

1. 주요 실험장비 사용법 실험

디지털 논리회로 실험을 위한 기본적인 장비로는 실험회로의 결선을 위한 브레드 보드 (bread board), 전압, 전류, 저항을 측정하기 위한 디지털 멀티미터(digital multimeter : DMM), 구형파 펄스 신호를 인가하기 위한 신호발생기(signal generator), 이러한 실험 파형들을 볼 수 있도록 전자빔을 주사하는 방식의 오실로스코프(oscilloscope) 등이 있다. 디지털 논리회로 실험을 위해 필수적으로 필요한 이들 주요 장비의 사용법에 대해 자세히 알아본다.

1.1 브레드 보드

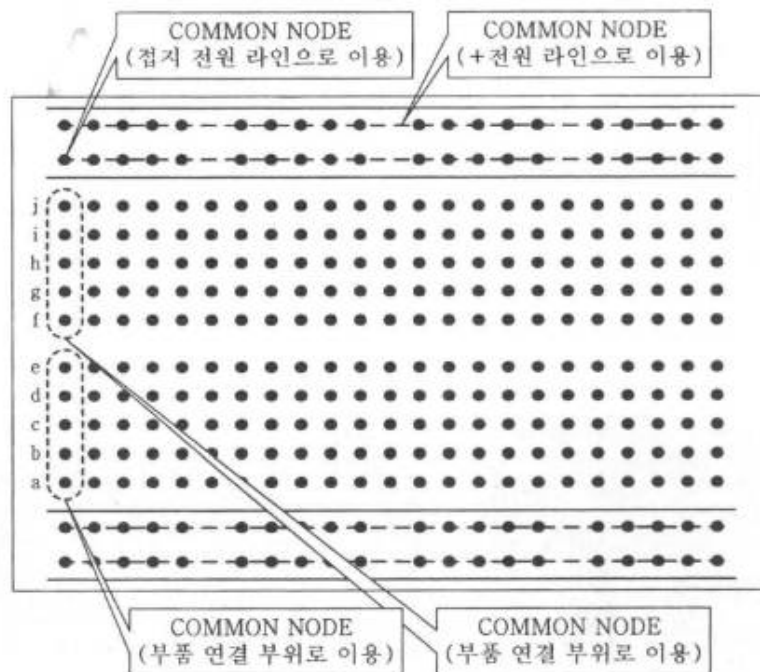


그림 1-1 브레드 보드

실험에서 많이 사용하는 브레드 보드(bread board)의 대략적인 모양을 그림 1-1에 나타내었다. 일반적으로 빨간선 아래에 있는 홀(hole)들의 수평 라인을 (+)전원 라인으로 사용하고, 파란선 위에 있는 홀들의 수평 라인을 GND 또는 (-)전원 라인으로 사용한다. 중간에는 실험부품을 꽂게 되는데, 그림 1-1의 수직인 5개 홀(a~e와 f~j)들은 서로 연결되어 있다. 예를 들어 74LS00과 같은 IC를 브레드 보드에 배치할 때는 IC를 가로방향으로 배치하여 각각의 핀들이 서로 단락되지 않고 독립적이 되도록 주의하여야 한다. 브레드 보드 사용에 있어 다음 사항에 유의하여야 한다.

Tip 브레드 보드 사용시 유의점

1. (+)전원 라인과 접지(ground)전원 라인 배치에 유의한다.
2. 연결된 홀과 끊어진 홀의 구별을 확인한다.
3. 회로부품의 배치 및 결선은 최대한 간결하고 분명하게 한다.
4. (+)전원선, 접지선, 신호선 등에 따라 사용하는 선의 색깔을 가능한 구분하여 결선한다.
5. 전원의 인가는 반드시 결선이 맞는지 확인한 후에 한다.

1.3 오실로스코프

오실로스코프(oscilloscope)는 시간에 따라 주기적으로 급격히 변하는 전압, 주파수 등의 파형을 관측하는 데 필요한 장비이다. 오실로스코프를 쉽게 생각하면 화상기능을 가진 전압측정기로 생각할 수 있다. 따라서 전자장비를 수리하거나 전자회로를 설계할 때 필수적으로 필요한 계측장비이다. 전압을 측정할 때 디지털 멀티미터를 이용하여 측정하면 그 값이 수치로 표시되겠지만 이 값이 시간적으로 변화하고 있는 값이라면 멀티미터로 보기에는 불편할 것이다. 이러한 경우는 오실로스코프를 이용하여 측정하는 것이 편리하다.

오실로스코프는 크게 아날로그 타입과 디지털 타입이 있으나 일반적으로 아날로그 타입의 장비가 많이 보급되어 있으므로 여기서는 아날로그 타입의 오실로스코프를 예를 들어 설명하고자 한다. 오실로스코프 역시 제조회사와 모델에 따라 기능과 모양이 약간 다를 수 있으나 기본적인 기능 및 사용법은 비슷하다. 따라서 제조회사와 모델에 무관하게 오실로스코프 사용법을 익힐 수 있도록 하는 관점에서 오실로스코프 사용법을 알아본다.

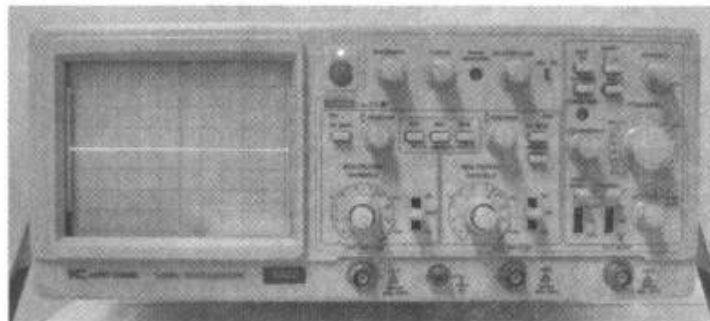


그림 1-6 오실로스코프

오실로스코프는 전압파형을 측정하는 장비이다. 따라서 전압파형을 정확히 측정할 수 있도록 오실로스코프를 적절히 조정하고, 올바르게 사용하지 않으면 측정 데이터에 오류가 발생한다. 오실로스코프의 정확한 사용을 위해 화면 조정, 전압파형 위치 조정, 입력결합(input coupling), 교정(calibration), 전압 눈금계수 조정(volts/div), 시간 눈금계수 조정(time/div), 동기(trigger) 조정 등에 대하여 설명한다.

1.3.1 화면 조정(Display) : Intensity, Focus, Trace Rotation, Scale Illumination

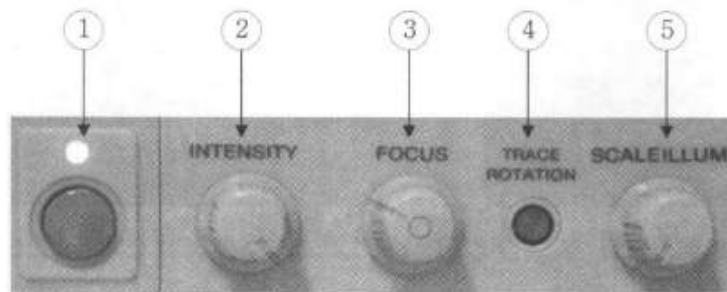


그림 1-7 화면부 조정 손잡이

표 1-1 화면부 조정 손잡이 기능

순번	명 칭	기 능
1	전원 스위치(power)	오실로스코프의 전원을 ON/OFF한다.
2	휘도 조정(intensity)	오실로스코프 화면에 표시되는 파형의 밝기(휘도)를 조정한다.
3	초점 조정(focus)	오실로스코프 화면에 표시되는 파형의 초점을 맞추는 데 사용한다.
4	회선기울기 조정(trace rotation)	오실로스코프 화면의 회선이 기울어진 경우 회선의 수평편향을 조절하여 회선이 수평을 유지하도록 조정한다.
5	눈금조명 조정(scale illumination)	어두운 곳에서 파형을 관측하거나, 관측파형을 사진 촬영하는 경우 오실로스코프 화면의 눈금선이 잘 보이게 하는 조명 역할을 한다.

실습 1.) 화면 조정 확인실습

오실로스코프의 전원(power)을 켜고, 오실로스코프 회선의 밝기(intensity), 초점(focus), 눈금조명(scale illumination), 회선기울기(trace rotation) 등을 직접 조정해 보고, 오실로스코프 회선이 최상의 상태가 되도록 조정하여라.

1.3.2 위치 조정(Position) : ⇅ Position, ⇄ Position



(a) 수직위치 조정 손잡이



(b) 수평위치 조정 손잡이

그림 1-8 위치 조정 손잡이

표 1-2 위치 조정 손잡이 기능

순번	명 칭	기 능
1	수직위치 조정 (vertical position)	오실로스코프 화면상의 휘선을 원하는 위치로 상하 이동할 때 사용하며, 입력 채널이 여럿인 경우 입력 채널별로 각기 수직위치 조정이 가능하다.
2	수평위치 조정 (horizontal position)	오실로스코프 화면상의 휘선을 원하는 위치로 좌우 이동할 때 사용한다.

실습 2.) 위치 조정 확인실습

오실로스코프의 수직위치와 수평위치를 임의로 조정해 보고, 오실로스코프의 휘선이 오실로스코프 화면의 정중앙에 위치하도록 조정하여라.

1.3.3 입력결합(Input Coupling) : GND, AC, DC

입력결합은 입력신호와 오실로스코프 화면의 수직축을 연결하는 방법이다. GND를 선택하면 입력 채널의 0 V의 수직위치를 확인할 수 있다. GND 입력결합을 선택한 상태에서 수직위치 조정기능을 이용하면 0 V의 상하위치를 임의 조정할 수 있다. AC 입력결합은 입력신호에서 DC 성분은 제거하고, AC 성분만 관측할 수 있도록 하는 입력결합 방법이며, DC 결합은 입력신호의 AC 성분뿐만 아니라 DC 성분도 모두 관측할 수 있도록 하는 입력결합 방법이다. 따라서 입력신호를 있는 그대로 정

확하게 측정하고자 하는 경우는 DC 입력결합을 선택하고, 입력신호의 AC 성분만을 측정하고자 하는 경우는 AC 입력결합을 선택하여야 한다.

