

연산증폭기와 응용회로 (설계)

기초전자 설계 및 실험

전자 IT 미디어 공학과

최의민

Contents

- 이론

- 연산증폭기
- 연산증폭기 응용회로
 - 반전 증폭기
 - 비 반전 증폭기
 - 가산 증폭기
 - 차동 증폭기

- 실험

- 설계

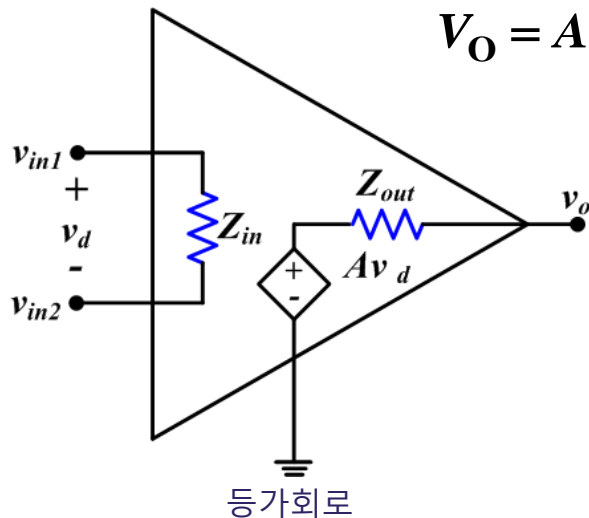
연산 증폭기 (OP-AMP)

➤ 연산증폭기

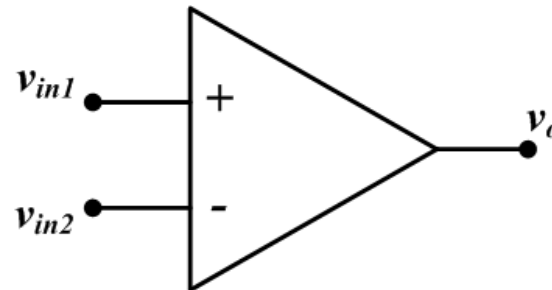
- 이득이 아주 큰 차동증폭기로 저항, 커패시터, 다이오드 등 외부 회로와 함께 여러 가지의 선형 또는 비선형 연산을 할 수 있는 증폭기
- 아날로그 계산뿐만 아니라 능동필터, 선형 및 비선형 신호처리에 사용

➤ 연산증폭기의 구조

- 높은 이득 특성을 갖고 있으며, 차동 입력을 받아 단일 출력을 냄



$$V_O = A(V_{in1} - V_{in2})$$



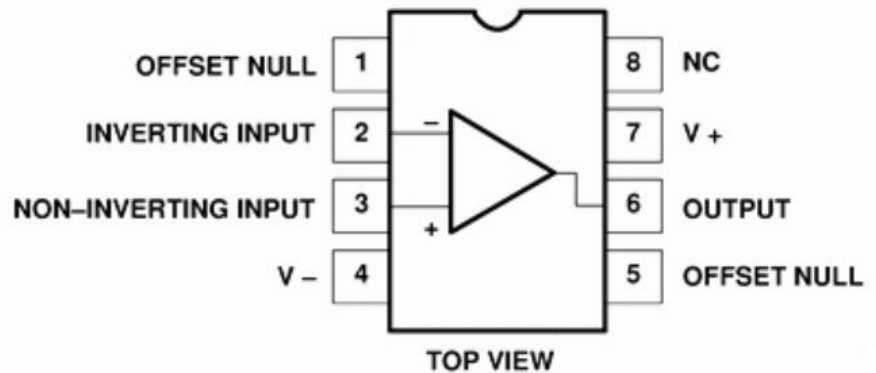
기호

연산 증폭기 (OP-AMP)

➤ 연산증폭기의 구조



μA741



μA741 핀 구조 (from datasheet)

