



EDDI

Electronic Design  
Development Institute

---

# 에디로봇아카데미

## 임베디드 마스터 Lv2 과정

제 1기

2022. 06. 04

손표훈

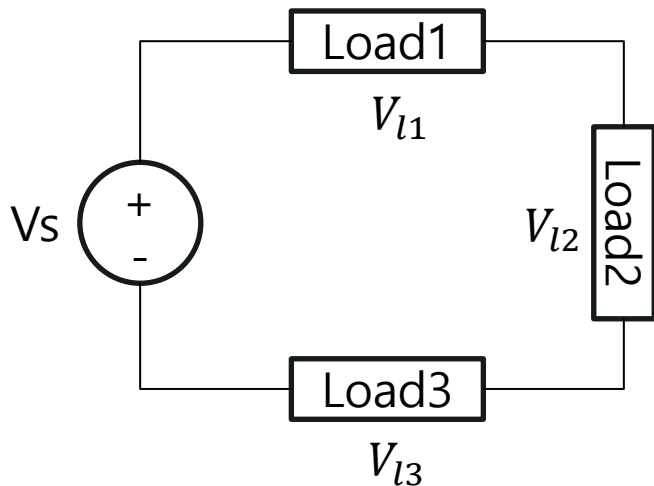
# CONTENTS

- 키르히호프의 전류,전압 법칙
  - KVL
  - KCL
  - 망전류법
  - 마디전압법
- RLC소자의 직/병렬 회로 특성
  - R(저항)의 직/병렬 회로 특성
  - L(인덕터)의 직/병렬 회로 특성
  - C(커패시터)의 직/병렬 회로 특성

# 키르히호프의 전류,전압 법칙

## ➤ KVL

- 키르히호프의 전압법칙 : 각 부하에 걸린 전압의 합은 입력 전압(공급 전압)의 합과 같다
- 로드의 종류는 저항/인덕턴스(인덕터)/캐패시턴스(커패시터)가 있다
- 위 3가지 로드는 다음과 같은 성질을 지닌다 저항성은 에너지를 소비, 인덕턴스/캐패시턴스는 에너지 소비&저장의 성질을 가지고 있다
- 특히 인덕턴스와 캐패시턴스 성분의 로드들은  
    각각 인덕턴스는 자기장의 형태로 에너지를 저장하고, 캐패시턴스는 전기장 형태로 에너지를 저장한다



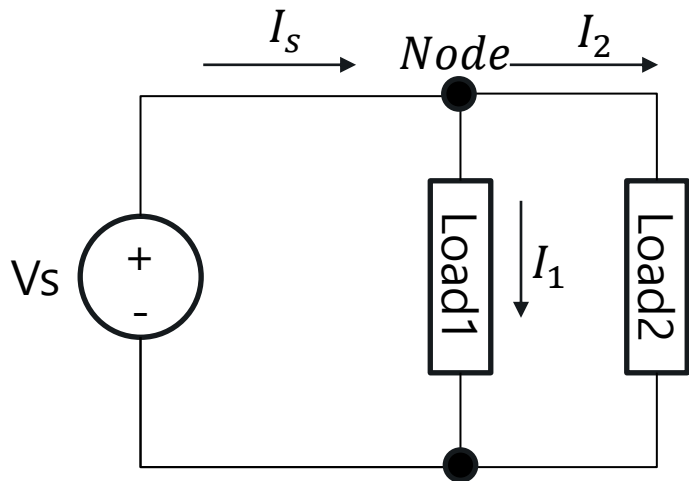
$$V_s = V_{l1} + V_{l2} + V_{l3}$$

$$V_{l1} + V_{l2} + V_{l3} - V_s = 0$$

# 키르히호프의 전류,전압 법칙

## ➤ KCL

→ 키르히호프의 전류법칙 : 노드에 흐르는 전류의 총 합은 0이다



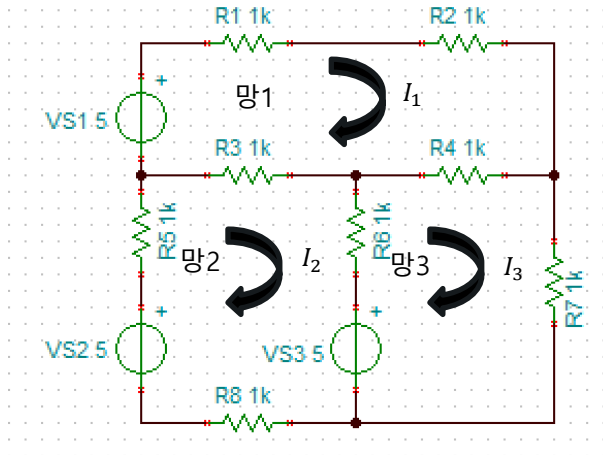
$$I_s = I_1 + I_2$$

$$I_s - (I_1 + I_2) = 0$$

# 키르히호프의 전류,전압 법칙

## ➤ 망전류법

→ 키르히호프의 전류법칙 : 노드에 흐르는 전류의 총 합은 0이다



$$V_{s1} = R_1 I_1 + R_2 I_2 + (I_1 - I_3) R_4 + (I_1 - I_2) R_3 = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) I_1 + (-R_3) I_2 + (-R_4) I_3$$