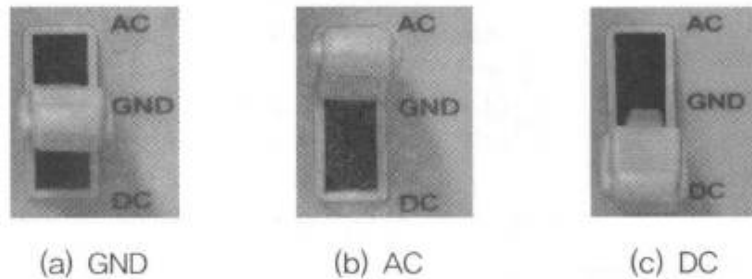


그림 1-9 입력결합 스위치

표 1-3 입력결합 스위치 기능

순번	명 칭	기 능
1	GND	입력신호를 수직축 채널과 분리하여 입력 채널의 0 V 위치를 나타낸다.
2	AC	입력신호 중 DC 성분은 차단하고, AC 성분만 측정이 가능한 입력결합이다. 즉, 입력신호의 AC 성분만 측정이 가능하다.
3	DC	입력신호의 DC 성분을 포함하는 모든 성분을 관측할 수 있는 입력결합이다. 즉, 입력신호를 있는 그대로 측정이 가능하다.

1.3.4 교정단자(Calibration) : CAL

오실로스코프는 시간에 따라 주기적으로 변하는 파형의 전압과 주파수 등을 관측하는 데 사용하는 측정장비이다. 따라서 오실로스코프를 이용하여 측정하는 전압과 주파수가 정확한지를 확인하고, 교정할 수 있도록 오실로스코프에는 특정한 전압과 특정한 주파수를 갖는 교정신호를 발생하는 교정단자가 있다. 이 단자를 측정하여 오실로스코프의 정확성을 확인하고, 필요시 오실로스코프가 정확하도록 조정하는 교정(calibration)을 할 수 있다. 교정단자의 전압과 주파수는 오실로스코프에 따라 다를 수 있으므로 사용하는 오실로스코프의 매뉴얼과 교정단자에 표시된 값을 확인하여야 한다. 본 교재에서는 편의상 교정단자의 피크-피크값(peak-to-peak value) 전압이 $V_{p-p} = 0.5 \text{ V}$ 이고, 주파수가 $f = 1 \text{ kHz}$ 이며, 구형파인 오실로스코프를 가정하도록 한다.



그림 1-10 교정 단자

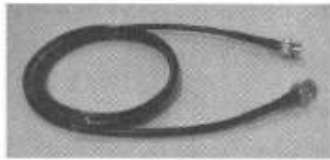
표 1-4 교정단자기능

순번	명 칭	기 능
1	CAL	오실로스코프 내부에서 특정 전압과 특정 주파수의 신호를 발생하는 단자이다. 오실로스코프의 정확성을 확인하기 위해 필요하다.

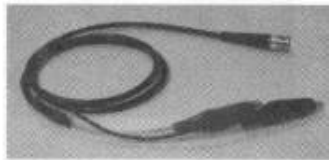
실습 3.) 교정단자(CAL) 파형관측 및 입력결합기능 확인실습

- ① 한쪽은 BNC 커넥터, 다른 한쪽은 클립(clip) 또는 훅 팁(hook tip)으로 되어 있는 측정용 프로브(probe)를 이용하여 교정단자를 측정한다. 측정용 프로브의 BNC 커넥터는 오실로스코프 CH1 입력에 연결하고, (+)의 클립 또는 (+)의 훅 팁은 교정단자(CAL)에 연결하여라. 이때 측정용 프로브의 접지(GND) 클립은 연결하지 않은 상태로 그대로 두어라.
- ② 입력결합을 GND 스위치를 선택하여 CH1 입력의 0 V 위치를 확인하고, CH1 수직위치 조정 손잡이를 조정하여 0 V 위치가 수직위치의 정중앙에 오도록 조정하여라.
- ③ 입력결합을 DC 스위치를 선택하여 교정단자 전압파형을 관찰하여라. 교정단자의 전압파형을 잘 관측하기 위하여 VOLTS/DIV 스위치와 TIME/DIV 스위치를 적절히 조정하여라.
- ④ 입력결합을 AC 스위치를 선택하여 교정단자 전압파형을 관찰하여라. 교정단자의 전압파형을 잘 관측하기 위하여 VOLTS/DIV 스위치와 TIME/DIV 스위치를 적절히 조정하여라.

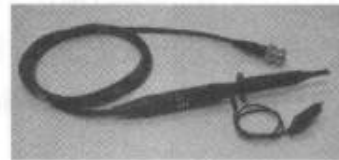
- ⑤ 위의 실습단계 ③, ④의 교정단자 전압파형의 차이점을 비교하여 AC 입력 결합 스위치와 DC 입력결합 스위치의 기능을 확인하여라. 또한 다음 실습을 위하여 실습 3의 종료 후에도 측정용 프로브를 연결한 상태로 두어라.



(a) BNC + BNC



(b) BNC + Clip



(c) BNC + Hook Tip

그림 1-11 오실로스코프 측정용 프로브

1.3.5 수직축 전압 눈금계수 조정(Vertical Sensitivity) : VOLTS/DIV

VOLTS/DIV 스위치는 오실로스코프 화면상의 수직축의 한 눈금의 전압크기를 조정한다. VOLTS/DIV에서 “/DIV”는 1칸당(per division)이라는 의미이므로 1칸당의 전압(volts)을 나타낸다. 오실로스코프의 종류에 따라 약간의 차이는 있으나 일반적으로 수 mV에서 수 V까지 조정이 가능하다. 예를 들어 10 mV/div로 설정하였다면 화면의 수직 1칸이 10 mV를 나타낸다. 또한 5 V/div로 설정하였다면 수직 1칸이 5 V를 나타낸다. 따라서 오실로스코프를 이용하여 전압파형을 정확히 측정하기 위해서는 가장 적합한 VOLTS/DIV를 설정하여야 한다.

전압 눈금계수를 조정하는 VOLTS/DIV 스위치의 가운데에는 가변 손잡이(variable knob 또는 calibration knob)가 있다. 이는 VOLTS/DIV의 눈금계수를 연속적으로 가변시킬 있는 조정 손잡이이다. 오실로스코프의 교정단자 전압을 측정하여 정확한 전압을 측정할 수 있도록 VOLTS/DIV 가변 손잡이를 조정한 상태에서 고정하여 사용하여야 한다. 측정실험 중에 VOLTS/DIV 가변 손잡이를 임의로 조정하면 오실로스코프 측정결과에 오차가 발생하므로 각별히 주의하여야 한다.

오실로스코프를 이용하여 전압을 측정할 때 정확한 측정 데이터를 얻지 못하는 가장 큰 이유가 VOLTS/DIV 가변 손잡이를 이용하여 교정단자의 전압이 정확히 측정되도록 교정을 하지 않는 경우와 VOLTS/DIV 가변 손잡이가 임의의 위치에 있는 상태에서 전압을 측정하는 경우이다. VOLTS/DIV 가변 손잡이가 임의의 위치에 있는 상태에서 전압을 측정하면 모든 측정전압이 틀린 전압이 되므로 특히 주의하여야 한다.

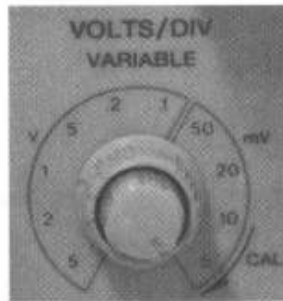


그림 1-12 전압 눈금계수 조정 스위치

표 1-5 전압 눈금계수 조정 스위치 기능

순번	명 칭	기 능
1	VOLTS/DIV	오실로스코프 화면 수직축 한 눈금의 전압크기를 단계적 조정한다. 5 V/div을 설정한 경우 한 눈금이 5 V를 나타낸다.
2	variable VOLTS/DIV	오실로스코프 화면 수직축 한 눈금의 전압크기를 연속적으로 조정한다. 정확한 전압을 측정할 수 있도록 교정하기 위해 일반적으로 사용한다.

실습 4.) 전압 눈금계수 조정(VOLTS/DIV)기능 확인실습

앞에서 설명한 바와 같이 편의상 교정단자의 피크-피크값 전압이 $V_{p-p} = 0.5$ V이고, 주파수가 $f = 1$ kHz이며, 구형파인 것으로 가정하였다.

- ① 측정용 프로브의 BNC 커넥터는 오실로스코프 CH1 입력에 연결하고, (+)의 클립 또는 (+)의 흑 팁은 교정단자(CAL)에 연결하고, 입력결합은 DC 스위치를 선택하여라.
- ② VOLTS/DIV을 0.5 V/div을 선택하여 교정단자의 피크-피크값 전압 V_{p-p} 를 측정하여라. 측정한 전압이 교정단자의 피크-피크값 전압과 일치하는지 확인하고, 일치하지 않는 경우 variable VOLTS/DIV 손잡이를 이용하여 일치하도록 조정하여라.
- ③ VOLTS/DIV을 0.2 V/div을 선택하여 교정단자의 피크-피크값 전압 V_{p-p}

를 측정하여라. 측정한 전압이 교정단자의 피크-피크값 전압과 일치하는지 확인하고, 일치하지 않는 경우 variable VOLTS/DIV 손잡이를 이용하여 일치하도록 조정하여라.

- ④ VOLTS/DIV을 0.5 V/div으로 설정한 경우와 0.2 V/div으로 설정한 경우의 전압파형의 차이점을 비교하여 VOLTS/DIV의 기능을 확인하여라. 또한 2가지의 설정 중 어느 쪽이 더욱 적합한 VOLTS/DIV 설정인지 설명하여라.
- ⑤ VOLTS/DIV을 다양하게 변화시키면서 교정단자의 전압파형이 변화되는 것을 관찰하고, 측정하기에 가장 적합한 VOLTS/DIV을 설정하여 보아라. 이 경우에도 역시 측정한 전압이 교정단자의 피크-피크값 전압과 일치하는지 확인하고, 일치하지 않는 경우 variable VOLTS/DIV 손잡이를 이용하여 일치하도록 조정하여라.
- ⑥ 오실로스코프 각 입력 채널이 정확한 전압을 측정할 수 있도록 교정하기 위해 위의 실험단계 ⑤를 모든 입력 채널에 대하여 수행하여라. 예를 들어 2채널 오실로스코프인 경우 CH2에 대하여도 수행하여라.

