

본 실험에서 사용되는 교재 회로실험.pdf의 내용은 4공학관 503호에 설치된 장비를 기준으로 작성되었습니다. 4공학관 501호에는 신형 장비가 설치되어 있으며, 장비의 사용 법이 503호의 장비와 약간 다른 점이 있습니다. 이 파일은 501호에서 실습을 진행할 경우 회로실험.pdf의 내용과 차이가 나는 사용법을 설명합니다. 그러나 실습 장비의 모델이 달라도 기본적인 사용법은 크게 차이가 나지 않습니다.

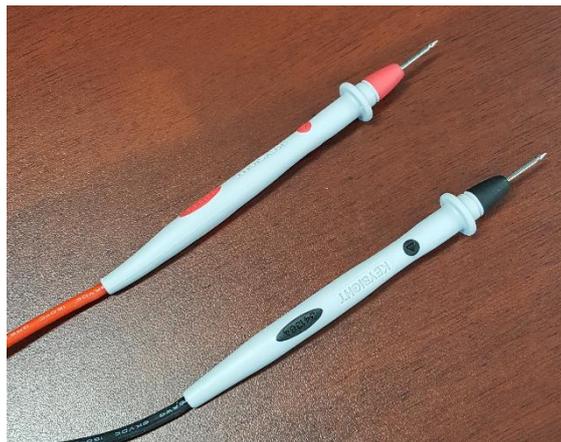
실험 1. Multimeter의 사용법 및 기초 회로 이론

- Multimeter의 사용법

멀티미터(Multimeter)는 저항, 전압, 전류 등을 측정할 수 있는 계측기로서 전면은 다음 그림과 같다.



멀티미터를 이용해서 저항, 전압, 전류 등을 측정하기 위해서는 다음 그림과 같은 프로브(probe)를 멀티미터의 전면 패널에 꼽는다. 통상적으로 검은색 프로브는 전면 패널의 검은 단자(COM)에 꼽으며, 빨간색 프로브는 빨간색 단자에 꼽는다. 단, 같은 색 단자가 여러 개 있으므로 측정하려는 값, 또는 신호에 따라서 적절한 단자에 꼽는다.



- 저항의 측정

멀티미터로 저항을 측정하기 위해서는 아래 그림과 같이 검은색 프로브는 좌측의 검은색 단

자(COM)에 꼽고, 빨간색 프로브는 좌측의 V-Ω로 표시되어 있는 빨간색 단자에 꼽는다. 다음, 선택 버튼 중 Ω으로 표시되어 있는 버튼을 누른다. 프로브를 측정하려는 저항의 양 단자에 접촉 한 후, 표시된 값을 읽는다. 정확한 저항 측정을 위해서는 저항의 양단에 멀티미터의 프로브 이외에 다른 것은 접촉되지 않도록 한다.



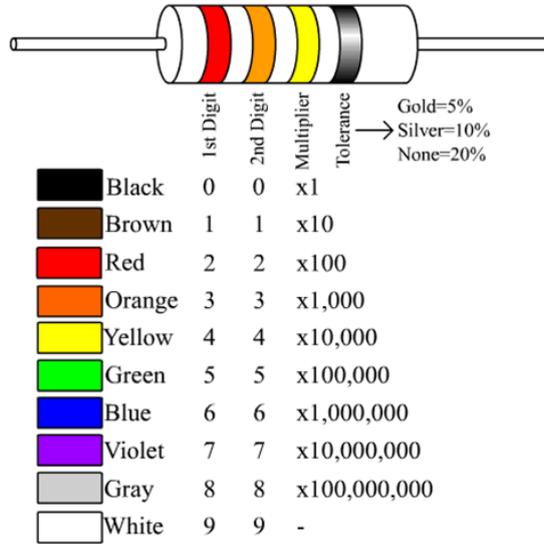
멀티미터를 이용하여 측정할 때, 측정 값의 범위를 자동으로 설정하는 방법과 수동으로 설정하는 방법이 있다. 멀티미터 전면의 Auto 키를 한번씩 누를 때 마다, 자동에서 수동으로 혹은 수동에서 자동으로 변경이 된다. 자동으로 설정되면 화면에 AUTO 라는 문자가 표시된다. 위의 그림은 자동으로 설정된 화면을 보여준다. 수동 설정에서는 Hi 와 Lo 버튼을 눌러서 값의 범위를 크게 설정하거나 작게 설정할 수 있다. 자동으로 설정되어 있을 때 Hi 혹은 Lo 버튼을 누르면 수동으로 변환된다. 자동 설정을 사용하면 편리하기는 하지만 때때로 정확하지 않을 수 있다. 따라서 정확한 측정을 위해서는 수동 설정의 사용을 권장한다.

일반적으로 저항의 저항 값은 색을 이용한 코드로 표시하며 각 색에 대한 코드 값은 다음 표와 같다.

Color	Digit	Multiplier	Tolerance (%)
Black	0	10^0 (1)	
Brown	1	10^1	1
Red	2	10^2	2
Orange	3	10^3	
Yellow	4	10^4	
Green	5	10^5	0.5
Blue	6	10^6	0.25
Violet	7	10^7	0.1
Grey	8	10^8	
White	9	10^9	
Gold		10^{-1}	5
Silver		10^{-2}	10
(none)			20

위의 표와 같은 색 코드를 이용하여 다음 그림과 같이 4줄의 색을 이용하여 저항의 값과 오차 범위를 표시한다. 예를 들어서 좌측부터 3개의 색이 Red, Orange, Yellow라면 저항 값

은 230000Ω 즉 230KΩ의 저항 값이 되며 마지막 밴드는 금색인 경우 5%, 은색인 경우 10%의 오차 범위를 갖는 저항이다.

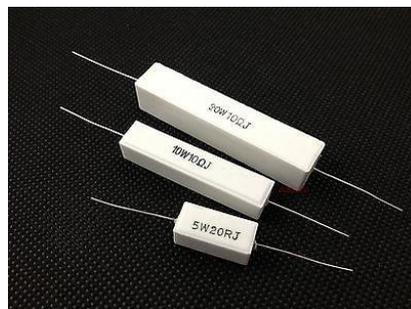


(그림) 색을 이용한 저항값 표시 방법



(그림) 탄소피막 저항

저항을 선택할 때는 흐르는 전류를 미리 예측하여 소모 전력을 계산한 후, 전력에 맞는 저항을 선택해야 한다. 일반적으로 전자회로에서 많이 사용하는 탄소피막 저항, 산화금속피막 저항들의 최대 전력값은 1/8, 1/4, 1/2, 1 watt 등이며, 다음 그림과 같은 시멘트 저항은 통상 5 watt 이상의 전력 소모가 필요한 경우에 사용한다.



