

## CHAPTER 1. 기초 소자 이론

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1-2. 정격과 특성 표시.....             | 3  |
| 1-2-1. 색에 의한 표시.....            | 3  |
| 1-2-2. 문자에 의한 표시.....           | 4  |
| 1-2-3. 허용차의 문자 기호.....          | 5  |
| 1-3. 기초소자 사용 및 특성.....          | 5  |
| 1-3-1. 저항기.....                 | 5  |
| 1-3-2. 콘덴서.....                 | 16 |
| 1-3-3. 스위치.....                 | 24 |
| 1-3-4. 다이오드.....                | 28 |
| 1-3-5. LED와 7-Segment(FND)..... | 35 |
| 1-3-6. 트랜지스터와 FET.....          | 39 |
| 1-3-7. FET.....                 | 37 |

## CHAPTER 2. 측정장비

|                   |    |
|-------------------|----|
| 2-1. 직류전원장치.....  | 52 |
| 2-2. 오실로스코프.....  | 55 |
| 2-3. 함수발생기.....   | 59 |
| 2-4. 주파수카운터.....  | 64 |
| 2-5. AC 레벨미터..... | 69 |

## CHAPTER 3. 기초디지털 IC 회로

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3-1. 기본논리(logic) 회로..... | 77 |
| 3-1-1. AND 게이트.....      | 77 |
| 3-1-2. OR 게이트.....       | 78 |
| 3-1-3. NOT 게이트.....      | 79 |
| 3-1-4. NAND 게이트.....     | 80 |
| 3-1-5. NOR 게이트.....      | 81 |
| 3-1-6. EX-OR 게이트.....    | 84 |
| 3-2. 플립플롭 회로.....        | 85 |
| 3-2-1. R-S 플립플롭.....     | 85 |
| 3-2-2. RST 플립플롭.....     | 85 |
| 3-2-3. T 플립플롭.....       | 86 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 3-2-4. D 플립플롭.....   | 86 |
| 3-2-5. J/K 플립플롭..... | 87 |

## CHAPTER 4. 통신회로실습을 위한 기본이론

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 4-1. 옴의법칙 실험.....                | 89 |
| 4-2. 기본논리회로.....                 | 90 |
| 4-3. 다양한 조합논리회로.....             | 94 |
| 4-2. 구형파 발생회로.....               | 96 |
| 4-4-1. 74LS00을 이용한 구형파 발생회로..... | 96 |
| 4-4-2. NE555를 이용한 구형파 발생회로.....  | 98 |

## CHAPTER 5. 유선통신 회로 실습

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5-1. BCD 회로설계 및 측정.....     | 101 |
| 5-2. DEVIDER 회로설계 및 측정..... | 112 |
| 5-3. 카운터 회로설계 및 측정.....     | 122 |
| 5-4. 순차점멸 회로설계 및 측정.....    | 131 |
| 5-5. DATA검색 회로설계 및 측정.....  | 143 |
| 5-6. 함수발생신호 회로설계 및 측정.....  | 156 |
| 5-7. PWM 변조 회로설계 및 측정.....  | 165 |
| 5-8. PAM 변조 회로설계 및 측정.....  | 172 |
| 5-9. A/D 변환 회로설계 및 측정.....  | 180 |
| 5-10. ASK 변조 회로설계 및 측정..... | 188 |

## 참고문헌

## CHAPTER 1. 기초 소자 이론

MEMO

### 1-2. 정격과 특성 표시

✓. 정보통신 회로에서는 부품의 크기와 범위를 표시하기 위해 몇 가지 식별 부호를 가지고 구분한다. 그 중 정격전력, 정격전압, 저항값 및 허용 오차를 문자와 색을 이용하여 표시한다.