1.3.6 수평축 시간 눈금계수 조정(Sweep Speed) : TIME/DIV

TIME/DIV은 오실로스코프 화면상의 수평축, 즉 시간축의 한 눈금의 시간간격을 조정한다. 수직축의 VOLTS/DIV 스위치와 마찬가지로 시간축의 눈금계수는 조정이 가능하며, 한 눈금당 시간간격은 TIME/DIV 스위치를 이용하여 조정할 수 있다. 오실로스코프의 종류에 따라 차이는 있으나 일반적으로 사용하는 오실로스코프의 경우 1칸당 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{s}$ 에서 $0.1 \sim 0.2 \text{ s}$ 정도까지 조정이 가능하다. 예를 들어 $1 \mu\text{s}/\text{div}$ 로 설정하였다면 화면의 수평 1칸이 $1 \mu\text{s}$ 를 나타낸다. 또한 $5 \text{ ms}/\text{div}$ 로 설정하였다면 수평 1칸이 5 ms 를 나타낸다. 따라서 오실로스코프를 이용하여 주기와 주파수를 정확히 측정하기 위해서는 가장 적합한 TIME/DIV을 설정하여야 한다.

시간축 눈금계수를 조정하는 TIME/DIV 스위치의 가운데에는 가변 손잡이(variable knob 또는 calibration knob)가 있다. 이는 TIME/DIV의 눈금계수를 연속적으로 가변시킬 수 있는 조정 손잡이이다. 오실로스코프의 교정단자의 주파수를 측정하여 정확한 주파수를 측정할 수 있도록 TIME/DIV 가변 손잡이를 조정한 상태에서 고정하여 사용하여야 한다. 측정실험 중에 TIME/DIV 가변 손잡이를 임의로 조정하면 오실로

스코프 측정결과에 오차가 발생하므로 각별히 주의하여야 한다.

오실로스코프를 이용하여 측정하는 경우 교정을 하지 않거나, VOLTS/DIV이나 TIME/DIV의 가변 손잡이를 임의의 위치에 놓고 측정하여 측정결과에 오차가 발생하는 일은 오실로스코프 이용시 피해야 할 가장 커다란 실수이다. 이런 실수가 발생하지 않도록 항상 주의하여야 한다.

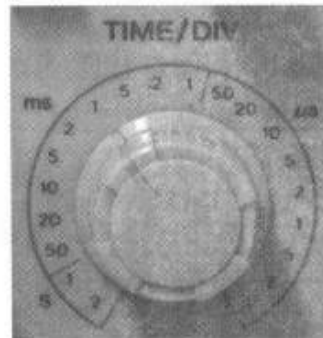


그림 1-13 시간 눈금계수 조정 스위치

표 1-6 시간 눈금계수 조정 스위치 기능

순번	명 칭	기 능
1	TIME/DIV	오실로스코프 화면 수평축 한 눈금의 시간간격을 단계적 조정한다. 5 ms/div을 설정한 경우 한 눈금이 5 ms를 나타낸다.
2	variable TIME/DIV	오실로스코프 화면 수평축 한 눈금의 시간간격을 연속적으로 조정한다. 정확한 시간을 측정할 수 있도록 교정하기 위해 일반적으로 사용한다.

실습 5.) 시간 눈금계수 조정(TIME/DIV)기능 확인실습

앞에서 설명한 바와 같이 본 교재에서는 편의상 교정단자의 피크-피크값 전압이 $V_{p-p} = 0.5 \text{ V}$ 이고, 주파수가 $f = 1 \text{ kHz}$ 이며, 구형파인 것으로 가정하였다.

- ① 측정용 프로브의 BNC 커넥터는 오실로스코프 CH1 입력에 연결하고, (+)의 클립 또는 (+)의 흑 팁은 교정단자(CAL)에 연결하고, 입력결합은 DC 스위치를 선택하여야.

- ② TIME/DIV을 1 ms/div을 선택하여 교정단자 구형과 신호의 주기 T를 측정하여라. 측정한 주기가 교정단자 발생신호의 정해진 주기와 일치하는지 확인하고, 일치하지 않는 경우 variable TIME/DIV 손잡이를 이용하여 일치하도록 조정하여라.
- ③ TIME/DIV을 0.2 ms/div을 선택하여 교정단자 구형과 신호의 주기 T를 측정하여라. 측정한 주기가 교정단자 발생신호의 정해진 주기와 일치하는지 확인하고, 일치하지 않는 경우 variable TIME/DIV 손잡이를 이용하여 일치하도록 조정하여라.
- ④ TIME/DIV을 0.2 ms/div으로 설정한 경우와 1 ms/div으로 설정한 경우의 파형의 차이점을 비교하여 TIME/DIV의 기능을 확인하여라. 또한 2가지의 설정 중 어느 쪽이 더욱 적합한 TIME/DIV 설정인지 설명하여라.
- ⑤ TIME/DIV을 다양하게 변화시키면서 교정단자의 전압파형이 변화되는 것을 관찰하고, 측정하기에 가장 적합한 TIME/DIV을 설정하여 보아라. 이 경우에도 역시 측정한 주기 및 주파수가 교정단자 발생신호의 정해진 주기 및 주파수와 일치하는지 확인하고, 일치하지 않는 경우 variable TIME/DIV 손잡이를 이용하여 일치하도록 조정하여라.

1.3.7 동기 조정(Trigger) : Trigger Source, Trigger Mode, Trigger Level

시간에 따라 계속적으로 변화하는 전압파형을 오실로스코프 화면에서 정지되어 있는 안정된 화면으로 나타내는 것은 오실로스코프 기능에 있어 매우 중요하다. 이를 위해서는 각 신호의 그래프를 파형의 동일한 지점에서 시작하여 화면에 나타내도록 하는 것이 필요하며, 이를 동기(trigger)라 한다. 동기를 위해서는 동기신호원(trigger source), 동기 모드(trigger mode), 동기 레벨(trigger level) 등이 필요하다.

(1) 동기신호원(Trigger Source)

동기신호원은 동기신호를 어디서 공급하느냐에 CH1, CH2, LINE, EXT 등과 같이 분류된다. 일반적인 오실로스코프 사용시 CH1을 선택하는 것이 가장 일반적이며, CH1은 INT로 표시되기도 한다. 따라서 일반적인 경우 실험 시작시 오실로스코프의 동기신호원이 CH1 또는 INT로 설정되어 있는지 확인하여야 한다.

그러나 표 1-7과 같이 CH2, LINE, EXT에서 동기신호를 받는 경우도 있으므로 필요시 해당되는 동기신호원을 선택하여야 한다.

표 1-7 동기신호원 기능

순번	명 칭	기 능
1	CH1(또는 INT)	CH1에서 공급되는 신호를 동기신호로 이용하고자 하는 경우 선택한다. 가장 일반적으로 사용하는 동기신호원이다.
2	CH2	CH2에서 공급되는 신호를 동기신호로 이용하고자 하는 경우 선택한다.
3	LINE	오실로스코프 입력전원에 동기시키고자 하는 경우 사용한다.
4	EXT	외부에서 별도로 제공하는 신호를 동기신호로 사용하고자 하는 경우 사용한다.

(2) 동기 모드(Trigger Mode)

동기 모드는 AUTO, NORM, TV, Single Sweep 등의 모드가 있으며, 일반적으로 AUTO와 NORM을 가장 많이 사용한다. 일반적인 오실로스코프 사용시 동기 모드를 AUTO로 선택하는 것이 가장 일반적이므로 실험 시작시 동기 모드가 AUTO로 설정되어 있는지 확인한다.

(3) 동기 레벨(Trigger Level)

동기기울기(slope)는 신호의 상승부와 하강부 중 어느 것을 동기점으로 할지를 결정하고, 동기 레벨은 결정한 기울기상에서 특정한 어느 점을 동기점으로 할지를 결정한다. 따라서 동기 레벨은 동기점(trigger point)을 결정하는 역할을 한다. 오실로스코프를 이용하여 관측한 화면이 정지된 안정한 화면으로 나타나지 않는 경우 동기 레벨을 조정하면 정지된 안정한 파형을 관측할 수 있다.

1.4 신호발생기

신호발생기(signal generator)는 정현파, 삼각파, 구형파 등의 신호원(signal source)을 전자회로에 입력신호로 인가하고자 하는 경우에 사용하는 장비이다. 신호발생기는 신호원의 파형, 전압크기, 주파수 등을 조정할 수 있으며, 이를 함수발생기(function generator)라고도 한다.

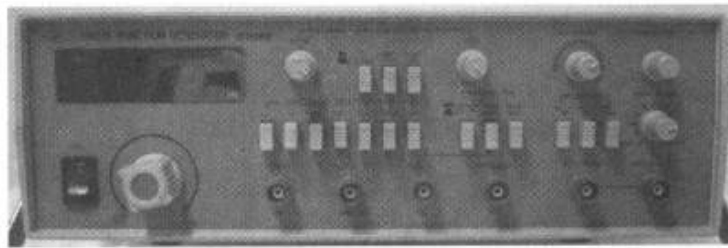
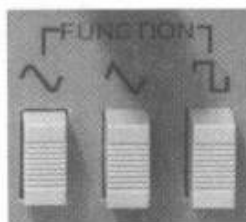


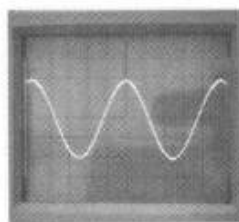
그림 1-14 신호발생기

1.4.1 신호발생기의 파형 조정

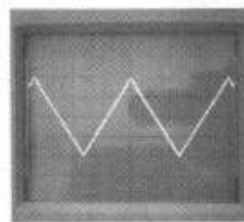
신호발생기는 신호원의 파형으로 정현파(sinusoidal wave), 삼각파(triangular wave), 구형파(square wave) 등을 선택할 수 있다. 일반적으로 위의 3가지 파형을 선택할 수 있는 기능(function)버튼을 가지고 있으며, 실험에 필요한 신호파형에 해당하는 기능버튼을 선택하면 된다.



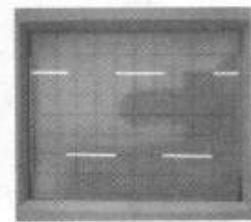
(a) 선택버튼



(b) 정현파



(c) 삼각파



(d) 구형파

그림 1-15 신호발생기 파형 조정

실습 b.) 신호발생기 파형 조정기능 확인실습

신호발생기의 파형 조정기능을 확인하기 위하여 신호발생기 출력단자와 오실로스코프 입력단자를 연결하여야 한다. 신호발생기에는 일반적으로 50 Ω 출력(50 ohm OUT)단자와 1/10 출력(1/10 OUT)단자 등이 있다. 1/10 출력은 50 Ω 출력을 1/10로 감쇠한 출력단자이고, 일반적으로 사용하는 출력단자는 50 Ω 출력단자이다.