(그림) 시멘트 저항

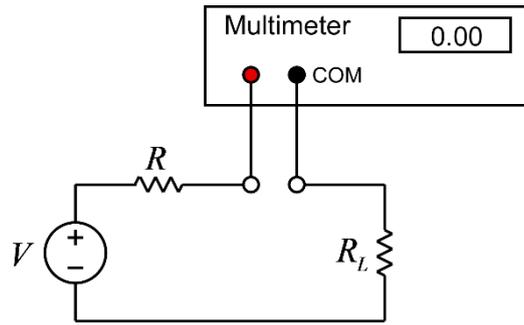
- 전류의 측정

전류를 측정하기 위한 멀티미터의 단자는 낮은 전류 측정 단자(최대 전류 500mA, 멀티미터의 기종에 따라서 더 낮을 수 있음. 단자에 표기된 최대 전류 확인)와 높은 전류 측정 단자(최대 전류 10A)가 있다.



전류 측정을 위해서 검은색 프로브는 검은색 단자에 꼽지만, 빨간색 단자는 측정하려는 전류 값의 범위에 따라서 적절한 단자에 꼽아야 한다. 실험실에서 실시하는 실험의 전류값은 대부분 500mA 이하 이므로, 500mA 단자를 사용하는 경우가 많다. **만약 측정하려는 전류값이 최대값을 초과할 경우 멀티미터의 퓨즈가 손상이 되므로 주의를 필요로 한다.** 따라서 전류측정을 위해서 멀티미터를 연결하기 전에 전류의 값을 대략적으로 계산하여 최대 전류값을 초과하지 않는지 확인할 필요가 있다.

전류의 측정은 전류가 흐르는 회로의 중간에 멀티미터를 연결하여 측정한다. 다음 그림과 같은 회로를 예를 들면, 저항에 흐르는 전류를 측정하기 위해서는 전류가 흐르는 회로를 끊고 그 사이에 멀티미터를 연결하여 측정한다. 엄격히 말하면 멀티미터도 저항 값이 있으므로 원래의 회로에 대해서 아래와 같이 멀티미터를 연결하는 것은 측정하려는 전류 값에 영향을 미치지만, 멀티미터 전류측정 단자 사이의 저항 값은 매우 작으므로 통상적으로 무시하는 경우가 많다.



(그림) 전류 측정을 위한 멀티미터의 연결

프로브를 아래 그림과 같이 멀티미터 전류 측정 단자에 연결하고 위와 같은 회로를 구성한 다음, 선택 버튼 중 DCI로 표시되어 있는 버튼을 누른 후, 표시된 값을 읽는다. 전류의 방향은 빨간색 단자로 흘러 들어가서 검은색 단자로 나오는 전류를 양의 값(+)으로 표시한다. 전류는 방향이 있으므로 검은색 프로브와 빨간색 프로브의 위치를 서로 바꿀 경우 값은 같고 부호가 반대인 전류 값이 표시된다.



(주의 사항) 본 멀티미터는 전류 측정 시 AUTO 로 설정한 경우 전류 값이 정확하지 않을 수 있다. 따라서 반드시 수동으로 설정하여 측정하며, Hi 혹은 Lo 버튼을 눌러서 정확한 값이 표시되는 범위를 찾는다.

오실로스코프 및 함수발생기의 사용법

- 함수발생기의 사용법

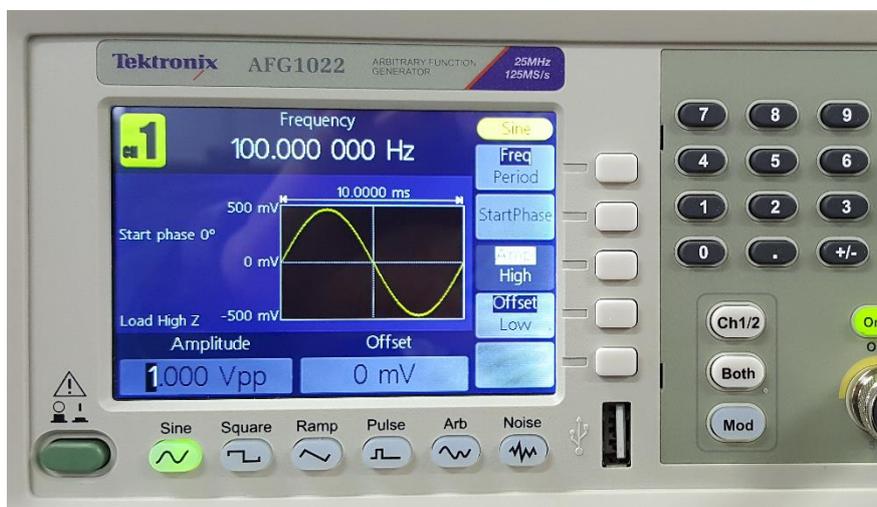
함수발생기(Function Generator)는 여러 가지 형태의 함수를 발생시켜 전압 형태로 출력하는 장치로서, 발생할 수 있는 함수는 sine, square, ramp, pulse 등이 있다. 전면은 다음 그림과 같다.



간단한 예로서 100Hz의 sine wave를 발생시켜본다. 발생시킬 sine wave의 peak-to-peak 전압은 2V이며 offset은 0V로 한다. 즉 sine wave의 가장 낮은 전압이 -1V 가장 높은 전압이 1V가 되도록 한다. 먼저, 위의 그림과 같이 sine 버튼이 선택되어 버튼 램프가 점등 상태인지 확인한다. 다음, 주파수를 선택하기 위해서 화면 옆의 5개의 흰색 버튼 중 Freq/Period 라는 표시의 오른쪽에 있는 버튼(가장 위의 버튼)을 누른다. 이 버튼은 같은 버튼을 한번씩 누를 때 마다 입력 방법이 주파수(Freq)와 주기(Period)가 교대로 바뀐다. 위의 화면은 주파수가 선택된 화면을 보여준다. 주파수 선택 상태에서 숫자 패드의 숫자를 누르면 아래 그림과 같이 숫자 입력 화면으로 바뀌며, 이 화면에서 숫자 100을 누른 후, Hz 표시 오른쪽의 버튼을 누르면 주파수 선택이 완료된다.