#### 1-2-1. 색에 의한 표시

✓. 색에 따른 숫자와 허용오차의 관계는 아래와 같다.

| 색 상 | 숫 자 | 10의 배수    | 허용차(%)   |
|-----|-----|-----------|----------|
| 검정색 | 0   | $10^0=1$  | $\pm 20$ |
| 갈 색 | 1   | $10^1$    | $\pm 1$  |
| 적 색 | 2   | $10^2$    | $\pm 2$  |
| 주황색 | 3   | $10^3$    | $\pm 5$  |
| 황 색 | 4   | $10^4$    | —        |
| 녹 색 | 5   | $10^5$    | $\pm 5$  |
| 청 색 | 6   | $10^6$    | —        |
| 보라색 | 7   | $10^7$    | —        |
| 회 색 | 8   | —         | —        |
| 흰 색 | 9   | —         | —        |
| 금 색 | —   | $10^{-1}$ | $\pm 5$  |
| 은 색 | —   | $10^{-2}$ | $\pm 10$ |
| 없 음 | —   | —         | $\pm 20$ |

MEMO

1-2-2. 문자에 의한 표시

√. 문자의 순서에 따라 정격값을 표시하는 문자 기호는 아래와 같다.

| 제 1 문자 | $10^a$ | 제 2 문자 | (기본수) |
|--------|--------|--------|-------|
| 0      | $10^0$ | A      | 1     |
| 1      | $10^1$ | B      | 1.25  |
| 2      | $10^2$ | C      | 1.6   |
| 3      | $10^3$ | D      | 2     |
| 4      | $10^4$ | E      | 2.5   |
| 5      | $10^5$ | F      | 3.15  |
| 6      | $10^6$ | G      | 4     |
| 7      | $10^7$ | H      | 5     |
| 8      | $10^8$ | J      | 6.3   |
| 9      | $10^9$ | K      | 8     |

### 1-2-3. 허용차의 문자 기호

✓. 1개의 영문자로 공칭 저항값과 정전용량에 대한 허용차를 표시하는 문자 기호는 아래와 같다.

| 문자기호 | 허용차        |
|------|------------|
| B    | $\pm 0.1$  |
| C    | $\pm 0.25$ |
| D    | $\pm 0.5$  |
| F    | $\pm 1$    |
| G    | $\pm 2$    |
| J    | $\pm 5$    |
| K    | $\pm 10$   |
| L    | $\pm 15$   |
| M    | $\pm 20$   |
| N    | $\pm 30$   |

### 1-3. 기초소자 사용 및 특성

#### 1-3-1. 저항기

##### 가. 저항이란?

✓. 전기의 흐름을 방해하여 전기가 잘 흐르지 못하게 하는 것을 말한다. 물질은 자유전자의 이동에 따라 전기적인 성질을 가지게 되는데 자유전자가 그 물질을 통과할 때 물질을 구성하고 있는 원자에 의해 흐름을 방해받게 되는데 이것이 저항이다. 전자의 이동이 전류이라고 할 때 전류의 흐름을 억제하는 기능을 가지고 있는 것이며 어떤 물질 내부에 자유전자가 이동하게 되면 전자(電子Electron)는 전기적 성질을 갖기 때문에 전류의 흐름이 된다.

즉 전류는 단위시간당 이동하는 전자의 수에 따르고 1초 동안에  $6.28 \times 10^{18}$ 개의

## MEMO

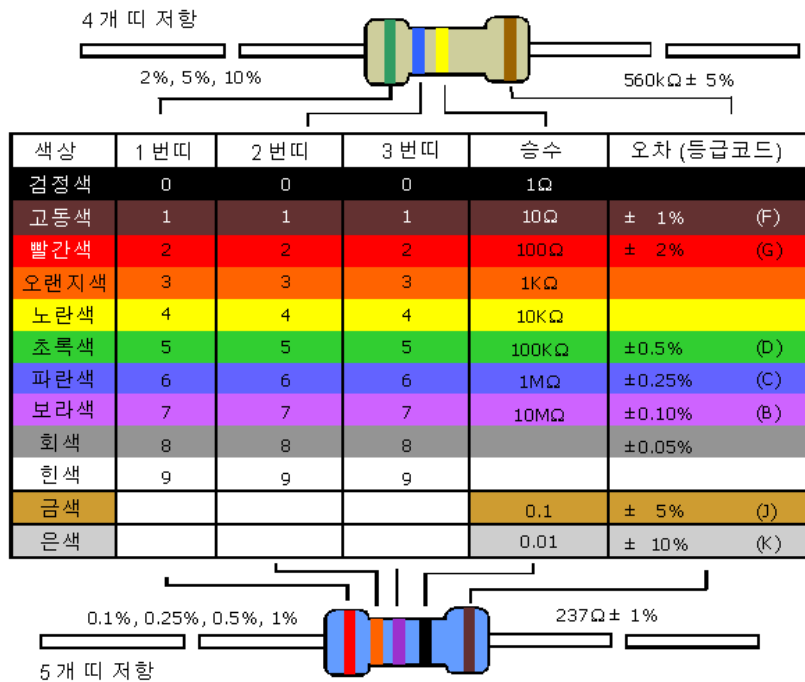
전자가 이동하면 1 암페어(Ampere)가 흐른다고 하며 기호로는 1[A]로 표시된다. 그러나 물질내부에는 그물질을 구성하는 원자가 있으므로 결국 이 자유전자들은 이 원자들 틈새를 이동해야 하므로 이동하는데 방해가 받는다. 이렇게 전자의 이동을 방해하는 성질을 저항(Resistance)이라고 한다.

