

기초회로이론 및 실험 예비보고서

- 제 4 장 Digital-to-Analog converter, 반전 증폭 회로 -

전기정보공학부
2014-16824 김한성

1 실험 목적

연산증폭기의 간단한 응용인 반전증폭기와 비 반전증폭기를 구성해보고, digital-to-analog converter 회로의 구성에 대해 알아본다.

2 예비 실험 내용

2.1 Gain 0.5의 반전증폭기 설계

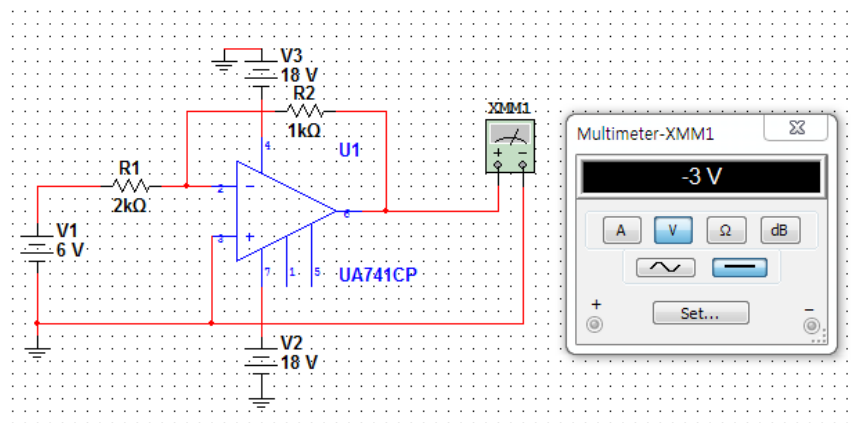


사진 1: Gain 0.5의 반전증폭기

반전증폭기의 gain은 $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$ 이므로, 이 값이 -0.5가 되려면 R_2 가 R_1 의 0.5배에 해당하는 값이어야 한다.

실험에서 사용하는 저항값과 맞추어 R_1 을 2kOhm, R_2 를 1kOhm으로 맞추면 입력전압 $v_{in} = 6V$ 에 대하여 출력전압 $v_{out} = -3V$ 가 되는 것을 Multisim으로 확인할 수 있다.

다음으로 이출력 직류전원을 이용해 연산증폭기에 전원을 인가하는 방법은, 두 출력에 대하여 한 쪽은 -극을 grounding, 다른 쪽은 +극을 grounding한 후, 남은 두 극과 UA741의 4극(-극), 7극(+극)을 각각 연결하면 된다.

한 쪽 극을 grounding할 경우 그 극의 전위는 0V로 설정되는데, 직류전원은 항상 두 극 사이에 18V(예)의 일정한 전위차를 형성하므로, 상대적으로 고전위인 +극을 grounding하면 저전위인 -극은 -18V의 전위가 됨으로써 연산증폭기에 인가할 수 있는 값이 만들어진다.

2.2 Digital-to-analog converter

2.2.1 SW3, SW2, SW1, SW0 on/off에 따른 출력 전압

먼저 Op-amp의 +와 -단이 virtual ground된 상태인 데 +극이 접지되어 있으므로, 두 극에 연결된 모든 스위치의 양단은 모두 virtual ground되어 전위가 다 0V이다. 따라서 a, b, c, d의 노드를 각각 v_a , v_b , v_c , v_d 라 하면, 각 R_2 에 흐르는 전류의 양은 왼쪽부터 차례대로 v_a/R_2 , v_b/R_2 , v_c/R_2 , v_d/R_2 , v_d/R_2 이다.

먼저 노드 d에 KCL을 쓰면 c와 d 사이의 R_1 에 흐르는 전류는 $v_d/R_2 + v_d/R_2 = 2v_d/R_2$ 임을 알 수 있는데, 이 때 $R_2/2 = R_1$ 의 관계에 의해 이 값은 v_d/R_1 이 된다. 따라서 이 저항에서 일어나는 전압 강하는 $(v_d/R_1) \cdot R_1 = v_d$ 가 되고, c점의 전위 $v_c = v_d + v_d = 2v_d$ 가 된다.

같은 방법으로 노드 c에 KCL을 쓰면 b와 c 사이의 R_1 에 흐르는 전류는 $(v_c/R_2) + (v_d/R_1) = (2v_d/R_2) + (v_d/R_1) = 2v_d/R_1$ 이 되고, b점의 전위는 $v_c + (2v_d/R_1) \cdot R_1 = 2v_d + 2v_d = 4v_d$ 가 된다.