- ① 신호발생기 출력(50 ohm OUT)과 오실로스코프 입력(CH1)을 BNC 케이블을 이용하여 연결하여라. 신호발생기의 출력파형을 정확히 측정할 수 있도록 오실로스코프를 정확히 조정하여라.
- ② 신호발생기 출력파형이 정현파가 되도록 기능(function)버튼을 선택하고, 오실로스코프에 정현파가 나타나는지 확인하여라.
- ③ 신호발생기 출력파형이 삼각파와 구형파가 되도록 차례로 기능버튼을 선택하고, 오실로스코프에 이들 파형이 나타나는지 확인하여라.

1.4.2 신호발생기의 전압크기 조정

신호발생기의 출력전압의 크기는 전압크기(amplitude)를 조정할 수 있는 손잡이(knob)를 이용하여 조정할 수 있다. 일반적으로 이 손잡이 상단에는 amplitude라고 표기되어 있다.

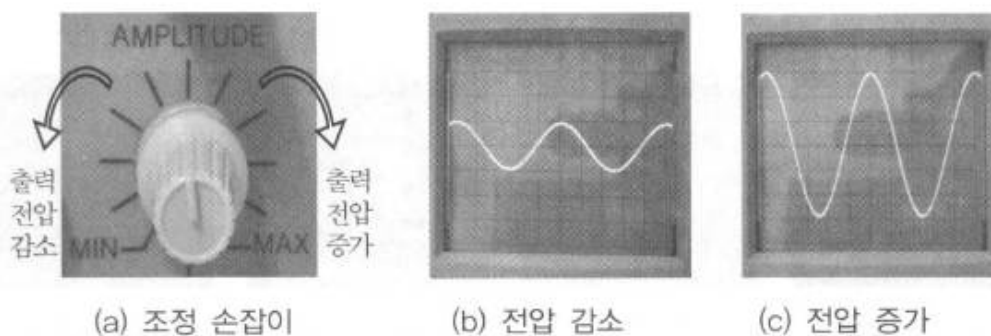


그림 1-16 신호발생기 전압크기 조정

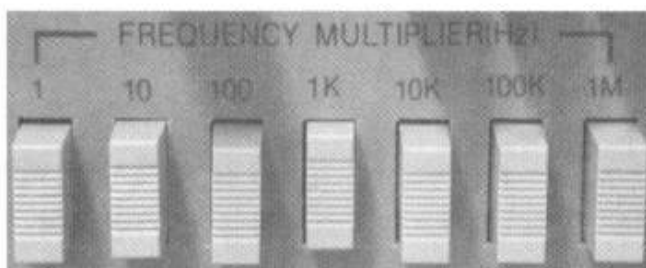


실습 7. 신호발생기 전압크기 조정기능 확인실습

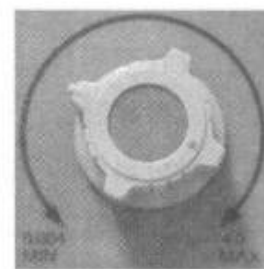
- ① 신호발생기 출력(50 ohm OUT)과 오실로스코프 입력(CH1)을 BNC 케이블을 이용하여 연결하여라. 신호발생기의 출력파형을 정확히 측정할 수 있도록 오실로스코프를 정확히 조정하여라.
- ② 신호발생기 출력파형이 정현파가 되도록 기능버튼을 선택하여라.
- ③ 신호발생기 출력파형의 전압크기를 변경하기 위하여 전압크기 조정 손잡이(amplitude knob)를 좌우로 조정하여라. 신호발생기 전압크기가 증가 또는 감소하는 것을 확인하여라.
- ④ 신호발생기 출력파형의 피크-피크값 전압(V_{pp})이 6V가 되도록 전압크기를 조정하여라. 피크-피크값 전압(V_{pp})이 6V인 신호발생기 전압파형을 측정하기에 가장 적합한 오실로스코프의 VOLTS/DIV을 설정하여라.

1.4.3 신호발생기의 주파수 조정

신호발생기의 주파수는 주파수 범위를 단계적으로 선택할 수 있는 버튼(frequency multiplier)과 선택된 주파수 범위 내에서 주파수를 연속적으로 조정할 수 있는 조정 손잡이(frequency dial)를 이용하여 조정할 수 있다. 설정하고자 하는 주파수에 적합한 주파수 범위를 우선 주파수 선택버튼(frequency multiplier)을 이용하여 선택하고, 정확한 주파수는 미세 조정 손잡이(frequency dial)를 이용하여 조정한다.



(a) 주파수 범위 선택버튼



(b) 미세 조정 손잡이

그림 1-17 신호발생기 주파수 조정



실습 8. 신호발생기 주파수 조정기능 확인실습

- ① 신호발생기 출력(50 ohm OUT)과 오실로스코프 입력(CH1)을 BNC 케이블을 이용하여 연결하여라. 신호발생기의 출력파형을 정확히 측정할 수 있도록 오실로스코프를 정확히 조정하여라.
- ② 신호발생기 출력파형이 구형파가 되도록 기능버튼을 선택하여라.
- ③ 신호발생기 출력파형의 피크-피크값 전압(V_{p-p})이 5 V가 되도록 전압크기를 조정하여라. 피크-피크값 전압(V_{p-p})이 5 V인 신호발생기 전압파형을 측정하기에 가장 적합한 오실로스코프의 VOLTS/DIV를 설정하여라.
- ④ 신호발생기 출력파형의 주파수 범위를 단계적으로 선택할 수 있는 버튼(frequency multiplier)을 눌러 주파수가 10배씩 증가 또는 감소하는 것을 확인하여라. 주파수 증가 또는 감소에 따라 파형을 측정하기에 적합하도록 오실로스코프의 TIME/DIV를 조정하여라.
- ⑤ 신호발생기 출력파형의 주파수가 1 kHz가 되도록 주파수 범위를 단계적으로 선택할 수 있는 버튼(frequency multiplier)과 선택된 주파수 범위 내에서 주파수를 연속적으로 조정할 수 있는 미세 조정 손잡이(frequency dial)를 이용하여 조정하여라.

1.5 직류전원 공급장치

직류전원 공급장치(DC power supply)는 직류전원을 실험회로 등에 공급하기 위하여 사용한다. 직류전원을 얻으려면 일반적으로 배터리와 같은 직류전원을 사용하면 되지만 직류전압의 크기가 변하는 경우의 회로특성을 실험하기 위해서는 배터리만으로는 어렵다. 직류전원의 전압크기를 일정 범위 내에서 자유롭게 가변하여 공급하기 위해서는 그림 1-18과 같은 직류전원 공급장치를 사용한다. 일반적인 직류전원 공급장치는 2개의 직류전원을 공급할 수 있는 출력단자를 가지고 있으며, 보통 20 V 이하의 직류전압을 공급할 때 사용하는 것이 일반적이다. 그림 1-18은 2개의 직류전원 중 왼쪽의 직류전원이 5.0 V로 조정된 상태를 나타내고 있다.

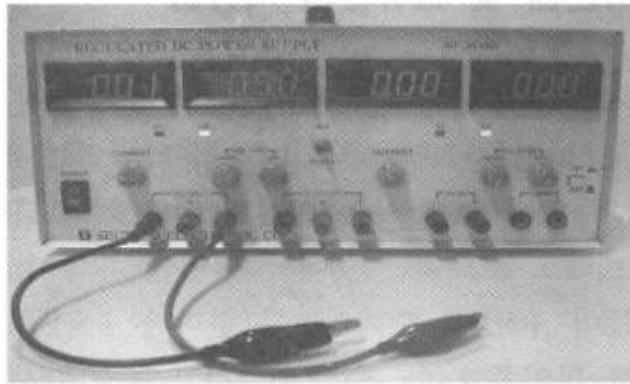


그림 1-18 직류전원 공급장치

1.6 아날로그 랩 유닛

디지털 회로와 전자회로를 실험하기 위하여 5 V, 6 V, 9 V, 12 V, 15 V 등 직류전원을 다양하게 공급할 뿐 아니라 간단한 형태의 신호발생기와 교류전원 등을 포함시켜 실험에 유용하도록 제작한 아날로그 랩 유닛(analog lab unit: ALU)이 최근 다양하게 선보이고 있다. 그림 1-19는 아날로그 랩 유닛의 한 예를 나타낸 것이다. ALU는 브레드 보드와 함께 다양한 직류전원, 기본적인 교류전원, 기본적인 교류신호원, 직류전류계, 다양한 스위치 등을 제공하기 때문에 디지털 회로와 전자회로 실험 등에 상당히 편리하게 사용할 수 있는 기능들이 포함되어 있다.

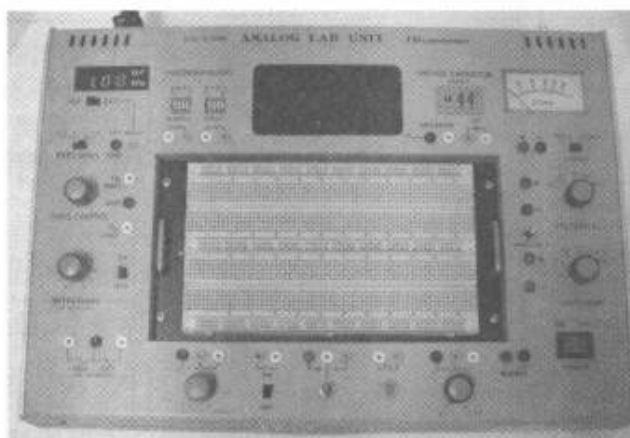


그림 1-19 아날로그 랩 유닛

1.6.1 ALU의 직류전원 및 교류전원 사용법

그림 1-20과 그림 1-21에 ALU의 직류전원을 사용하는 방법을 표시하고 있다. 직류전원을 사용할 때에는 그림 1-20과 같이 사용하고자 하는 직류전압값을 먼저 선택한 후 (+)전원단자와 (-)전원단자를 와이어(wire)로 브레드 보드의 전원 홀에 각각 연결하면 된다. 브레드 보드에는 앞에서 설명한 바와 같이 적색 라인과 청색 라인이 있는데, 예를 들어 +5V를 인가하고자 한다면 +5V를 선택한 후 (+)단자를 브레드 보드의 적색 라인쪽의 한 홀에 연결하고, (-)단자를 청색 라인쪽의 한 홀에 연결하면 된다.