#### 나. 저항의 종류 및 특성

✓. 전류의 흐름을 어느 정도 억제하는가에 따라 부도체, 반도체, 도체로 구분할 수 있고 저항값이 크다 또는 작다고 할 수 있다. 저항이 전류를 방해하는 성질 때문에 저항을 사용하여 원하는 전류를 얻는 것이 가능하기 때문에 저항을 이용한다. 전자 회로에서의 저항은 전류의 흐름을 조절 또는 억제하는 역할을 한다. 저항은 전기의 흐름을 적절히 조절하며, 저항 값이 클수록 전기를 적게 흐르게 한다. 저항은 만드는 재료의 종류에 따라 탄소형, 금속 피막형 등이 있으며 저항은 극성이 없다. 저항은 쓰이는 용도에 따라 일반 저항과 보다 정밀한 저항으로 나누어 볼 수 있다.

#### 다. 저항 읽는 방법

✓. 대부분의 저항은 2개의 다리(lead)가 달려있는 원통형으로 되어 있다. 이러한 형태의 저항은 크기가 작아 숫자로 용량을 표시하기 곤란하므로 컬러 코드와 색띠로 용량을 표시한다. 그러므로 일부 저항을 제외한 저항의 수치를 읽으려면 반드시 아래에 설명하는 컬러코드를 이해하여야 한다. 이 컬러코드는 저항의 정밀도에 따라 4색대 또는 5색대로 되어 있으며 각각의 색상은 아래와 같은 값을 나타낸다.  
이 저항컬러코드표에 대조하여 여러 가지 저항들을 읽을 수 있다. 아래의 표는 일반저항과 정밀저항의 사례이다.



[저항의 컬러 코드에 따른 값]

✓. 일반저항(4색대 저항)



- 1색대 - 노란색 : 4  
 2색대 - 보라색 : 7  
 3색대 - 빨강색 : 승수 10<sup>2</sup>  
 4색대 - 금색 : 허용오차 ±5%(J)

$$\boxed{\text{첫번째 색}} \boxed{\text{두번째 색}} \times 10^{\boxed{\text{세번째 색}}} = \boxed{\text{저항값}}$$

$$\boxed{4} \boxed{7} \times 10^{\boxed{2}} = \boxed{4700}$$

MEMO

√. 이 저항은  $4700\Omega$ 의 값을 가지며 허용 오차는  $\pm 5\%$ 이다. 그런데, 저항에서는  $4700\Omega$ 이라고 표기하지 않으며  $4.7k\Omega$ 이라고 한다.

√. 정밀 저항 (5색대 저항)



- 1색대 - 빨강색 : 2
- 2색대 - 주황색 : 3
- 3색대 - 보라색 : 7
- 4색대 - 검정색 : 100
- 5색대 - 갈색 :  $\pm 1\%(F)$

$$\boxed{\text{첫 번째 색}} \boxed{\text{두 번째 색}} \boxed{\text{세 번째 색}} \times 10^{\boxed{\text{네 번째 색}}} = \boxed{\text{저항 값}}$$

$$\boxed{2} \boxed{3} \boxed{7} \times 10^{\boxed{0}} = \boxed{237}$$

√. 위의 저항은  $237\Omega$ 의 값을 가지며 허용 오차는  $\pm 1\%$ 이다. 저항의 컬러코드를 읽다 보면 어느 쪽 에서부터 색대를 읽어야 할지 혼동되는 경우가 있다. 대부분의 경우에는 조밀한 색대를 왼쪽에 두고 간격이 넓은 부분을 오른쪽으로 하여 왼쪽에서부터 색대를 읽으면 되지만 저 전력형의 소형 저항의 경우에는 위와 색대의 간격이 좁기 때문에 이와 같은 방법으로 판별하기 어려울 경우도 있다. 이 경우에는 멀티미터로 정확하게 측정하는 것이 가장 좋은 방법이다.