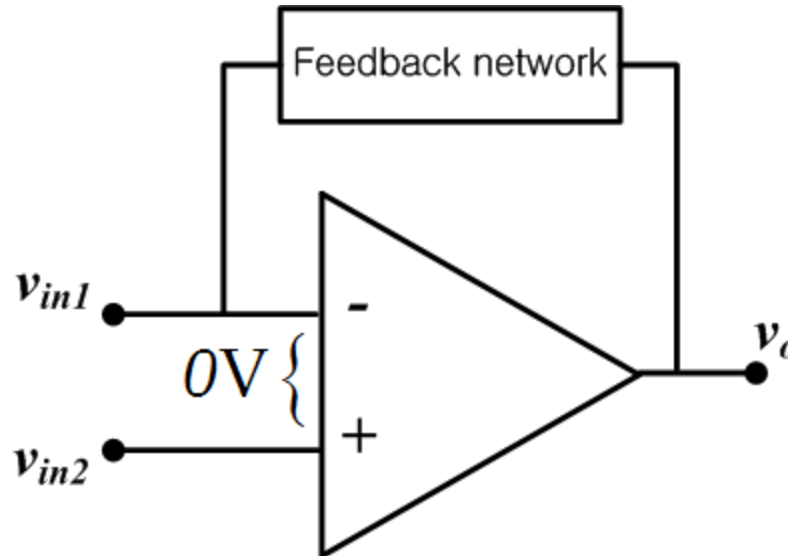
➤ 이상적인 연산증폭기

- 무한대의 전압이득 $A_v = \infty$
- 무한대의 입력 임피던스 $Z_{in} = \infty$
- 영의 출력 임피던스 $Z_{out} = 0$
- 무한대의 대역폭 ($BW = \infty$)
- 영의 오프셋 전압과 전류
- 온도에 따라 소자의 파라미터가 변하지 않음

연산 증폭기 (OP-AMP)

➤ 연산증폭기의 사용

- 연산증폭기는 이득이 매우 크고 그 값을 조절 및 제어하기가 어려움
- 피드백 회로를 사용하여 원하는 전압 이득을 얻어 선형 증폭기 사용가능
- 입, 출력 임피던스 및 대역폭의 제어가 가능
- 이상적인 연산 증폭기의 전압 이득은 무한대 이므로 입력 단자간의 전압은 0V



반전 증폭기

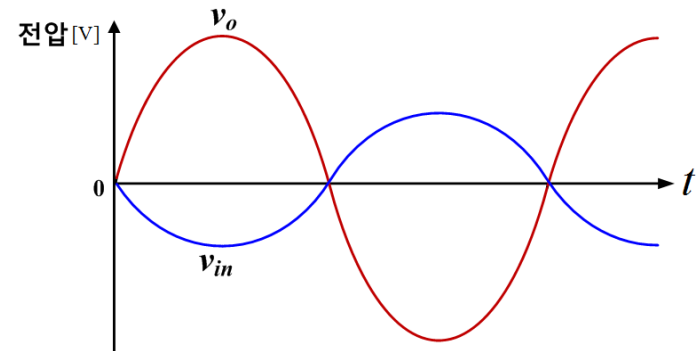
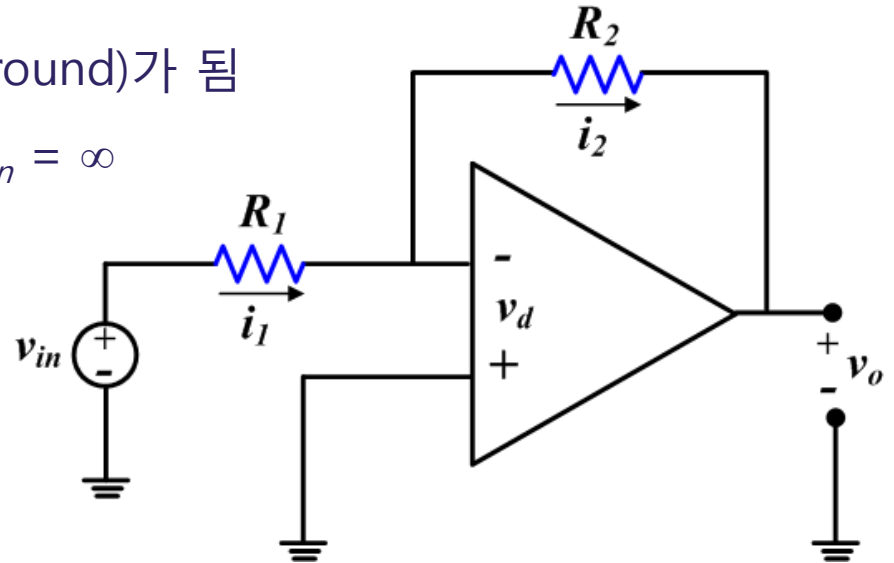
- 입력 단자간의 전압 $v_d = 0$
- 반전입력 단자는 가상접지 (virtual ground)가 됨
- 입력단에 흘러 들어가는 전류는 0, $Z_{in} = \infty$