같은 방법으로 이웃한 왼쪽 노드의 전위는 오른쪽 노드의 2배가 되어, $v_a = v_s/2$, $v_b = v_s/4$, $v_c = v_s/8$, $v_d = v_s/16$ 이 된다.

4개의 스위치로부터 흘러들어오는 전류의 총 합은 KCL에서 I_{total} 이 되므로,

$$I_{total} = \frac{V_a}{R_2} i_a + \frac{V_b}{R_2} i_b + \frac{V_c}{R_2} i_c + \frac{V_d}{R_2} i_d$$

(단 $i_{\{a,b,c,d\}}$ 는 스위치 $\{a,b,c,d\}$ 가 on일 때 1, off일 때 0)

이제 각 전위값에 위에서 구한 규칙을 적용하고, Op-amp의 임피던스로 인해 I_{total} 이 모두 R_2 로 흘러나가는 사실을 이용해 v_{out} 전위를 구하면,

$$v_{out} = I_{total} R_2 = v_s \left(\frac{1}{2} i_a + \frac{1}{2^2} i_b + \frac{1}{2^3} i_c + \frac{1}{2^4} i_d \right)$$

즉, v_s 가 6V일 경우, 2진수로 나타내었을 때 $6 \cdot \overline{0.i_a i_b i_c i_d(2)}$ [V]가 된다. 이는 $i_{\{a,b,c,d\}}$ 의 모든 가능한 조합 16가지와 그에 따른 특정한 v_{out} 값 사이 일대일 대응을 이룬다.

예: 1001일 경우, $6 \cdot 1001(2) = 6 \cdot (1/2 + 1/16) = 3 + 0.375 = 3.375$ [V]

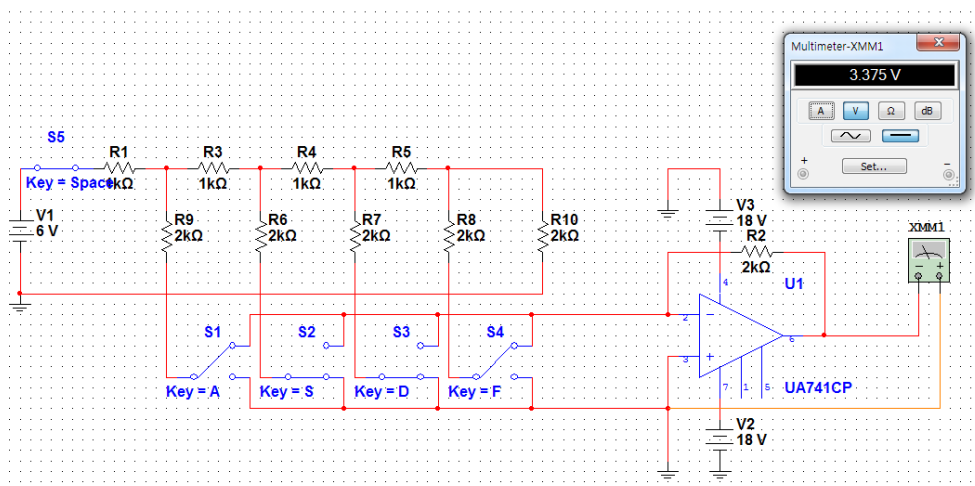


사진 2: Digital: 1001, Analog: 3.375V

2.2.2 프로토보드 배치 구상

크게 두 가지 부분으로 구성되어 있으므로, 저항 병렬 연결과 스위치 4개 부분을 프로토보드의 한 쪽에 만든 후 스위치의 출력단자를 프로토보드의 파워선 및 접지선에 꽂는다. 그리고 프로토보드의 다른 한 쪽에 이 파워선과 접지선으로부터 전위를 끌어와 UA741에 점프시키는 부분을 만든다.

또한 UA741에 전력을 공급해야 하므로, 이는 반대쪽 파워선과 접지선을 활용한다.

마지막으로 건전지를 연결할 때 -극을 접지해야 하므로, 맨 위의 가로 접지선을 파워서플라이의 접지단자에 추가적으로 연결하고 이와 건전지 -극 전선이 꽂혀 있는 세로 접지선을 점프시킨다.