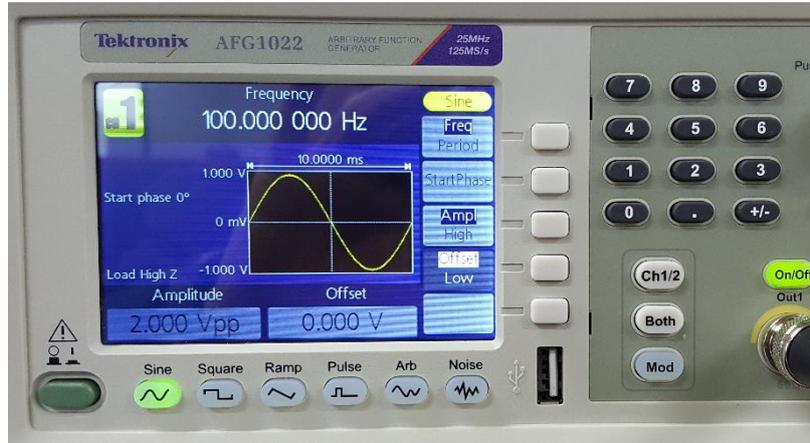
주파수 선택이 완료되면 다음 그림과 같은 화면이 나오며, 이 상태에서 Ampl 표시 오른쪽의 버튼(위에서 3번째 버튼)을 누르면 신호의 크기 선택이 가능하다. 이는 신호의 크기를 선택하는 메뉴이며, 신호의 크기는 두 가지 방법으로 선택이 가능하다. 첫 번째 방법은 Amplitude와 Offset으로 선택하는 방법이며 Amplitude는 peak-to-peak 전압의 크기로 선택한다. Offset은 DC 전압 즉 평균치를 의미한다. 두 번째 방법은 신호의 최대값(High)과 최소값(Low)으로 선택하는 방법이다. Amplitude 오른쪽의 버튼은 한번씩 누를 때 마다 이 두가지 방법이 교대로 선택된다. 아래의 그림은 Amplitude와 Offset으로 선택된 화면을 보여준다.



Amplitude 가 선택된 상태에서 숫자 패드를 누르면 아래 그림과 같이 숫자 입력이 나오며, 숫자 2를 누른 후, Vpp 오른쪽 버튼을 누르면 peak-to-peak voltage가 2V로 설정된다.



Amplitude 선택이 완료되면 아래 그림과 같은 화면이 나오며, 이 상태에서 Offset 버튼을 누르면 Offset 선택이 가능하다.



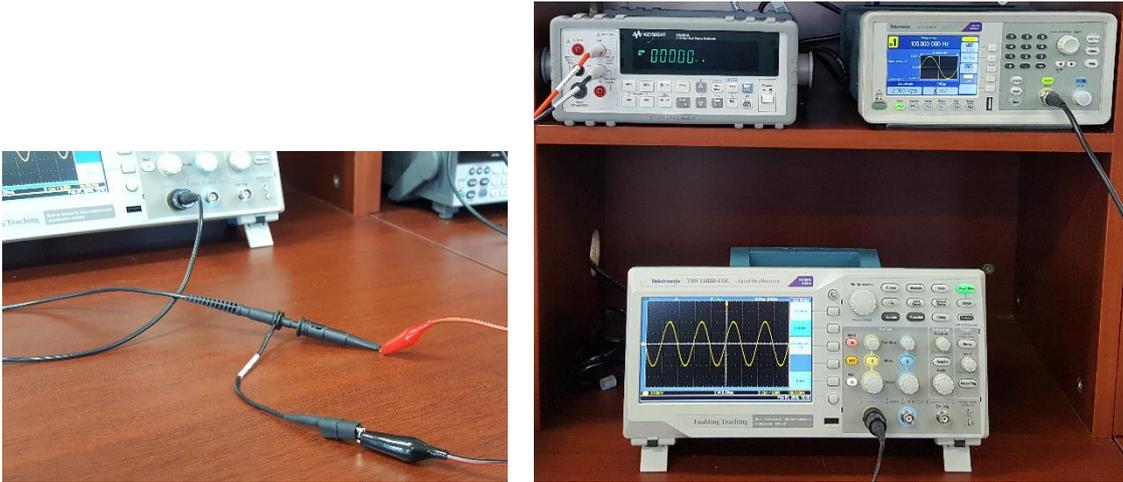
Offset 선택 화면에서 숫자 0을 누르고 V 표시 오른쪽 버튼을 누르면 Offset 전압 설정이 완료된다.



함수발생기의 Out1 단자 위의 On/Off 버튼이 점등된 상태인지 확인하고, 점등되어 있지 않다면 버튼을 눌러서 버튼 램프를 점등 상태로 만든다. 이 버튼이 점등되어 있지 않으면 신호가 출력되지 않는다.

- 오실로스코프의 사용법

함수발생기에서 출력되는 신호가 설정한 대로 출력이 되는지 오실로스코프를 이용해서 확인해 본다. 먼저 함수발생기의 Output 단자에 함수발생기용 케이블을 연결한다. 다음으로 오실로스코프의 CH1 단자에도 오실로스코프용 케이블을 연결한다. 그리고, 케이블의 ground선과 신호선을 각각 연결한다. 함수발생기의 Output 버튼이 점등되어 있는지 확인한다.