$$i_1 = \frac{v_{in} - 0}{R_1}, \quad i_2 = \frac{0 - v_o}{R_2}$$

$$i_1 = i_2 = \frac{v_{in}}{R_1} = \frac{-v_o}{R_2}$$

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_{in} \quad A_V = \frac{v_o}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

- A_V 가 음수이므로 출력이 입력과 180의 위상차이를 가짐
 - $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$



비반전 증폭기

➤ 입력 단자간의 전압 $v_d = 0$

$$i_1 = \frac{0 - v_{in}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{v_{in} - v_o}{R_2}$$

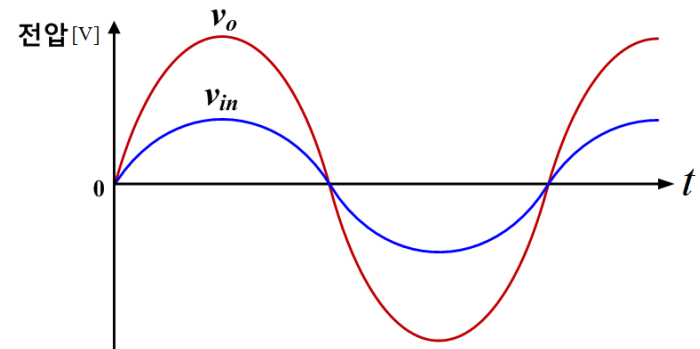
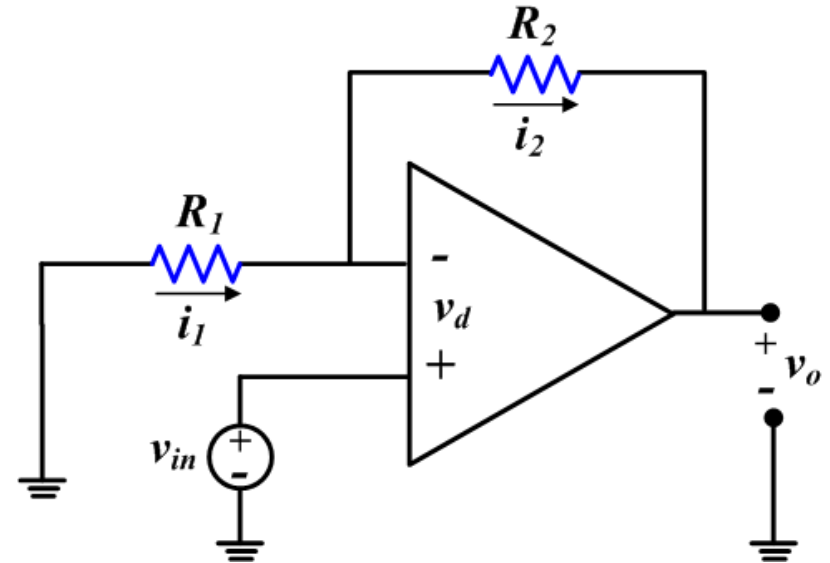
$$i_1 = i_2 = -\frac{v_{in}}{R_1} = \frac{v_{in}}{R_2} - \frac{v_o}{R_2}$$

$$\frac{v_o}{R_2} = \frac{v_{in}}{R_2} + \frac{v_{in}}{R_1} = v_{in} \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right)$$

$$A_V = \frac{v_o}{v_{in}} = R_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

