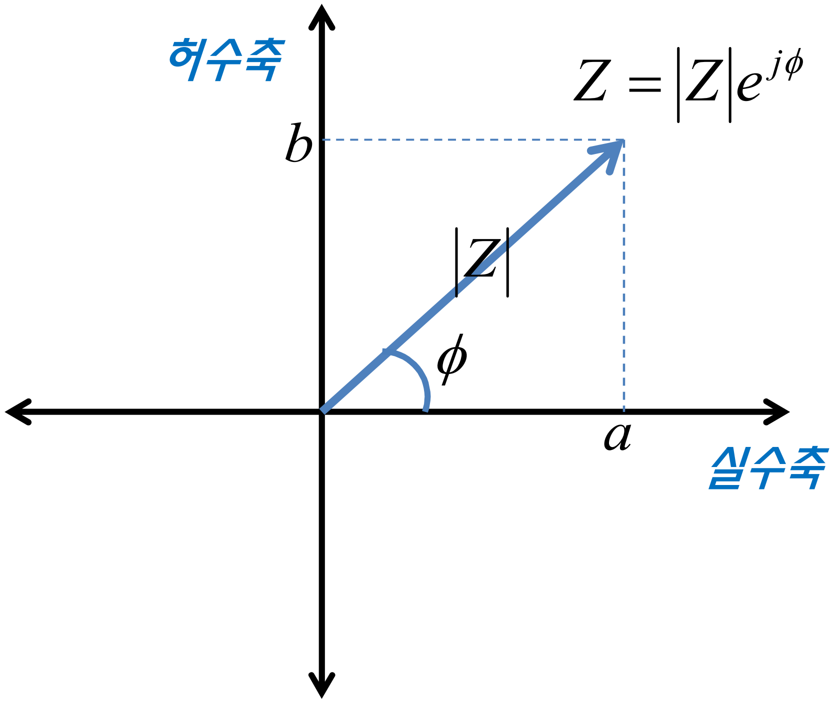
$$j^2 = -1$$

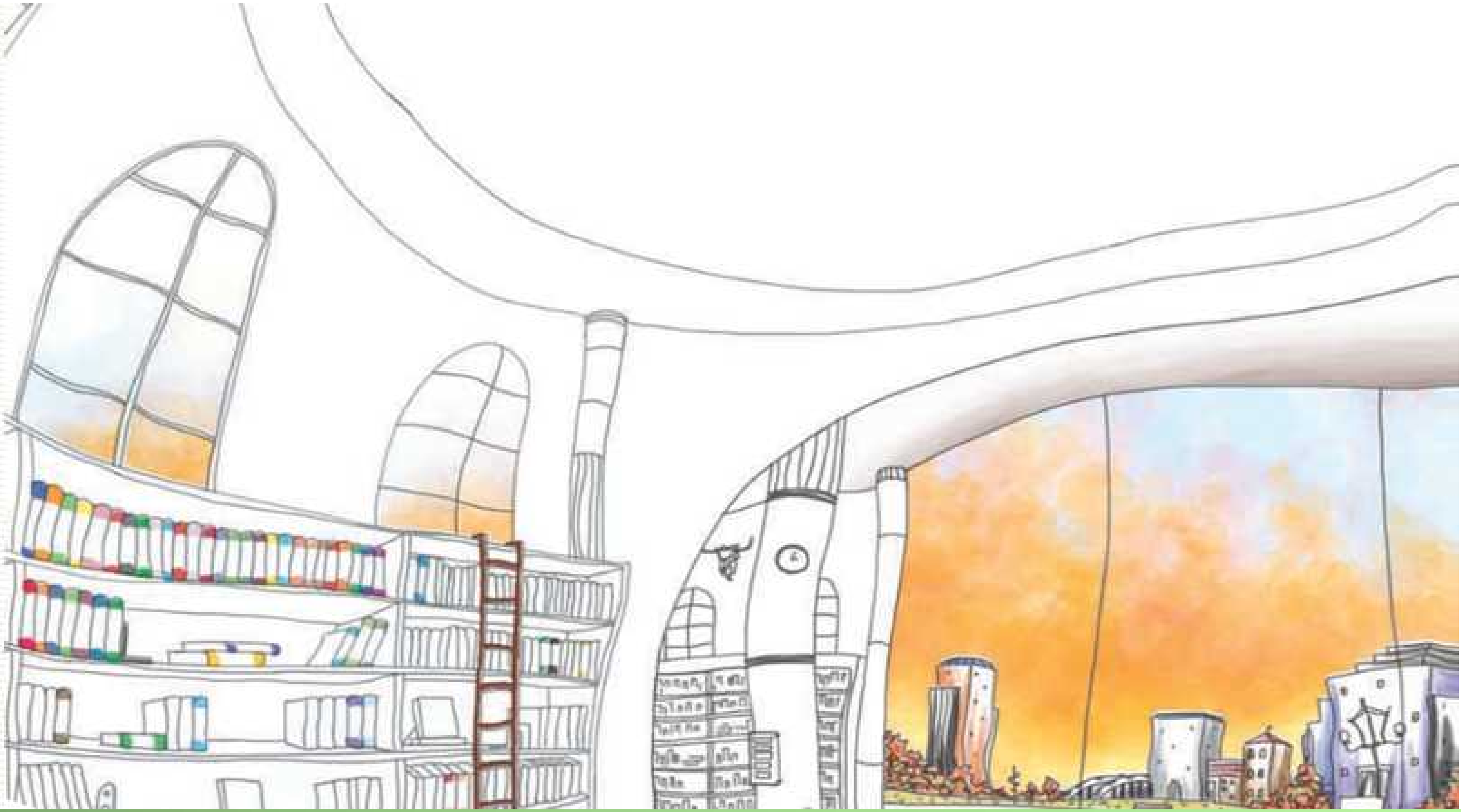
$$Z = a + jb = \sqrt{a^2+b^2}\left(\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} + j\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}\right)$$

$$= \sqrt{a^2+b^2}(\cos\phi + j\sin\phi) = |Z|e^{j\phi}$$

여기서, $\tan\phi = \dfrac{b}{a} \Rightarrow \phi = \tan^{-1}\left(\dfrac{b}{a}\right)$







Thank You

O장 요점정리