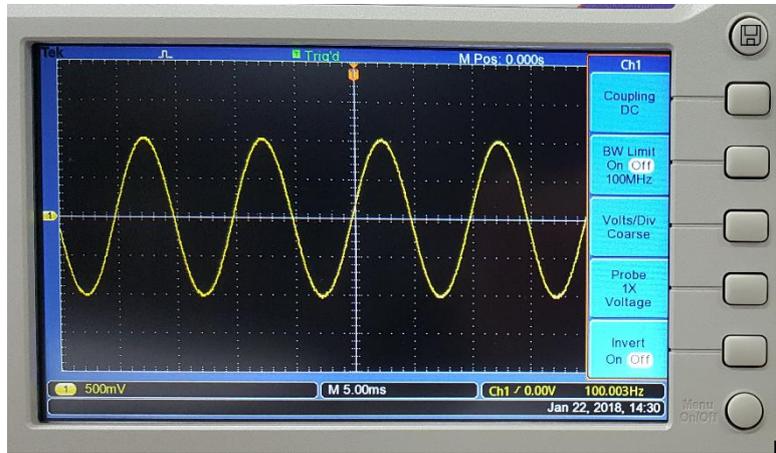


오실로스코프의 전면 패널은 다음 그림과 같다. 오실로스코프 패널에서 가장 많이 사용하는 노브(knob)는 세로축 눈금당 전압의 크기를 조절하는 Vertical Scale 노브(VOLTS/DIV 노브)와 가로축 눈금당 시간을 조절하는 Horizontal Scale 노브(SEC/DIV 노브)이다. 또한 상하좌우 위치를 조절하는 Position 노브가 있다. 물론 세팅을 자동으로 해주는 AutoSet 버튼도 있지만, 이 버튼은 가급적 사용하지 말고 수동으로 조정하는 습관을 들이는 것이 오실로스코프를 능숙하게 사용하는 방법을 습득하는데 중요하다.



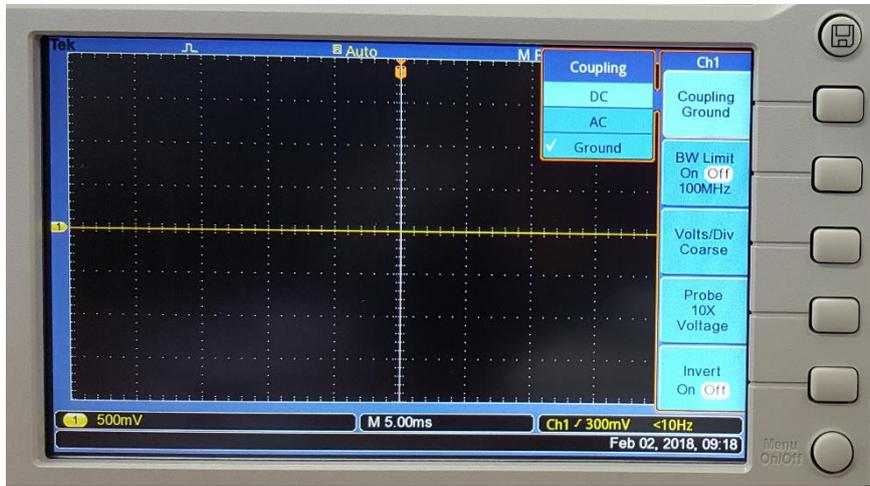
■ CHANNEL MENU

먼저 CH1 단자에 신호가 연결되어 있으므로 노란색의 CH1 Menu 버튼을 누른다. 이 버튼은 반복해서 누를 때 마다 화면의 신호 표시 선이 나타나거나 없어진다.



CH1 MENU 버튼을 누르면 위의 그림과 같이 화면의 오른쪽에 선택 메뉴가 나타난다. 가장 먼저 메뉴의 가장 위의 Coupling의 우측 버튼을 누르면 Coupling Sub-Menu가 다음 그림과 같이 나타난다. 이 메뉴에서 Multipurpose 다이얼을 돌리면 DC, AC, Ground가 교대로 선택되며, Multipurpose 다이얼을 누르면 선택이 결정된다. 아래의 화면은 Ground가 선택되었을 때의 화면을 보여준다. 통상 Ground 선택은 수직 위치를 조절하기 위한 목적으로 사용된다. 신호를 측정할 때는 DC 혹은 AC를 선택한다. AC가 DC와 다른 점은 신호의 DC 성분(일정한 크기 전압)을 제거한 신호를 보여준다. 특별한 이유가 없는 한 본 실험에서는

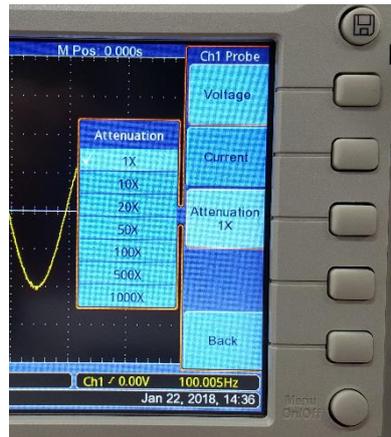
측정 시에 대부분 DC Coupling을 선택하여 측정한다.



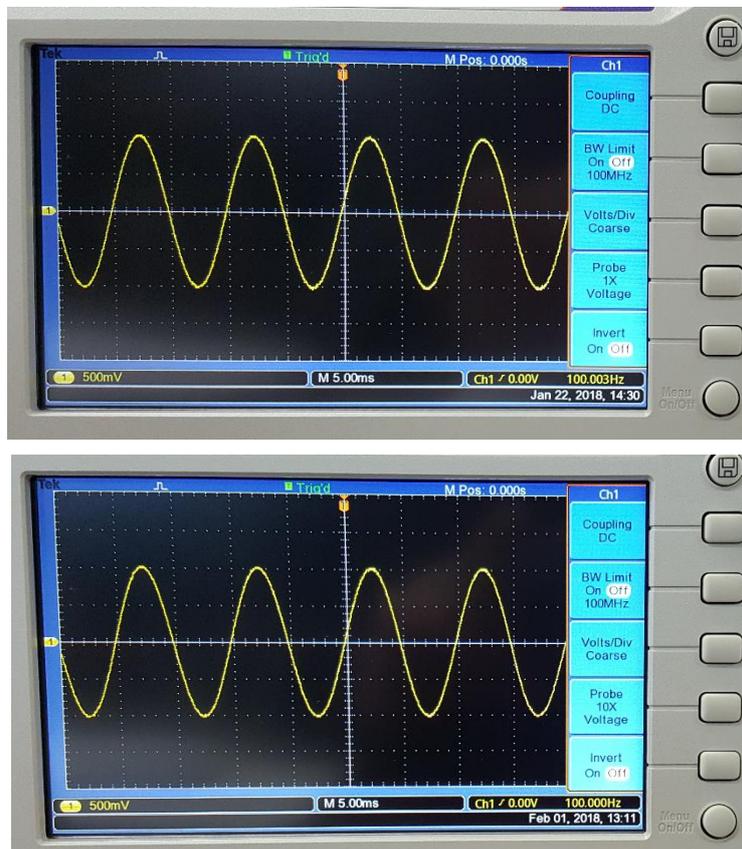
Ground를 선택한 상태에서 상하 POSITION 노브에 의해서 Ground 위치(0V 위치)를 상하로 움직일 수 있다. 위의 그림에서는 Ground 위치를 중간 선에 놓은 경우이지만, 반드시 그렇게 할 필요는 없다. 화면을 효율적으로 이용하기 위해서 Ground 위치를 다른 위치에 놓는 경우도 있다. 다만, 이러한 경우에는 실험을 실시하는 동안 Ground 위치를 정확하게 기억하고 있어야 한다. Ground 위치의 설정이 끝나면 Coupling이 다시 DC로 설정되도록 한다. 또한 이 메뉴에서 Probe 배율을 설정한다. 오실로스코프의 프로브를 보면 1배(1X) 또는 10배(10X)의 배율을 선택할 수 있거나, 아래의 그림과 같이 배율이 고정되어 있는 경우가 있다.