$$-V_{s2} - V_{s3} = R_5 I_2 + (I_2 - I_1) R_3 + (I_2 - I_3) R_6 + I_2 R_8 = (-R_3) I_1 + (R_3 + R_5 + R_6 + R_8) I_2 + (-R_6) I_3$$

$$V_{s3} = (I_3 - I_2) R_6 + (I_3 - I_1) R_4 + I_3 R_7 = (-R_4) I_1 + (-R_6) I_2 + (R_4 + R_6 + R_7) I_3$$

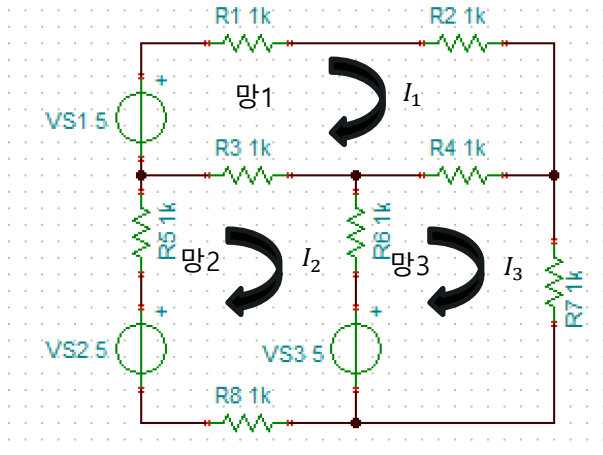
$$\begin{pmatrix} V_{s1} \\ -V_{s2} - V_{s3} \\ V_{s3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 + R_2 + R_3 + R_4 & -R_3 & -R_4 \\ -R_3 & R_3 + R_5 + R_6 + R_8 & -R_6 \\ -R_4 & -R_6 & R_4 + R_6 + R_7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix}$$

→ 위 행렬을 가우스-조르단 소거법을 통해 전류를 구할 수 있다

# 키르히호프의 전류,전압 법칙

## ➤ 망전류법

→ 키르히호프의 전류법칙 : 노드에 흐르는 전류의 총 합은 0이다



$$V_{s1} = R_1 I_1 + R_2 I_2 + (I_1 - I_3) R_4 + (I_1 - I_2) R_3 = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) I_1 + (-R_3) I_2 + (-R_4) I_3$$

$$-V_{s2} - V_{s3} = R_5 I_2 + (I_2 - I_1) R_3 + (I_2 - I_3) R_6 + I_2 R_8 = (-R_3) I_1 + (R_3 + R_5 + R_6 + R_8) I_2 + (-R_6) I_3$$

$$V_{s3} = (I_3 - I_2) R_6 + (I_3 - I_1) R_4 + I_3 R_7 = (-R_4) I_1 + (-R_6) I_2 + (R_4 + R_6 + R_7) I_3$$

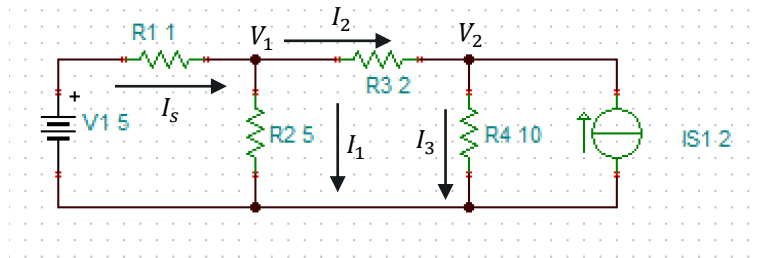
$$\begin{pmatrix} V_{s1} \\ -V_{s2} - V_{s3} \\ V_{s3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 + R_2 + R_3 + R_4 & -R_3 & -R_4 \\ -R_3 & R_3 + R_5 + R_6 + R_8 & -R_6 \\ -R_4 & -R_6 & R_4 + R_6 + R_7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix}$$