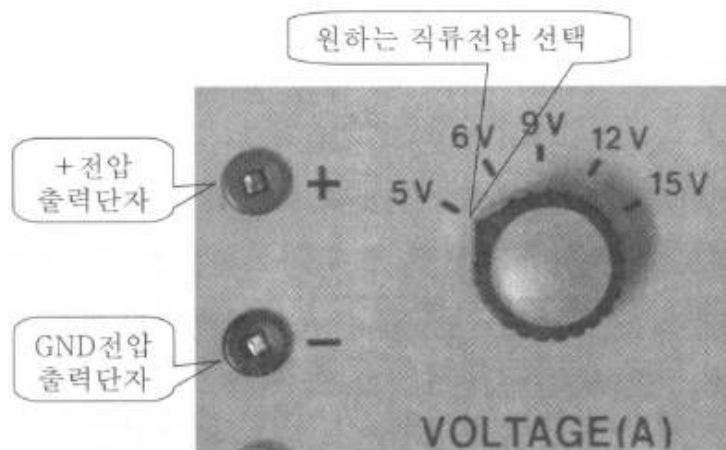


그림 1-20 ALU의 직류전원 사용

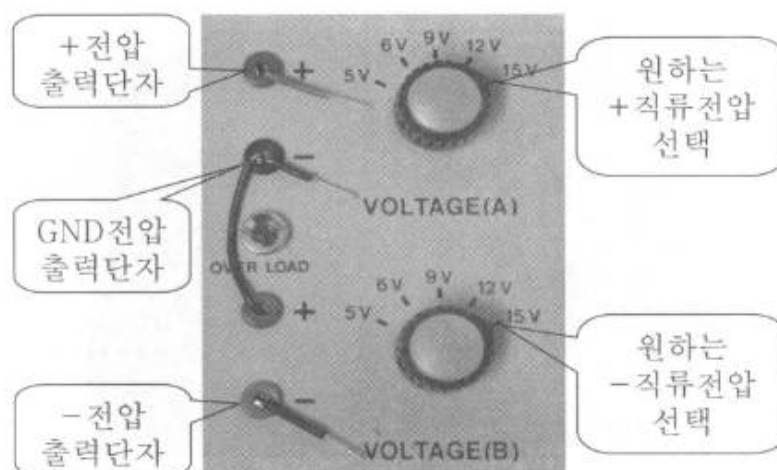


그림 1-21 ALU의 (+/-) 직류전원 사용

전자회로 실험에 따라서는 (+)와 (-)의 직류전원을 동시에 사용하여야 하는 경우가 있다. 예를 들어 OP AMP 실험을 위해서는 +15 V와 -15 V의 직류전원이 동시에 필요하다. ALU에서 제공하는 2개의 직류전원을 그림 1-21과 같이 연결하여 (+)와 (-)의 직류전원을 공급할 수 있다. 예를 들어 +15 V와 -15 V의 직류전원이 필요한 경우 2개의 직류전원의 전압을 우선 모두 15 V로 설정하고, 상단의 직류전원의 (-)전압단자와 하단의 직류전원의 (+)단자를 와이어로 연결하여 이를 접지(GND) 단자로 이용한다. 이와 같이 연결하면 상단의 직류전원의 (+)단자는 +15 V 직류전원단자로 사용할 수 있고, 하단의 직류전원의 (-)단자는 -15 V 직류전원단자로 사용할 수 있다.

그림 1-22에는 ALU에서 사용할 수 있는 간단한 교류전원을 나타내고 있다. 그림 1-22의 예에서는 교류 15 V 2개의 전원을 제공하고 있다. 따라서 가운데 단자와 왼쪽 단자 또는 가운데 단자와 오른쪽 단자를 이용하는 경우 15 V의 교류전원으로 사용할 수 있다. 이와는 달리 가운데 단자를 이용하지 않고 왼쪽과 오른쪽의 양쪽 단자를 이용하는 경우는 30 V의 교류전원으로 사용할 수 있다.

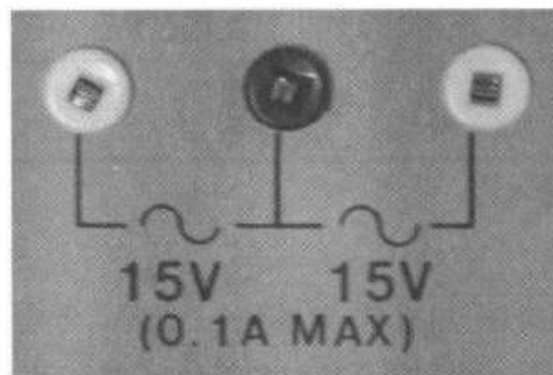


그림 1-22 ALU의 교류전원 사용

1.6.2 ALU의 정현파 및 구형파 신호원 사용법

그림 1-23은 ALU를 이용하여 정현파와 구형파 신호원을 인가하는 것을 나타내고 있다. 정현파와 구형파 신호원의 주파수 범위를 조정할 수 있도록 되어 있으며, 출력전압은 정현파만 조정이 가능하도록 설계되어 있고, 구형파의 출력전압은 고정되어 있다. 예를 들어 정현파를 인가하는 경우 정현파 단자와 GND 단자를 회로에 인가하고, 주파수 조정 손잡이와 출력전압 조정 손잡이를 조정하면 된다. 이는 신호발

생기에서 출력파형의 주파수와 전압크기를 조정하는 것과 유사하다. ALU는 전자회로를 보다 간단히 실험할 수 있도록 하기 위하여 브레드 보드, 신호발생기, 직류전원 공급기, 전류계 등을 하나로 합쳐 놓은 실험장비이다.

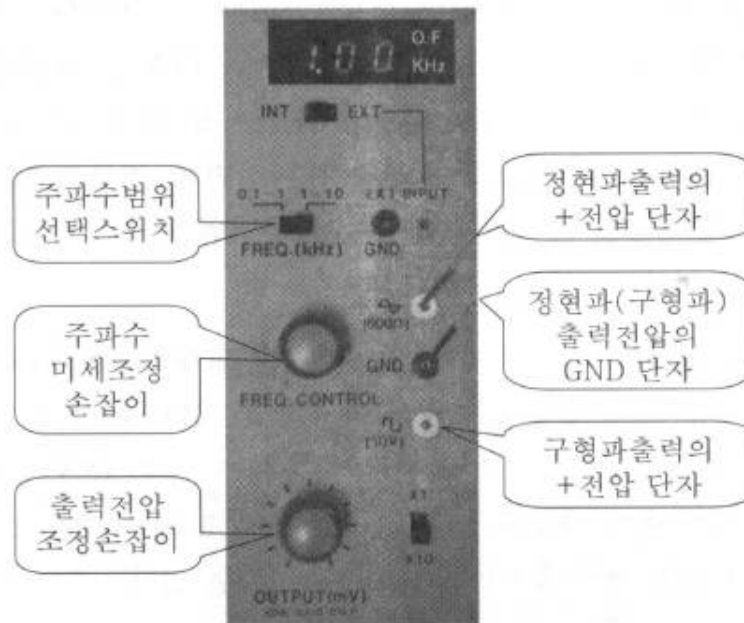


그림 1-23 ALU의 정현파 신호원 사용

1.7 저항 규격 판독법

색저항의 규격을 판독하는 방법을 설명한다. 보통 색저항의 경우 아래의 그림 1-24와 같이 4개의 색띠로 구성되어 있다. 이것들 중에서 앞의 2개는 유효숫자를 표시하고, 세 번째 색띠는 자릿수, 즉 승수를 표시한다. 그리고 마지막 색띠는 저항의 오차를 나타내는데, 이는 금색, 은색, 무색의 3가지로 구별된다.

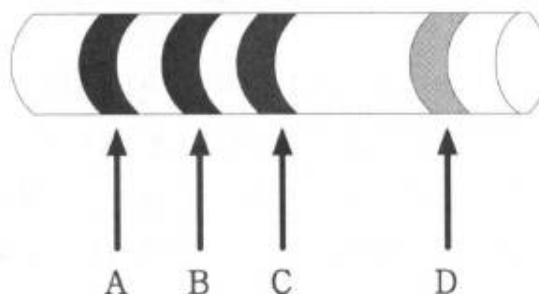


그림 1-24 색 저항

표 1-8 색저항 값

색 상	첫째자리 (A)	둘째자리 (B)	승 수 (C)	오 차 (D)
흑 색	0	0	1	
갈 색	1	1	10	
빨 강	2	2	100	
주 황	3	3	1000	
노 랑	4	4	10000	
녹 색	5	5	100000	
파 랑	6	6	1000000	
보 라	7	7	10000000	
회 색	8	8	100000000	
백 색	9	9	1000000000	
금 색				5 %
은 색				10 %
무 색				20 %

2. 실험 기초 지식

1.1 집적회로의 종류와 특성

IC란 Integrated Circuit을 말하며, 머리글자인 I와 C를 딴 것이다. 이 집적회로는 디지털 게이트(digital gate)의 기능을 수행하는 다이오드, 트랜지스터, 저항, 콘덴서 등의 여러 전자소자를 포함하는 전자회로를 하나의 실리콘 결정의 기판위에 구성하여 반도체 공정을 통해 소형화시킨 것이다.

1.1.1 IC의 종류

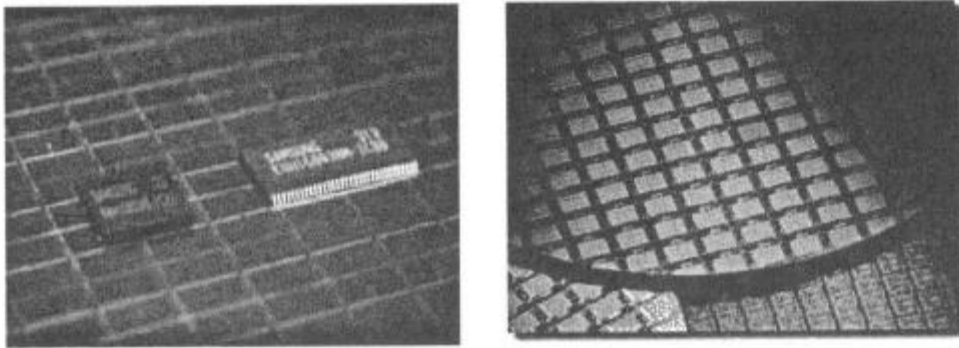
IC를 취급하는 신호의 형태로 분리하면 아날로그 IC와 디지털 IC로 분류된다.

아날로그 IC는 연속적으로 변하는 아날로그 신호를 입력으로 하여 그 파형을 증폭하여 출력하는 기능을 가지므로 리니어 IC라고도 한다. 주로 증폭기 회로에 사용되며, 기본적으로 OP Amp를 들 수 있겠다.