사용 중인 프로브의 배율 값에 따라서 Probe 배율을 설정한다. Probe 표시 오른쪽 버튼을 누르면 아래 그림과 같은 Probe 배율 선택 메뉴로 들어간다. 이 메뉴에서 Multipurpose 다이얼을 돌리면 배율을 변경할 수 있으며, Multipurpose 다이얼을 누르면 배율 선택이 결정된다.



아래의 그림은 1X 프로브를 사용했을 때와 10X 프로브를 사용했을 때의 화면이다.

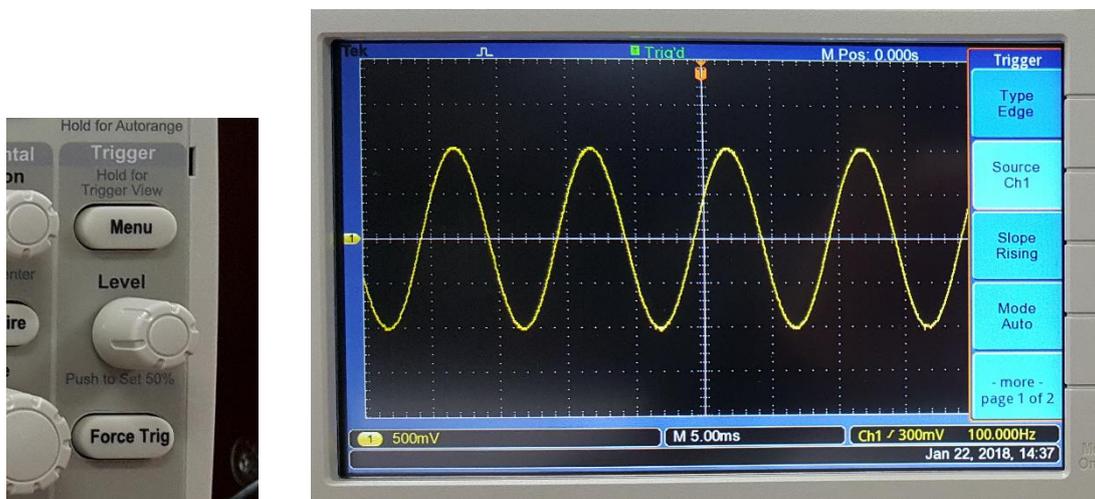


위의 그림에 보면 하단에 CH1 500mV 를 볼 수 있다. 이는 눈금 한 개당 500mV라는 의미이며 Vertical Scale (VOLTS/DIV) 노브를 돌려서 변경할 수 있다. 위 그림의 경우에는 peak-to-peak 전압이 함수발생기에서 설정한대로 2V임을 확인할 수 있다. 또한 화면의 하단 중앙에 5.00ms를 볼 수 있다. 이는 가로축의 눈금 당 5msec의 의미이며, 이 값은 Horizontal Scale (SEC/DIV) 노브로 조정하여 맞출 수 있다. 위의 sine 파를 보면 한 개의

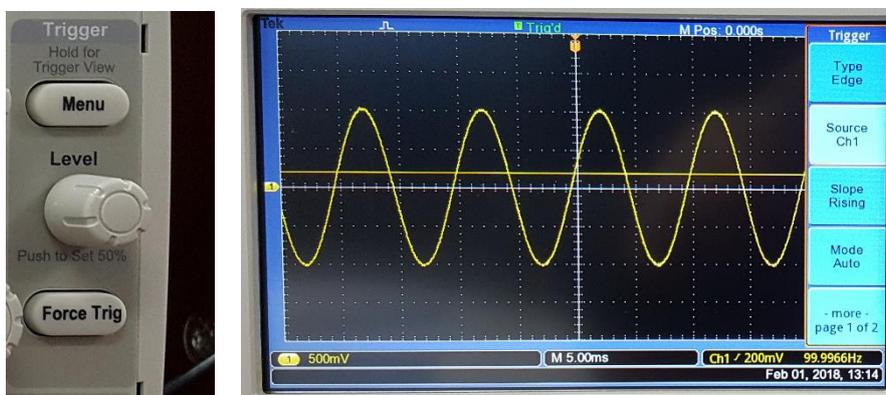
주기가 10msec이며 이는 100Hz의 주파수에 해당한다.

■ TRIGGER MENU

만약 화면이 안정된 정지 화면이 아니고 신호가 계속해서 좌 또는 우로 흐르는 모양을 보이면, 이는 트리거(trigger) 레벨 설정이 제대로 안된 경우이다. 트리거는 오실로스코프가 데이터를 취득하여 파형을 반복적으로 보여주는 시작점을 결정하는 것을 말한다. 트리거 설정을 위해서는 패널 우측의 Trigger Menu 버튼을 누르면 아래 그림과 같이 트리거 메뉴에 들어갈 수 있다.