➤ A_V 가 양수이므로 출력과 입력의 위상차이 없음

➤ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$



반전 가산 증폭기

- 두 개 이상의 전압을 더할 수 있음
- 출력은 반전 됨

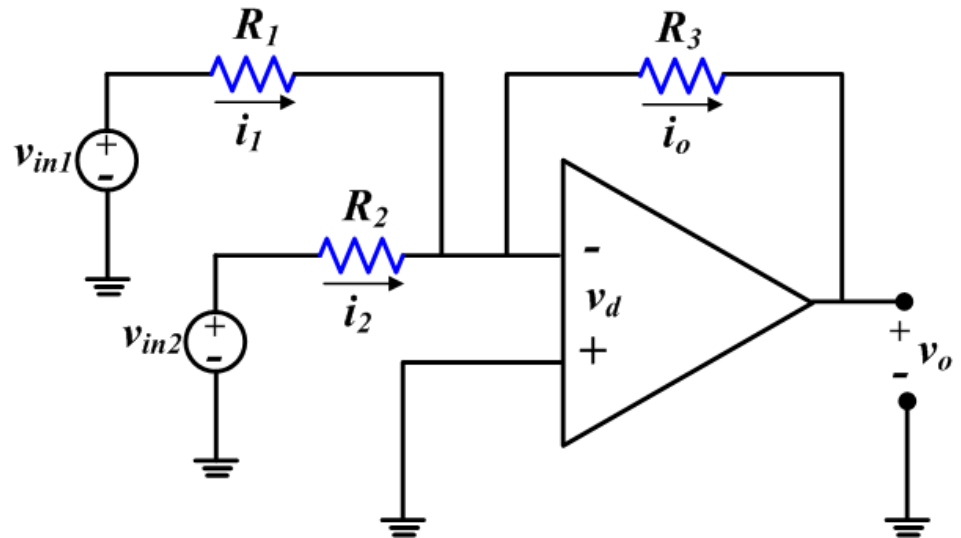
$$i_1 = \frac{v_{in1}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{v_{in2}}{R_2}$$

$$i_o = i_1 + i_2 = \frac{v_{in1}}{R_1} + \frac{v_{in2}}{R_2}$$

$$v_o = -i_o R_3 = -\left(\frac{R_3}{R_1} v_{in1} + \frac{R_3}{R_2} v_{in2} \right)$$

$$\text{if } R_1 = R_2 = R_3$$

$$v_o = -(v_{in1} + v_{in2})$$



비반전 가산 증폭기

➤ 중첩의 원리를 적용

$$v_{in2} = 0 \quad v_{+1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{in1}$$

$$v_{in1} = 0 \quad v_{+2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{in2}$$

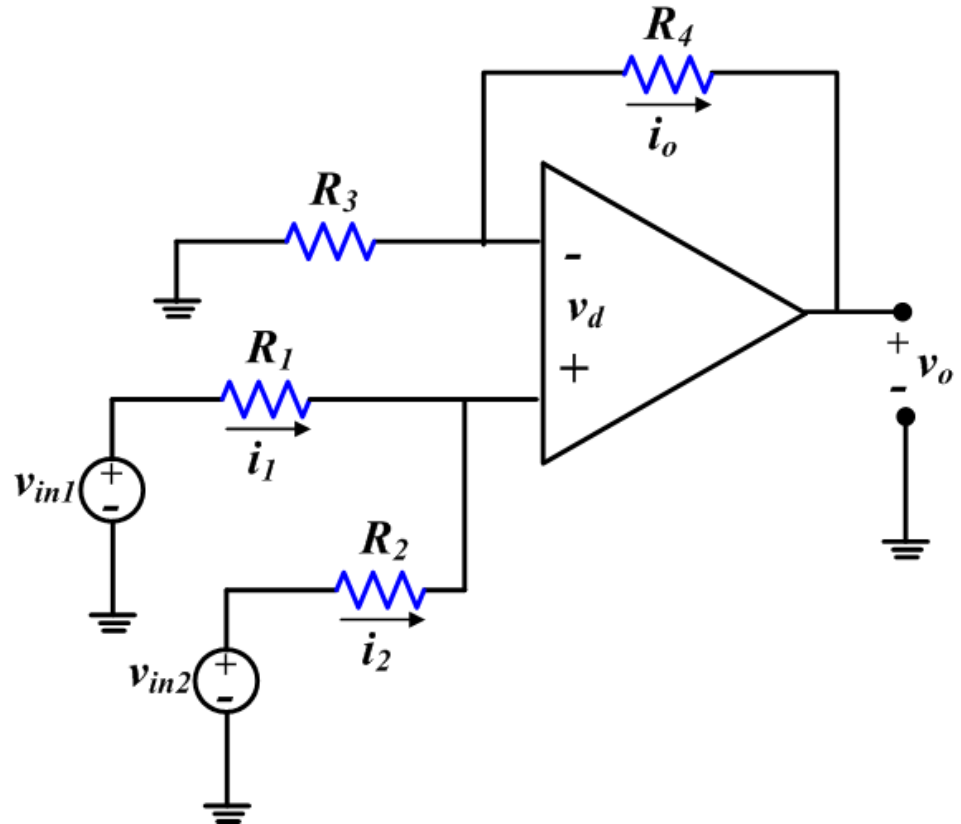
$$\begin{aligned} v_+ &= v_{+1} + v_{+2} \\ &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{in1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{in2} \end{aligned}$$