디지털 IC는 어느 기준전압을 설정하여 전압이 낮거나(Low), 높은(High) 2개 상태만을 입출력 전압으로서 다룬다. 즉, 전압이 높은 경우를 "1", 전압이 낮은 경우를 "0"으로 표현한다.

디지털 IC는 제조 공정별로 바이폴라(Bipolar)계와 MOS(Metal Oxide Semi

-conductor)계로 나누어진다. 바이폴라계에는 DTL, TTL, ECL이 있고, MOS계에는 PMOS, NMOS, CMOS가 있다.



❖❖ 그림 1-1 반도체 소자 ❖❖

(1) DTL(Diode Transistor Logic)

DTL은 다이오드와 트랜지스터를 사용하여 논리를 구성하고 있다. 논리 IC의 표준으로서 처음으로 series화 되었지만, 값싸고 성능이 좋은 TTL 양산 후 생산되지 않았다.

(2) TTL(Transistor Transistor Logic)

여러 메이커에서 다양한 IC가 제조되고 있으며, 가격 경쟁력이 있지만, 처리 속도가 느려서 고속 TTL이외에는 CMOS로 바뀌어 가고 있다.

(3) ECL(Emitter Coupled Logic)

이미터 결합에 의해 빠른 고속 동작을 실현하고 있다. 응용은 대형 전자 계산기의 CPU나 주변기기, 계측분야 등 특히 고속 처리가 필요한 분야에 사용된다.

(4) PMOS(P channel Metal Oxide Semiconductor)

P채널의 MOSFET에 의해서 구성된다. 특별히 마이너스 전원을 필요로 하므로, 현재는 사용되지 않는다.

(5) NMOS(N channel Metal Oxide Semiconductor)

N채널의 MOSFET에 의해서 구성된다. CMOS와 비교해서 소비전력이 크기 때문에 제조하지 않는다.

(6) CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)

저소비전력용의 제품에 가장 많이 사용되는 디지털 IC의 주류이다.

① IC의 장점

- 소형 경량이다.(칩화에 기인)
- 신뢰도가 높다.(배선이 짧고 고장이 적다.)
- 대량 생산에 적합하다.(동일 공정에 의한 자동화)
- 가격이 저렴하다.(대량 생산)
- 수리(교환)가 간단하다.(IC소켓을 사용하기 때문)

② IC의 단점

- 전압이나 전류에 약하다.
- 열에 약하다.
- 발진이나 잡음이 나기 쉽다.
- 마찰에 의한 정전기의 영향을 고려해야 하는 등 취급주의가 필요하다.

1.1.2 TTL의 종류 및 특징

(1) 74 Series

Standard TTL, Normal TTL로 불리우며, 시리즈 된 TTL 중 가장 오래된 종류이다. DTL에 비해 동작 속도가 매우 빠르나, 뒤에 나타난 다른 TTL보다 소비전력이 크고, 동작 속도가 늦기 때문에 현재는 많이 사용되지 않는다.

(2) 74S Series

Schottky barrier diode를 사용하므로 S라는 기호가 사용되고 있다. 기본 동작은 74 시리즈와 같으나, 쇼트키 다이오드를 트랜지스터의 컬렉터, 베이스간에 접속한 다이오드 클램프 회로에 의해 고속 동작이 가능하다.

(3) 74LS Series

이것은 74S 시리즈의 소비전력을 내리는 것을 목적으로 개발되어, 저전력 쇼트키(Low power schottky)에서 LS의 기호를 사용하며, 일반적으로 가장 많이 사용

되고 있다. 저전력 위주로 만들었기 때문에 74S 시리즈에 비해 속도는 많이 떨어지며, 74S 시리즈와 구조상 큰 차이는 입력부에 멀티 이미터형의 트랜지스터를 사용하지 않고 쇼트키 다이오드를 사용하였다.

(4) 74F Series

F(fast)는 고속의 TTL이다. 74S 시리즈의 동작속도, 소비전력을 개선하는 것을 목적으로 페어차일드(Fairchild)사가 개발한 것이다.

(5) 74ALS Series

개량된 저전력 쇼트키(Advanced Low Power Schottky)이다. 74S의 속도를 개선할 목적으로 개발되었다. 그 결과 74S에 비해 동작속도는 조금 개량되었으며, 소비전력이 대단히 작은 TTL이 되었다.

(6) 74AS Series

개량된 쇼트키(Advanced Schottky)로 TI사가 개발하였다.

1.1.3 CMOS IC의 종류 및 특징

TTL에 비해 소비전력이 보통 10배 정도 작다. TTL보다 동작전원 범위(3~18[V])가 넓다. 노이즈에 대해서 강하며 처리속도가 많이 개선되었다.

(1) 4000B Series

가장 표준적인 CMOS IC로 동작속도가 74HC 시리즈에 비해 약 10배 정도 느리고, 인터페이스, 핀 배치 등도 TTL 시리즈와는 다르다. 또 래치업, 정전파괴 등의 문제도 있어 사용하기 어려우나, 동작 전원의 상한이 15[V]이상 사용할 수 있기 때문에 다른 CMOS IC와 비교해서 매우 높고, 저속, 높은 잡음 여유도를 갖는 분야에서는 현재에도 사용되고 있다.

(2) 74HC Series

고속 CMOS(High Speed CMOS)라고 하며, TTL의 74LS 시리즈의 성능을 소비 전력은 물론, 동작속도면에서 상회하는 CMOS IC이다. 또한 4000B에 비해 래치업,

정전파괴에 대한 개선이 이루어지고 있다. 74 시리즈와 동일 스타일명, 핀배치를 사용하고 있기 때문에 중속도 분야에서는 74LS 시리즈로 바꾸어 주력 IC가 되어 가고 있다.

(3) 74AC Series

개발된 CMOS 시리즈로 초고속 IC이다. 같은 AC 시리즈라도 메이커에 따라 핀배치가 다른 것이 있다는 것에 주의할 필요가 있다.

1.1.4 TTL과 CMOS의 비교

(1) TTL(Transistor transistor logic)

내부 소자가 바이폴라 트랜지스터로 구성되어 있다.

① High level 전압 범위 : $2.4 \sim 5.0[V]$ 또는 '1'

② Low level 전압 범위 : $0 \sim 0.8[V]$ 또는 '0'

(2) CMOS(Complementary metal oxide semiconductor)

내부 소자가 MOSFET로 구성되어 있다.

① High level 전압 범위 : $0 \sim 1/3V_{DD}[V]$ 또는 '1'

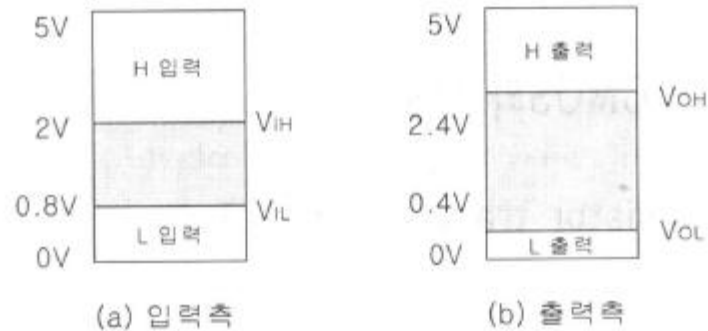
② Low level 전압 범위 : $2/3V_{DD} \sim V_{DD}[V]$ 또는 '0'

표 1-1 TTL과 C-MOS의 장단점

종류	TTL	C-MOS
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 전달속도가 빠름 · 출력 분기수가 큼 · 소비전력이 비교적 적음 · DTL과 혼용 가능 · 품종계열이 많음 · 집적도가 높음 	<ul style="list-style-type: none"> · 소비전력이 극히 적음 · P-MOS보다 고속 · 저전압에서 동작 · 잡음 여유도가 큼 · 출력 분기수가 큼 · 전원전압 범위가 넓음
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 잡음 여유도가 적음 · 온도에 따라 게이트나 드레시홀드 전압이 크게 변함 	<ul style="list-style-type: none"> · 제조 공정이 복잡함 · 고가 · 출력 임피던스가 큼

(3) TTL의 입출력의 논리레벨

TTL소자류의 유효 입력과 출력 전압레벨은 그림 1-2에 나타냈다. 여기서 High 레벨이 되기 위한 입력 전압은 2~5[V]까지의 전압영역이며, Low 레벨이 되기 위한 입력 전압은 0~0.8[V]까지이다. 또한 출력전압 레벨은 High 레벨이 되기 위해서는 2.4~5[V], Low 레벨이 되기 위해서는 0~0.4[V]의 전압영역까지이다.



❖❖ 그림 1-2 TTL의 유효 전압 레벨 범위 ❖❖

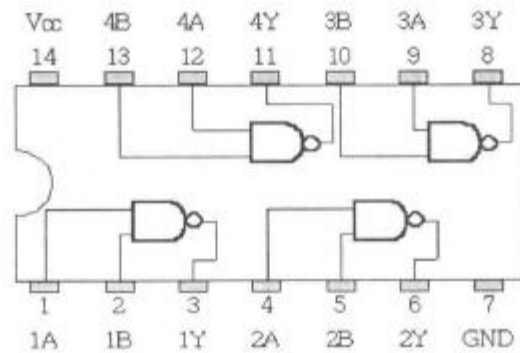
(4) 잡음여유도

출력전압과 입력전압과의 전압차이(그림 1-2 참조)

- ① High 레벨 잡음여유도(NMH : noise margin high) : $V_{OH} - V_{IH}$
- ② Low 레벨 잡음여유도(NML : noise margin low) : $V_{OL} - V_{IL}$

1.1.5 집적도(Level of integration)

단위 Si칩에 집적할 수 있는 게이트의 수, 즉 집적도에 따라 SSI, MSI, LSI, VLST 등으로 분류된다.



❖❖ 그림 1-3 반도체 소자 핀 배치도(예, NAND 게이트) ❖❖

☆ 집적회로의 발전

- 1세대 : SSI(Small Scale Integration)
- 2세대 : MSI(Medium Scale Integration)
- 3세대 : LSI(Large Scale Integration)
- 4세대 : VLSI(Very Large Scale Integration)

(1) SSI(Small scale integrated circuit : 소규모 집적회로)

내장한 게이트의 수는 대체로 100개 이하이며, 입력과 출력은 핀에 직접 접속하므로 IC에서 이용할 수 있는 핀의 수는 제한된다.