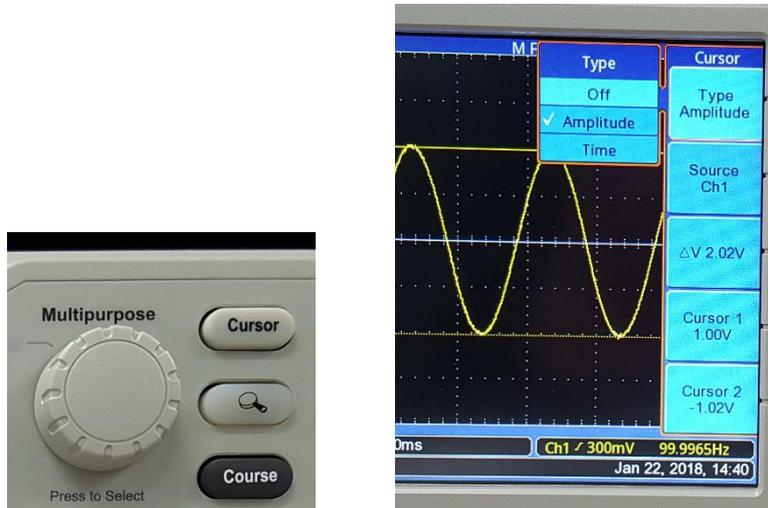


트리거 메뉴가 위와 같이 설정이 되어있는지 확인하며, 특히 Source 가 Ch1으로 설정되어 있는지 확인한다. 또한 트리거 Level 노브를 돌려보면 트리거 레벨이 아래의 그림과 같이 위아래로 움직이는 것을 볼 수 있다. 이 노브를 돌려서 트리거 레벨이 신호의 최대값과 최소값 사이에 오도록 조정하면 안정된 정지 화면을 볼 수 있다.

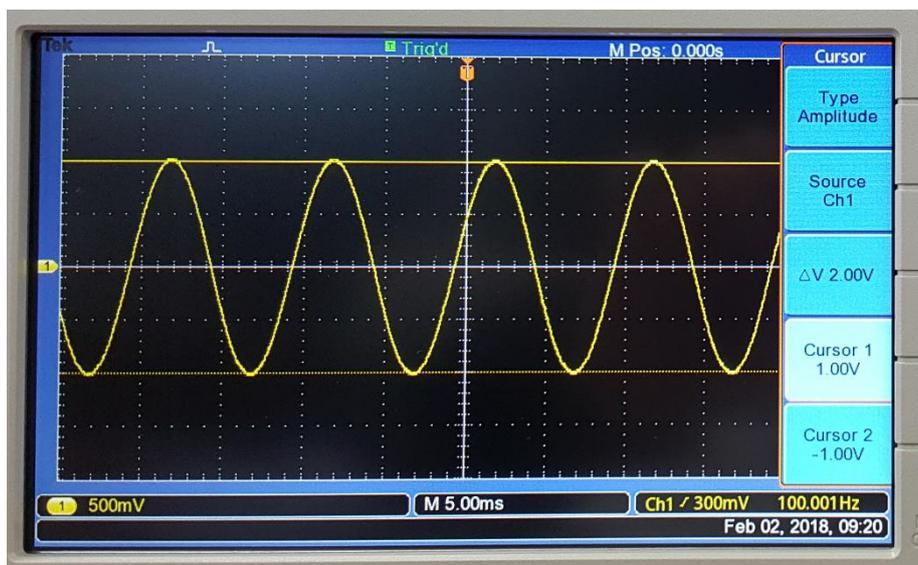


■ CURSOR MENU

디지털 오실로스코프에서 유용하게 사용할 수 있는 기능은 커서를 이용해서 수치를 읽는 기능이다. 눈금만을 이용해서 읽을 경우에는 정확한 수치를 읽는 것이 어려우나 커서는 수치 판독을 쉽게 해 준다. 커서 메뉴는 Cursor 버튼을 눌러서 들어갈 수 있다.



위의 그림은 커서 메뉴에 들어가서 Type을 Amplitude 로 설정한 그림이다. 이 경우에는 두 개의 수평선이 보이며, 이 두 개의 수평선은 Multipurpose 다이얼을 돌려서 상하로 이동 가능하다. Cursor 1, Cursor 2 표시의 오른쪽의 버튼을 누르면 움직이기 원하는 커서를 선택하는 것이 가능하다. 아래의 그림은 Cursor 1이 선택된 화면을 보여준다.



그리고 각각의 수평선 커서의 위치에 따라서 위치에 해당하는 전압 값을 보여주며, ΔV 는 두 값의 차이를 보여준다. 여기에서 보면 ΔV 값이 2V가 되어 함수발생기에서 설정한 값과 일

치함을 확인할 수 있다.



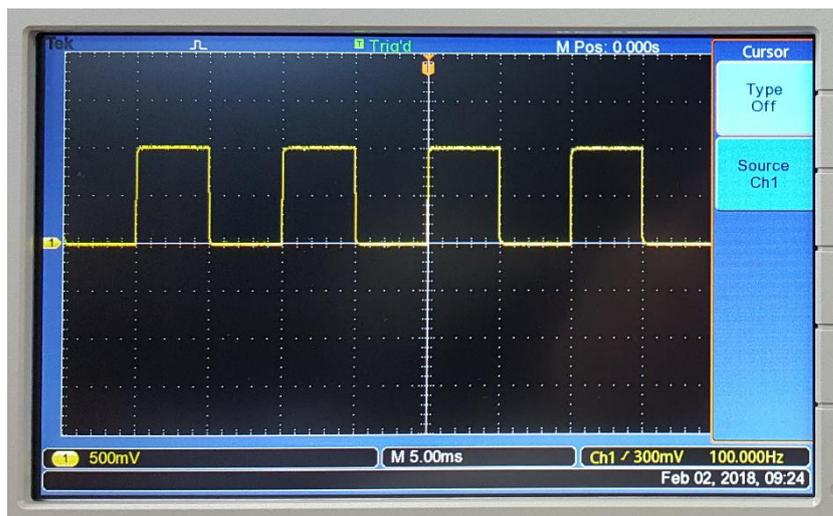
위의 그림은 커서 메뉴에서 Type을 Time으로 설정한 경우이며, 두 개의 수직선을 볼 수 있다. 두 개의 수직선의 위치는 Multipurpose 다이얼을 돌려서 이동이 가능하다. 그리고 각각의 수직선의 위치에 따른 시간 값을 보여주며, Δ 는 두 값의 차이 값이다.

- Square wave(구형파, 矩形波)의 발생 및 확인

함수발생기를 이용하여 square wave를 발생하고 이를 오실로스코프로 확인한다. 주파수는 100Hz이며 낮은 전압은 0V, 높은 전압은 1V가 되도록 한다. 즉 peak-to-peak는 1V이며, Offset은 0.5V 이다. 이전과 거의 동일한 방법을 사용하며 차이점은 Square 파형이 선택되고, peak-to-peak 전압과 Offset 값이 다르다. 아래의 그림은 선택이 완료된 화면이다.