→ 위 행렬을 가우스-조르단 소거법을 통해 전류를 구할 수 있다

# 키르히호프의 전류,전압 법칙

## ➤ 마디전압법

→ 키르히호프의 전류법칙 : 노드에 흐르는 전류의 총 합은 0이다



→ 각 마디  $V_1, V_2$ 에 걸리는 전압을 아래와 같이 구할 수 있다(단 그라운드 쪽 마디는 0으로 공통된 전압을 가지므로 기준 마디가 된다)

$$I_s = I_1 + I_2 \quad I_s = \frac{V_1 - V_1}{R_1}, I_1 = \frac{V_1}{R_2}, I_2 = \frac{V_1 - V_2}{R_3} \quad \frac{5 - V_1}{1} = \frac{V_1}{5} + \frac{V_1 - V_2}{2} \rightarrow 17V_1 - 5V_2 = 50 \quad (1)$$

$$I_3 = I_2 + I_{S1} \quad I_3 = \frac{V_2}{R_4}, I_2 = \frac{V_1 - V_2}{R_3}, I_{S1} = 2 \quad \frac{V_2}{10} = \frac{V_1 - V_2}{2} + 2 \rightarrow -5V_1 + 6V_2 = 20 \quad (2)$$

→ 식 (1), (2) 연립방정식을 통해  $V_1, V_2$ 를 구하면 다음과 같다

$$V_1 = \frac{400}{77}, \quad V_2 = \frac{590}{77}$$

solve 17V\_1-5V\_2=50, -5V\_1+6V\_2=20

NATURAL LANGUAGE MATH INPUT

Input interpretation

solve

$$17 V_1 - 5 V_2 = 50$$

$$-5 V_1 + 6 V_2 = 20$$

Result

$$77 V_1 = 400 \text{ and } 77 V_2 = 590$$

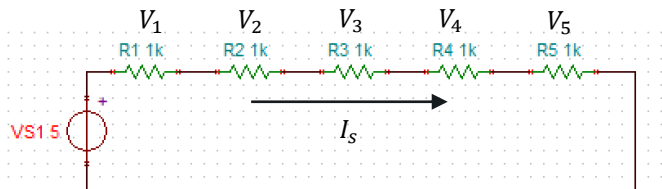
Download Page

# RLC소자의 직/병렬 회로 특성

## ➤ R(저항)의 직/병렬 회로 특성

→ 저항의 직/병렬 특성은 키르히호프의 법칙을 통해 아래와 같이 해석 할 수 있다

### 1. 직렬 연결 시



$$V_s = R_1 I_s + R_2 I_s + R_3 I_s + R_4 I_s + R_5 I_s$$

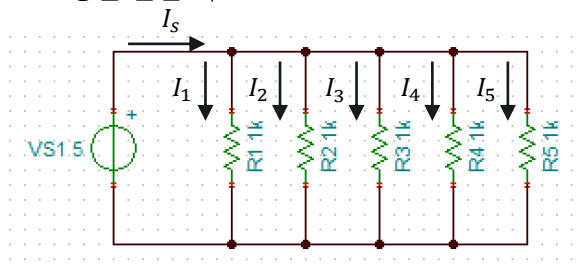
$$V_s = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) I_s$$

→ 옴의 법칙에 의해 합성 저항 값은 다음과 같다

$$\frac{V_s}{I_s} = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)$$

→ 직렬연결을 통해 전압을 나눌 수 있다

### 2. 병렬 연결 시



$$I_s = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$$

→ 옴의 법칙에 의해 합성 저항 값은 다음과 같다

$$I_s = \frac{V_s}{R_1} + \frac{V_s}{R_2} + \frac{V_s}{R_3} + \frac{V_s}{R_4} + \frac{V_s}{R_5}$$

$$\frac{I_s}{V_s} = R_{tot} = \frac{R_1 R_2 R_3 R_4 R_5}{R_2 R_3 R_4 R_5 + R_1 R_3 R_4 R_5 + R_1 R_2 R_4 R_5 + R_1 R_2 R_3 R_5 + R_1 R_2 R_3 R_4}$$

→ 병렬연결을 통해 전류를 나눌 수 있다

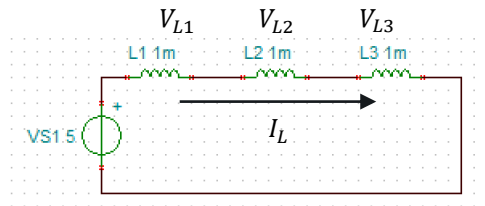


# RLC소자의 직/병렬 회로 특성

## ➤ L(인덕터)의 직/병렬 회로 특성

→ 인덕터의 직/병렬 특성은 키르히호프의 법칙을 통해 아래와 같이 해석 할 수 있다

### 1. 직렬 연결 시



$$V_s = V_{L1} + V_{L2} + V_{L3}$$

→ 위 식은 인덕터 전압 식으로 변경하면 다음과 같다

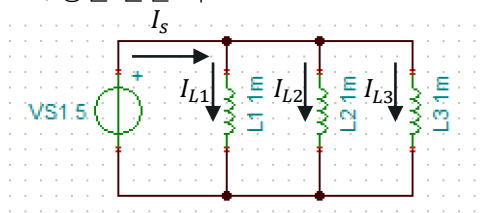
$$V_s = L_1 \frac{dI_L}{dt} + L_2 \frac{dI_L}{dt} + L_3 \frac{dI_L}{dt}$$