(2) MSI(Medium scale integrated circuit : 중규모 집적회로)

내장한 게이트의 수는 단위 패키지 내에 대략 100에서 1000개의 게이트를 내장하므로, 복잡한 구조를 가지며, 대체로 특정 디지털 함수(digital function), 디코더(decoder), 가산기(adder), 레지스터(register) 등으로서의 기능을 수행한다.

(3) LSI(Large scale integrated circuit : 대규모 집적회로)

내장한 게이트의 수는 단위 패키지당 수천에서 수십만개의 게이트를 내장하고 마이크로 프로세서(micro processor), 기억장치(memory), 프로그램 모듈(program-mable module) 등과 같은 디지털 시스템(digital system)을 포함한다.

(4) VLSI(Very large scale integrated circuit : 초대규모 집적회로)

내장한 게이트의 수는 단위 패키지당 수십만에서 1백만개의 게이트를 내장하고,

좀더 복잡하고 발전된 형태의 마이크로 프로세서, 기억장치, 프로그램 모듈 등과 같은 디지털 시스템을 포함한다.

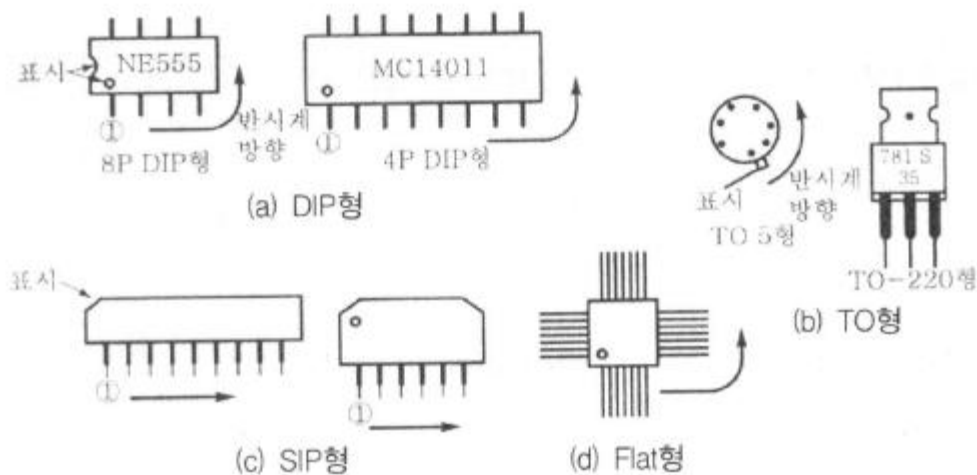
(5) ULSI(Ultra large scale integrated circuit : 극초대규모 집적회로)

내장한 게이트의 수는 단위 패키지당 1백만개 이상의 게이트를 내장하고 있으며, 최근에 실용화되고 있다.

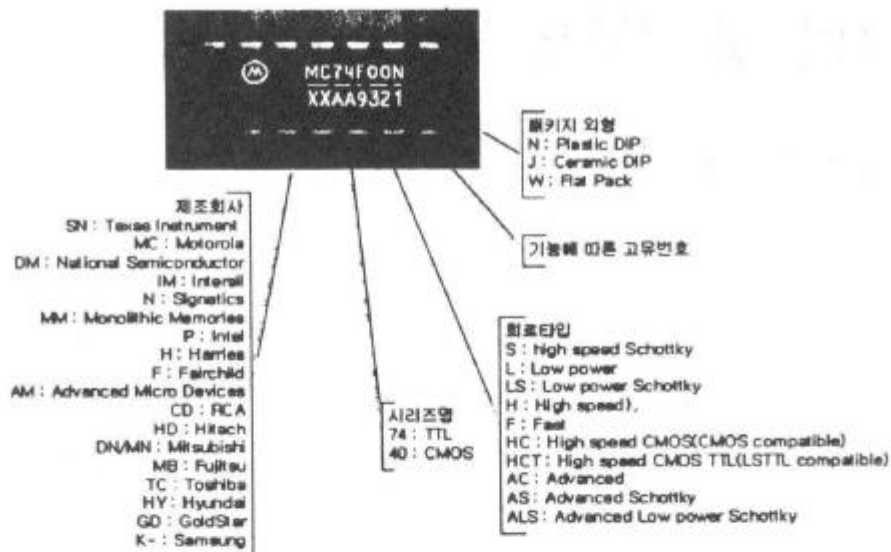
1.1.6 실장(package) 방식

IC의 실장 방식은 대략 3가지로 나누어진다. 즉 DIP(Dual-in-line package)형, 평판(Flat package)형, 캔(TO-5)형 및 Flat형이 있다.

DIP형은 플라스틱 혹은 세라믹 외장의 옆방향으로 나온 단자핀들을 직각으로 구부려서 기판의 구멍에 삽입이 용이하도록 한 것이며, 평판형은 플라스틱 외장에 같은 평면의 옆방향으로 단자핀들이 나와 있어서 PCB 기판 위에 부착이 용이한 형태이다. TO-5형은 트랜지스터의 경우와 같이 원통형의 얇은 금속용기 밑으로 단자가 나와 있다.



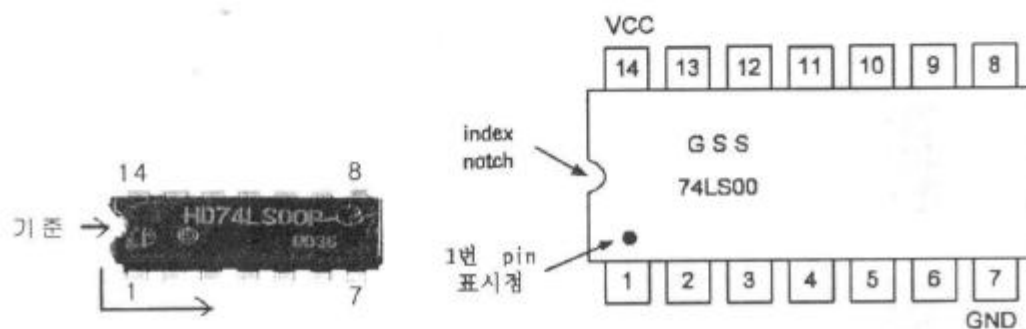
❖❖ 그림 1-4 집적회로 패키지 타입 ❖❖



❖❖ 그림 1-5 TTL 패밀리 이름 규칙 ❖❖

1.1.7 IC의 핀(Pin)번호

74 시리즈 IC의 핀번호는 정면에서 반시계방향에 배치되어 있다. 1번 핀과 14번 핀 사이에 index notch(기준점)와 1번 핀 상단에 점으로 나타난 하단부터 1번으로 반시계 방향으로 읽는다.



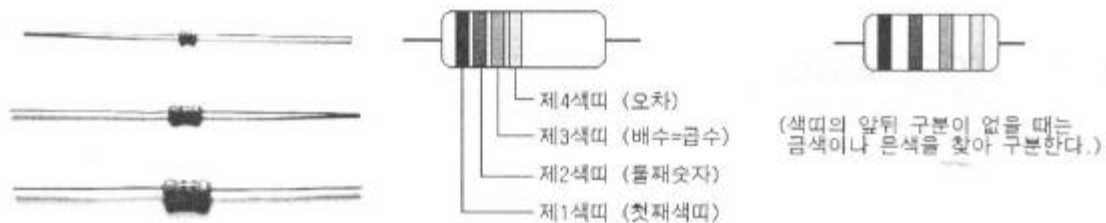
❖❖ 그림 1-6 핀 읽는 법 ❖❖

1.2 저항 및 콘덴서

1.2.1 저항값 읽는 법

저항기는 전기전자 기기의 내부에서 전류에 의한 전압강하를 이용하기 위한 회로의 수동소자로서 저항값이 고정되어 있는 고정저항과 축을 회전시키거나 섭동자(Slider)를 이동시켜 저항값을 변화시키는 가변 저항으로 분류될 수 있다.

고정저항으로는 탄소피막저항, 솔리드저항, 금속피막저항, 권선저항 등이 있으며, 가변저항은 탄소피막형 가변저항, 반고정저항 등이 있다. 저항은 전해콘덴서나 트랜지스터 등과 달리 극성이 없으므로 취급하기 쉽다.



❖❖ 그림 1-7 저항의 색띠 ❖❖

표 1-2 고정 저항 판별법

색 상 COLOR	저 항 한 산 표			
	첫째 수	둘째 수	셋째 수(곱하는 수)	오차표시
검 정(흑색)	0	0	1	
밤 색(갈색)	1	1	10	
빨 강(적색)	2	2	100	
주황색(동색)	3	3	1000	
노 랑(황색)	4	4	10000	
초록색(녹색)	5	5	100000	
파랑색(청색)	6	6	1000000	
보라색(자색)	7	7	10000000	
회 색(회색)	8	8	100000000	
흰 색(백색)	9	9	1000000000	
금 색			0.1	± 5%
은 색			0.01	± 10%
무 색				± 20%

예) 청회금금 → $68 \times 10^{-1} = 6.8[\Omega] \pm 5[\%]$

녹청갈금 → $56 \times 10^1 = 560[\Omega] \pm 5[\%]$

1.2.2 콘덴서값 읽는 법

콘덴서는 정전용량을 갖는 수동소자로서 두 전극 극판 사이에 유전체를 삽입한 구조이고, 삽입한 유전체의 물질에 따라 종이 콘덴서, 플라스틱 필름 콘덴서, 운모 콘덴서, 세라믹 콘덴서, 전해 콘덴서 등으로 분류된다.

유전체 물질 중 플라스틱은 고분자 물질로 폴리에스터, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET) 등이 사용되고, 세라믹 물질로는 티탄산 바륨, 산화티탄 등이 주로 사용되고 있다.

전해콘덴서에는 정전용량과 정격전압과 극성이 표시되지만 마일라와 세라믹 콘덴서에는 숫자로서 그 값을 나타낸다. 앞의 두자리는 유효숫자, 세번째 자리는 승수, 오차를 나타내는 J는 $\pm 5\%$, K는 $\pm 10\%$, M은 $\pm 20\%$ 이내를 나타낸다.

정격전압으로 다음 표에서 알 수 있다. 예로 2H는 정격전압이 500[V]를 의미하며, 정격전압은 흔히 생략하고 기본단위는 [pF]이 사용된다. 정격전압은 W 또는 WV(Working voltage)로 표시하는 경우도 있다.

콘덴서는 제조회사에 따라 표시 방법이 다소 다르지만, 일반적으로 정전용량, 허용오차, 정격 사용전압 등의 수치나 기호가 표시되어 있고 그 밖에 온도 특성이나 전기적 특성, 형명 등을 표시하기도 한다.