오실로스코프를 이용하여 아래 그림과 같이 설정된 구형파가 발생됨을 확인할 수 있다. 이 때, 트리거 레벨을 표시하는 화살표가 0V 와 1V 사이에 있음을 확인하며, 그렇지 않을 경우에는 트리거 LEVEL 노브를 돌려서 트리거 레벨이 0V와 1V사이에 위치하여 안정된 파형이 나오도록 조정한다.



- 함수발생기의 임피던스 매칭 (전압이 2배로 나오는 문제 수정)

함수 발생기의 모든 전압 값이 설정된 전압 값의 2배로 나오는 경우가 있다. 이는 함수 발생기의 임피던스 매칭과 관련된 문제이다. 함수 발생기의 출력 임피던스는 50옴이며, 함수 발생기가 공장에서 출고될 때는 부하의 임피던스도 50옴에 맞추어져 있다. 따라서 부하에 전압을 1V 인가하기 위해서는 실제 전압은 두 배인 2V를 출력한다. 그러나 오실로스코프나 멀티미터와 같은 기기의 입력 임피던스의 값은 상당히 높은 값을 가지고 있으므로, 이 상태에서 출력 값을 오실로스코프로 측정해 보면 설정 값의 2배로 측정이 된다. 이를 정정하기 위해서는 다음과 같이 설정한다. 먼저 Utility 버튼을 눌러서 다음 화면이 나오도록 선택한다.



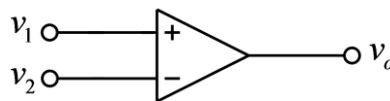
위의 Utility 화면에서 Output Setup 버튼을 눌러 선택하면 다음 그림과 같은 화면이 나온다. CH1Load 옆의 버튼을 누를 때 마다 값이 바뀌며, 이 값이 High Z 가 되도록 설정한다. 설정이 끝나면 Utility 버튼을 눌러서 원래의 화면으로 돌아온다.



실험 9. OP Amp의 기본 특성

● 이상적(ideal) OP Amp

OP amp는 연산증폭기(operational amp)라고도 불리며, 여러 개의 트랜지스터로 구성이 된 차동 선형 증폭기 (differential linear amplifier) 이다. OP amp는 가산, 적분, 미분과 같은 수학적 연산을 수행하는 회로에 사용될 수 있으며, 비디오, 오디오 증폭기, 발진기 등에 널리 사용되고 있다. OP amp의 표기법은 다음 그림과 같다.



(그림) OP amp 회로 심볼

위의 그림과 같이 입력 단자는 + 단자와 - 단자가 있으며, 출력 단자에서는 두 입력 단자의 차이 전압을 증폭한 전압이 출력된다. 즉, 출력 전압은 다음 식과 같으며, 이 식에서 G 는 증폭 이득(gain)이다.

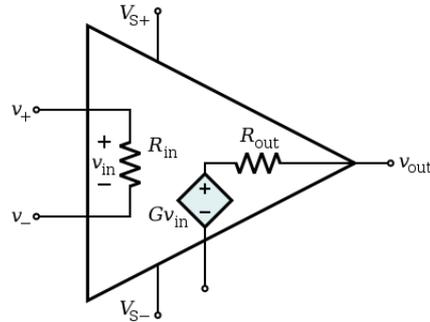
$$v_o = G(v_1 - v_2)$$

이상적인 OP amp의 증폭 이득 값 G 는 무한대이다. 따라서 + 단자의 전압 값이 - 단자의 전압 값보다 약간이라도 크면, 출력 전압은 양의 무한대($+\infty$)이다. 또한, + 단자의 값이 - 단자의 값보다 약간이라도 작으면 출력 전압은 음의 무한대($-\infty$)이다. 이상적인 OP amp의 또 다른 특징은 입력 저항이 무한대이다. 즉, 입력 단자에 다른 회로를 연결해도 입력 단자로 흐르는 전류는 항상 0이다. 또한, 이상적인 OP amp의 출력 저항은 0이다. 이로 인하여 출력 회로에 다른 회로를 연결하여 전류가 흘러도 이로 인한 전압 강하가 발생하지 않는다.

● 실제(real) OP Amp

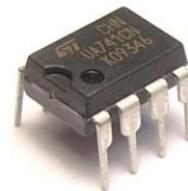
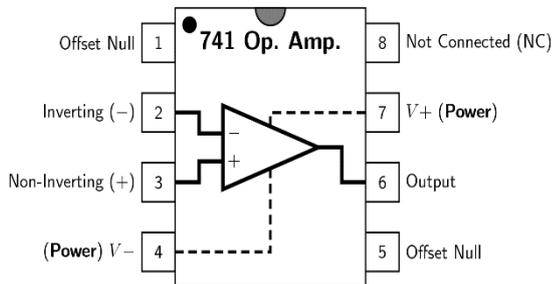
실제 회로에서 사용되는 OP amp의 특성과 이상적인 OP amp의 특성은 차이가 있지만, 실제 OP amp는 이상적인 OP amp와 비슷한 특성을 가지고 있다. 따라서 OP amp로 구성된 회로를 해석할 때, 실제 OP amp를 이상적인 OP amp라고 가정을 하고 해석을 하는 경우가 많다. 이상적인 OP amp는 전압 이득이 무한대이지만, 실제 OP amp의 전압 이득은 상당히 크기는 하지만, 그 값은 무한하지 않고 유한하다. 또한 입력 저항도 무한대가 아니고 상당히 큰 저항 값을 가지고 있다. 따라서 입력 단자에 전류가 흐르는 것은 하지만 매우 작은 전류가 흘러서 무시할 수 있는 경우가 많다. 출력 저항 값도 0은 아니지만 작은 저항 값을 가지고 있어서 무시할 수 있는 경우가 많다. 아래의 그림은 OP amp의 등가 회로이다. 이상적

인 OP amp에서는 $G = \infty$, $R_{in} = \infty$, $R_{out} = 0$ 이지만, 실제 OP amp에서는 G 와 R_{in} 은 매우 큰 값, R_{out} 은 매우 작은 값을 가진다.