$$V_s = (L_1 + L_2 + L_3) \frac{dI_L}{dt}$$

→ 합성 인덕턴스는 다음과 같다

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

### 2. 병렬 연결 시



$$I_s = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3}$$

→ 위 식은 인덕터의 전류 식으로 변경하면 다음과 같다

$$I_s = \frac{1}{L_1} \int V_s dt + \frac{1}{L_2} \int V_s dt + \frac{1}{L_3} \int V_s dt = \left( \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \int V_s dt$$

→ 양변을 시간에 대해 미분하면 다음과 같다

$$\frac{dI_s}{dt} = \left( \frac{L_2 L_3 + L_1 L_3 + L_1 L_2}{L_1 L_2 L_3} \right) V_s \rightarrow V_s = \left( \frac{L_1 L_2 L_3}{L_2 L_3 + L_1 L_3 + L_1 L_2} \right) \frac{dI_s}{dt}$$

→ 합성 인덕턴스는 다음과 같다

$$L_{tot} = \left( \frac{L_1 L_2 L_3}{L_2 L_3 + L_1 L_3 + L_1 L_2} \right)$$

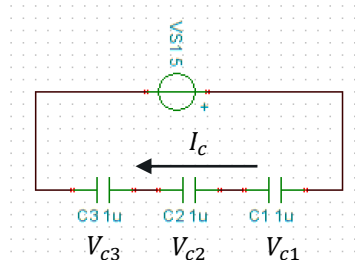
→ 직렬/병렬 연결 시 한 인덕터의 인덕턴스는 다른 인덕터의 자기장에 영향을 받는다  
→ 이를 "상호인덕턴스"라 하며 코일의 권선 방향에 따라 감소 또는 증가한다

# RLC소자의 직/병렬 회로 특성

## ➤ C(커패시터)의 직/병렬 회로 특성

→ 커패시터의 직/병렬 특성은 키르히호프의 법칙을 통해 아래와 같이 해석 할 수 있다

### 1. 직렬 연결 시



$$V_s = V_{c1} + V_{c2} + V_{c3}$$

→ 위 식은 커패시터 전압 식으로 변경하면 다음과 같다

$$V_s = \frac{1}{C_1} \int I_s dt + \frac{1}{C_2} \int I_s dt + \frac{1}{C_3} \int I_s dt = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) \int I_s dt$$

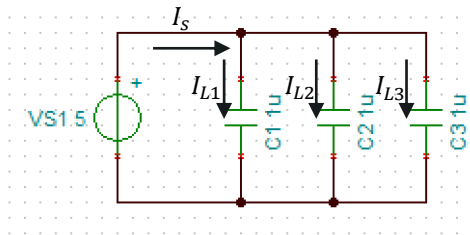
→ 양변을 시간에 대해 미분하면 다음과 같다

$$\frac{dV_s}{dt} = \left( \frac{C_2 C_3 + C_1 C_3 + C_1 C_2}{C_1 C_2 C_3} \right) I_s \rightarrow I_s = \left( \frac{C_1 C_2 C_3}{C_2 C_3 + C_1 C_3 + C_1 C_2} \right) \frac{dV_s}{dt}$$

→ 합성 커패시턴스는 다음과 같다

$$C_{tot} = \left( \frac{C_1 C_2 C_3}{C_2 C_3 + C_1 C_3 + C_1 C_2} \right)$$

### 2. 병렬 연결 시



$$I_s = I_{c1} + I_{c2} + I_{c3}$$

→ 위 식은 커패시터의 전류 식으로 변경하면 다음과 같다

$$I_s = C_1 \frac{dV_s}{dt} + C_2 \frac{dV_s}{dt} + C_3 \frac{dV_s}{dt} = (C_1 + C_2 + C_3) \frac{dV_s}{dt}$$

→ 합성 커패시턴스는 다음과 같다

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

→ 실제 커패시터는 양단 정격전압이 있다

→ 커패시터는 직렬연결 시 정격전압이 증가하고 병렬 연결 시 정격전압은 유지된다  
(용량이 매우 작은 배터리라고 볼 수 있다?)