❖❖ 그림 1-8 콘덴서의 표시 ❖❖

표 1-3 콘덴서의 허용 오차

문자	C	D	F	G	J	K	M	N
허용 오차 [%]	± 0.25	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20	± 30

표 1-4 콘덴서의 정격전압

문자 10의 배수	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0	1	1.25	1.6	2.0	2.5	3.15	4.0	5.0	6.3	8.0
1	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
2	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800

- 예 102J 1K $\rightarrow 10 \times 10^2[\text{pF}] \pm 5[\%]$ 정격전압 80[V]
 473J 2D $\rightarrow 47 \times 10^3[\text{pF}] \pm 5[\%]$ 정격전압 200[V]
 104K 2H $\rightarrow 10 \times 10^4[\text{pF}] \pm 10[\%]$ 정격전압 500[V]
 222K 3C $\rightarrow 22 \times 10^2[\text{pF}] \pm 10[\%]$ 정격전압 1600[V]

1.3 실험과 실습에 임하는 기본 자세

우리들이 일상 생활을 할 때에 여러 방면에서 여러 가지 형태로 전기를 사용하고 있다. 이와 같이 많이 사용하고 있는 전기를 대부분의 사람들은 무섭고 또 전문가만이 취급하는 것으로 인식하고 있다. 그러나 전기는 그 이론을 알고 보면 만 분야의 기술보다 매우 쉬운 것이다.

이 책에서는 전기의 이론을 실제 실험과 실습을 통해서 관찰해 보고 전기를 익숙하게 다루는 방법을 습득하며, 재미있는 전기 응용실습을 통해 전기와 친숙하게 되는 계기를 마련하고자 한다. 대상에 변화를 일으키게 하여 관찰하는 실험과 기능을 숙달하게 하는 실습은 심리적, 또는 운동적 영역을 길러주고, 좋은 일의 습관을 길러 주는 측면에서도 중요하다.

이와 같은 중요한 실험 실습을 하기 위하여 다음과 같은 점에 유의해야 한다.

- ① 실험과 실습의 목적, 원리 및 방법 등에 대한 충분한 예비 지식을 가진다.
- ② 실험과 실습 중에 나타나는 여러 가지 현상 등을 주의 깊게 관찰하고 기록하는 습관을 가진다.
- ③ 실험과 실습 중에 이상이 있을 경우에는 즉시 중지하고, 그 원인을 파악한 후 다시 실습을 한다.
- ④ 열심히 적극적으로 그리고 차분히 실험과 실습에 임한다.

- ⑤ 실험과 실습중에는 특히 안전 사고 예방에 힘쓰고 기계, 기구를 바르게 취급하는 태도와 정리, 정돈하는 습관을 가진다.
- ⑥ 실험과 실습의 결과에 대한 분석, 설명, 활용에 등을 알고 있는가를 확인한다.

1.4 안 전

1.4.1 안전 교육의 중요성

안전 교육이란 작업을 안전하게 하고, 안전에 관한 모든 지식이나 기술, 태도를 교육하는 것으로 정의할 수 있다. 안전 교육의 목적은 재해를 예방하는데 있다. 안전에 대한 지식이나 기술, 태도는 가르치고 배워야 하며, 또한 이해하고 준수하고 연습해야 행동으로 나타날 수 있다.

안전 사고는 방심이나 자만에서 일어나는 경우가 많으며, 특히 실험 실습은 전기나 화학 물질 등에 의한 위험이 많으므로 안전 교육은 무엇보다 우선하여 행하여야 할 것이다.

학교 실험 실습에 있어서는 대부분 저전압, 소전류 상태에서 하기 때문에 안전에 소홀히 하는 경우가 많은데, 이는 후일 현장에서의 위험을 초래하는 원인이 되므로 학교에서부터 철저히 안전에 대한 제반 규칙을 지켜 안전한 습관과 태도를 기르도록 해야 한다.

1.4.2 전기 안전

(1) 감전 원인

감전이란, 인체에 전류가 흐름으로써 신경과 그 밖의 기관을 자극하거나 손상을 입히는 것을 말한다. 그 원인으로는 전기 기기 및 기구 등의 충전 부분이 노출되어 접촉한 경우, 전기 배선의 절연 피복 손상과 같은 불안정한 시설 및 기계 기구의 고장으로 누전되고 있는 금속 부분에 접촉한 경우, 고전압의 안전 거리 이내 접근으로 인한 아크 방전에 의한 것, 2인 이상의 작업시 의사 소통이 잘못되어 감

전되는 경우 등을 들 수 있다.

그 위험도는 전류의 양, 전원의 종류, 감전 시간, 인체 내의 충전 경로, 인체의 조건에 따라 다르나, 인체 내에 흐르는 전류의 크기에 따라 감전의 영향을 구분한다.

- ① 피부에 전류를 느낄 수 있는 정도 : 교류 1[mA], 직류 5[mA]
- ② 근육 수축이 심해 의사대로 행동 못함 : 교류 15[mA], 직류 70[mA]
- ③ 생명 위험, 심장 수축 운동 불규칙 : 교류 20[mA], 직류 50[mA]
- ④ 치명적인 결과 : 100[mA] 이상

이상은 개략적인 수치이며, 인체에 220[V]의 전압이 접촉되어 20[mA] 이상의 전류가 흐르게 되면 매우 위험하여 치명적일 수도 있다. 실제 110[V]일 경우라도 단시간(0.3초 이내)에 40[mA] 정도의 전류로 사망할 수도 있다.

(2) 감전 방지 대책

감전 사고를 예방하기 위해서는 위와 같은 사고 원인들을 제거하고, 다음 사항을 유의해야 한다.

- ① 전기 설비의 철저한 점검
- ② 전기 기기 및 장비의 철저한 점검과 정비
- ③ 작업자에 대한 안전 교육
- ④ 전기 기기의 위험 표시
- ⑤ 절연 보호구의 사용
- ⑥ 허가자 이외의 전기 기기 및 기구에 대한 접촉 엄금

(3) 안전을 위한 수칙

학생들이 실험 실습실에서 안전에 대한 지식과 태도를 가지도록 하는 데 도움이 되는 일반적 수칙은 다음과 같다.

- ① 모든 작업을 하기 전에 기기 및 기구의 상태를 잘 점검한다.
- ② 작업은 모든 기기들이 정돈된 상태에서 이루어져야 한다. 그렇지 않을 경우에는 결선의 단락 및 전기 충격 사고 등의 원인이 된다.

- ③ 작업은 물에 젖어 있는 바닥에서 해서는 안 된다. 접촉 저항의 감소로 감전의 위험이 따르기 때문이다.
- ④ 기기의 안전 장치를 함부로 만지지 않는다.
- ⑤ 실험과 실습에 알맞은 복장을 착용한다.
- ⑥ 작업 방법을 정확히 알고 적합한 공구를 사용해야 한다.
- ⑦ 작업하는 동안은 가능한 한 전원 장치의 감시를 위한 별도의 사람을 배치하는 것이 바람직하다.
- ⑧ 작업 중에는 필요 없는 말을 하지 않는다.
- ⑨ 모든 일은 서두르지 말고 침착하게 해야 한다.
- ⑩ 사용 후에는 기계를 깨끗이 한다.
- ⑪ 기기를 사용한 후에는 원위치에 보관한다.
- ⑫ 작업중 사고가 발생할시는 즉시 보고한다.
- ⑬ 감전 사고는 전원부터 차단한다.

1.5 특수문자, 단위량계

1.5.1 MKS 단위계의 기본 단위

물 리 량	기 호	단 위	단위의 약자
길 이	<i>l</i>	미터(meter)	m
질 량	m	킬로그램(kilogram)	kg
시 간	t	초(second)	s
온 도	T	켈빈온도(kelvin)	K
전 류	I	암페어(ampere)	A

대문자	소문자	발음기호	대문자	소문자	발음기호
A	a	alpha	N	ν	nu
B	β	beta	Ξ	ξ	xi
Γ	γ	gamma	O	o	omicron
Δ	δ	delta	Π	π	pi
E	ε	epsilon	P	ρ	rho
Z	ζ	zeta	Σ	σ	sigma
H	η	eta	T	τ	tau
Θ	θ	theta	Y	υ	upsilon
I	ι	iota	Φ	ϕ	phi
K	κ	kappa	X	χ	chi
Λ	λ	lambda	Ψ	ψ	psi
M	μ	mu	Ω	ω	omega

1.5.3 표준 10진 접두어

수 값	약 자	접 두 어	읽 기
$1,000,000,000,000,000 = 10^{18}$	E	exa	엑사
$1,000,000,000,000,000 = 10^{15}$	P	peta	페타
$1,000,000,000,000 = 10^{12}$	T	tera	테라
$1,000,000,000 = 10^9$	G	giga	기가
$1,000,000 = 10^6$	M	mega	메가
$1,000 = 10^3$	k	kilo	킬로
$100 = 10^2$	h	hecto	헥토
$10 = 10^1$	da	deka	데카
$0.1 = 10^{-1}$	d	deci	데시
$0.01 = 10^{-2}$	c	centi	센티

수 값	약 자	접 두 어	읽 기
$0.001 = 10^{-3}$	<i>m</i>	milli	밀리
$0.000\ 001 = 10^{-6}$	μ	micro	마이크로
$0.000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	<i>n</i>	nano	나노
$0.000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	<i>p</i>	pico	피코
$0.000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	<i>f</i>	femto	펨토
$0.000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	<i>a</i>	atto	아토

1.6 실험보고서 작성 요령

- ① 실험 목적
- ② 이론 또는 원리
- ③ 실험방법 및 회로도
- ④ 사용기구 및 부품
- ⑤ 실험결과
- ⑥ 검토 및 결론
 - 실험결과에 대한 검토사항
 - 실험을 통해 얻은 제반 현상과 분석
- ⑦ 문제풀이 : 교과서의 연습문제 풀이
- ⑧ 참고자료

예 홍길동, “디지털공학”, pp.56-70, 길동출판사, 1998
- ⑨ 겉표지는 다음과 같이 작성하고 내용은 위와 같은 순서에 입각하여 정리하여 제출한다.

디지털 회로 실험 보고서

제목 : 제1장 AND, OR, NOT 게이트 실험

담당교수 : 박 문 수

학 반 : 1학년 A반

학 번 : 0011010

성 명 : 홍 길 동

제 출 일 : 00년 0월 0일