(그림) OP amp 등가 회로

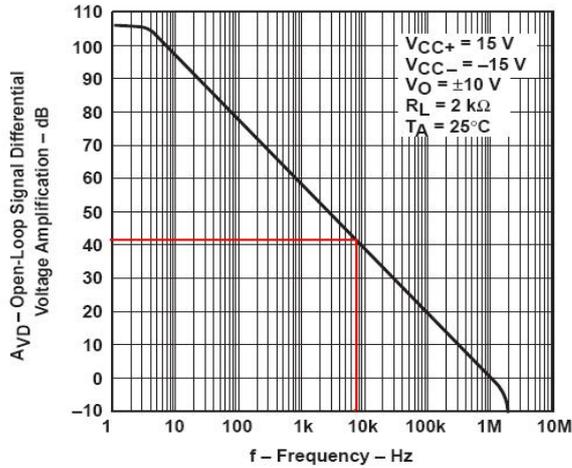
OP amp를 사용하기 위해서는 DC 전원을 연결해서 DC 전압을 공급해야 한다. OP amp에 공급되는 전압은 보통 10V ~ 15V 정도 크기의 + 전압과 - 전압이다. 통상 OP amp 회로를 그릴 경우에는 공급 전압 연결에 대한 부분은 생략하는 경우가 많으나, 실제로는 공급 전원을 연결해야 동작한다. 다음 그림은 OP amp 중에서 가장 많이 사용되는 741 OP amp IC의 그림이다.



(그림) 실제 OP amp의 핀 구성

위의 등가 회로에서 전압 이득 값인 G 는 실제 OP amp에서는 무한대가 아닌 유한한 큰 값을 가진다고 했지만, 이 값은 단순히 상수가 아니고, 아래의 그림과 같이 주파수에 따라 달라지는 이득 값을 가진다. 이와 같은 그림을 OP amp의 주파수 응답이라고 부르며, 아래의 그림은 741 OP amp의 주파수 응답 그래프이다.

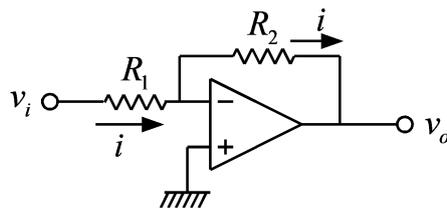
**OPEN-LOOP LARGE-SIGNAL DIFFERENTIAL
VOLTAGE AMPLIFICATION
vs
FREQUENCY**



(그림) OP amp의 주파수 응답

위의 주파수 응답에서 보면, 낮은 주파수에서의 이득은 100dB를 초과하므로 이는 약 10^5 을 넘는 상당히 큰 값이다. 그러나 주파수가 증가함에 따라서 이득 값은 감소하며, 1MHz의 주파수에 대해서는 약 0dB(0dB의 이득 크기는 1)까지 감소된 이득 값을 가지게 됨을 볼 수 있다. 따라서 OP amp 회로를 설계 할 때는 이와 같은 주파수 특성을 고려하여 설계하는 것이 필요하다.

OP amp를 이용한 가장 기본적인 회로인 아래와 같은 inverting amplifier 회로를 고려해 본다.



(그림) Inverting amplifier

위의 회로에서 R_2 저항은 다음과 같은 feedback 동작을 한다. 즉, 출력 전압이 증가하면 - 입력 단자의 전압을 증가 시켜서 출력 전압을 감소시킨다. 또한 출력 전압이 감소하면 - 입력 단자의 전압을 감소 시켜서 출력 전압을 증가시킨다. 이와 같은 동작에 의해서 출력 전압은 유한한 크기의 전압 값을 유지하게 된다. 이상적인 OP amp의 전압 이득은 무한대 이므로 유한한 크기의 출력 전압 값을 가지기 위해서는 입력 단자 사이의 전압은 0의 값을 유지해야 한다. 이와 같은 이유로 위 회로의 - 단자는 + 단자와 동일한 그라운드 전압, 즉

0V를 유지한다. 또한 입력 단자로 흘러 들어가는 전류는 0 이므로, 저항에 흐르는 전류는 다음과 같다.

$$i = \frac{v_i}{R_1}$$

이 관계를 이용하여 다음과 같은 출력 전압의 관계식을 얻을 수 있다.

$$v_o = -R_2 i = -\frac{R_2}{R_1} v_i$$

위 회로의 입력과 출력 사이의 이득은 (R_2 / R_1) 의 크기를 가진다. 그러나 실제 회로에서는 이득 값이 모든 주파수에서 동일한 것이 아니다. 낮은 주파수에서는 (R_2 / R_1) 의 이득을 가지지만, 일정 주파수 이상에서는 (R_2 / R_1) 보다 작아지게 된다. 즉, 위의 회로를 일정한 이득 값을 가지는 전압 증폭기로 사용할 수 있는 주파수의 범위가 한정된다.

● 사용 계기 및 부품

- 오실로스코프: 1
- 신호 발생기: 1
- DC 전원 공급기: 1개
- OP amp: 741 1개
- 저항: $1K\Omega$ 1개, $10K\Omega$ 1개, $100K\Omega$ 1개

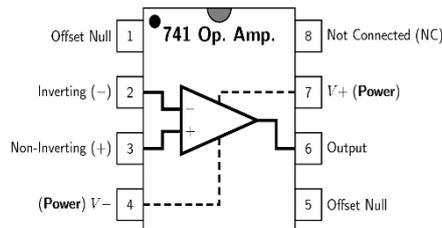
● 실험 방법 및 절차

가. OP amp의 전원 연결



(그림) DC 전원 장치 연결

- (1) 위의 그림과 같은 DC power supply에 아무 것도 연결하지 않은 상태에서 CH1, CH2 전압을 모두 15V 정도에 맞춘다. 이때, 0.1~0.2V 정도의 오차는 허용 가능하다.
- (2) 다음, 전원을 끈 상태에서 전원 연결을 시작한다. 먼저 power supply의 CH1 채널의 - 단자(검은 단자)와 CH2 채널의 + 단자(빨간 단자)를 위의 그림과 같이 검은 선으로 서로 연결한다. 이와 같이 하면, CH1 채널의 빨간색 단자에서는 +15V, CH2 채널의 검은색 단자에서는 -15V가 나오며, 검은 선으로 서로 연결된 단자는 ground가 된다.
- (3) 위 사진의 CH1 빨간 단자는 741 OP amp의 7번핀(V+)과 연결하고, CH2 검은 단자는 741 OP amp의 4번핀(V-)과 연결한다. 위의 사진에서 검은색 전선으로 연결된 단자는 회로의 ground와 연결될 예정이다.



(그림) OP amp의 핀 구성