➤ 비반전 증폭기의 이득에 의해

$$v_o = \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) \left(\frac{R_2 v_{in1} + R_1 v_{in2}}{R_1 + R_2} \right)$$

$$\text{if } R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

$$v_o = v_{in1} + v_{in2}$$



차동 증폭기

- 중첩의 원리를 적용
- 반전 증폭기 + 비반전 증폭기
- 반전증폭기

$$v_{o1} = -\frac{R_2}{R_1} v_{in1}$$

- 비반전 증폭기

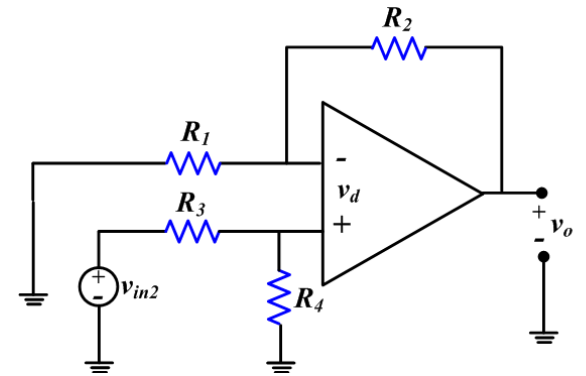
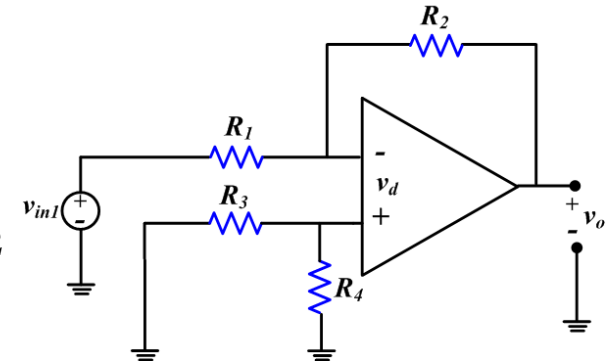
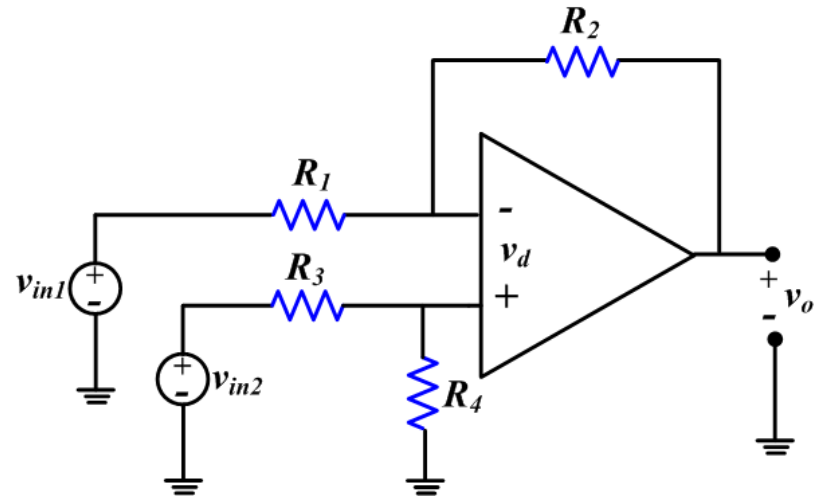
$$v_+ = \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) v_{in2}, v_{o2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) v_{in2}$$

- 전체 출력

$$v_o = v_{o1} + v_{o2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) v_{in2} - \left(\frac{R_2}{R_1} \right) v_{in1}$$

$$\text{if } R_1 = R_3, R_2 = R_4$$

$$v_o = v_{o1} + v_{o2} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) (v_{in2} - v_{in1})$$



설계

➤ 목적

- 기초전자 설계 및 회로 시간에 다룬 회로들을 이용하여 주어진 조건을 만족하는 회로를 만들 수 있다.

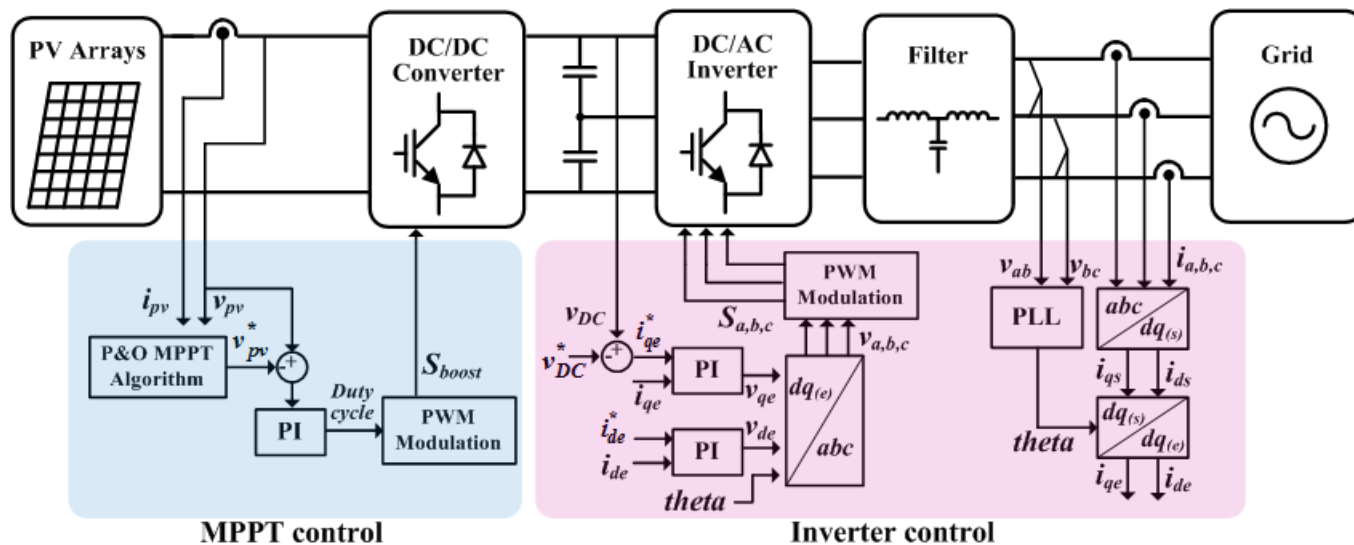
➤ 주제

- DSP에서 전류측정이 가능할 수 있도록 회로 설계

설계

➤ 배경설명

- 태양광 인버터에서는 출력 전류제어가 필수적임
- 전류제어를 위해서는 DSP에서 현재 흐르고 있는 전류 값을 알아야 함
- DSP의 입력 전압 범위는 0~3 V이므로 전류 값을 읽기 위해서는 추가적인 회로가 필요함



설계

➤ 설계 목표 및 조건

- 10 A, 60 Hz, AC 전류를 측정해야 함. 즉, $10\sin(2\pi \cdot 60 \cdot t)$ [A]
- DSP의 입력은 전압 값이므로 전류를 전압으로 변환
- 전류를 전압으로 변환 시 회로에 흐를 수 있는 최대 전류는 100 mA
- 변환된 전압 값의 범위가 0~3 V가 되도록 축소 (Scaling down)
- 전압 값의 범위를 축소할 때 사용할 수 있는 직류 전압 원은 10 V 임
- 두 개 이상의 회로를 이용하는 것을 추천 함