#### 라. 저항기의 종류 및 특성

√. 저항기를 사용하는 경우에 중요한 포인트는 정격전력, 저항 값 오차가 있다. 정격전력이란 저항기가 견딜 수 있는 소비전력(W:와트)으로, 전력은 전류의 제곱( $I^2$ )× 저항(R)으로 구할 수 있으며, 이 이하로 사용하지 않으면 저항기가 열을 발생하게 되고 결국 타버리는 경우도 흔히 있다. 전자회로에서 흔히 사용되는 것으로  $1/8W$ ,  $1/4W$ ,  $1/2W$  이고 전자회로에서는  $1/8W$ 나  $1/4W$  로 충분하지만, 전원회로, 발광 다이오드의 전류제어용 또는 고출력 amp 와 같은 저항기에는 생각보다 큰 전류가 흐르기 때문에 정격전력을 생각해야 한다.

마. 저항의 종류

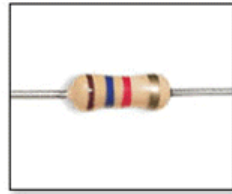
| 구 분     |        | 일반 명칭        |
|---------|--------|--------------|
| 고정값 저항기 | 탄소계    | 탄소 피막 저항기    |
|         |        | 솔리드 저항기      |
|         | 금속계    | 금속필름 저항기     |
|         |        | 신화금속피막 저항기   |
|         |        | 메탈글래즈 저항기    |
|         |        | 휴즈형 저항기      |
|         | 권선형    | 권선형 저항기      |
|         |        | 권선형 무유도 저항기  |
|         |        | 전력형 시멘트 정하기  |
|         |        | 메탈클래드 저항기    |
|         | 후막형    | 후막 칩 저항기     |
|         |        | 후막 칩 어레이     |
|         |        | 후막 네트워크 저항기  |
|         |        | 후막칩 네트워크 저항기 |
|         | 박막형    | 박막 칩 저항기     |
|         | 기타 특수형 | PCT 서미스터     |
|         |        | NTC 서미스터     |
|         |        | 배리스터         |
| 가변 저항기  |        | 탄소피막형 가변저항기  |
|         |        | 후막형 가변저항기    |
|         |        | 코일형 가변저항기    |
|         |        | 만고정 저항기      |
|         |        | 포텐시오메타       |

[저항 종류에 따른 구분]

MEMO

MEMO

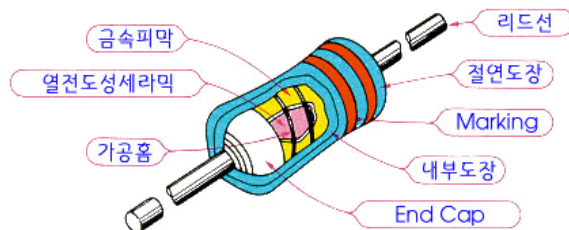
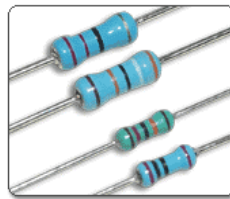
바. 탄소 피막 저항기



✓. 가장 많이 사용되는 형태의 저항으로 세라믹 로드 에 탄소분말을 피막 형태로 입힌 후 홈을 파서 저항값을 조절하는 방법으로 만든다. 이후 저항의 표면에 절연 도장을 입히고 절연에 따라 비절연형, 간이절연형, 절연형 등으로 구분 한다. 일반적으로 가격이 싸며 가장 많이 사용되며 고정밀도나 대 전력이 아닌 모든 경우에 가장 널리 사용하는 저항이다.

- 저항 범위 :  $1.0 \Omega \sim 100 \text{ M}\Omega$
- 전력 범위 :  $1/8\text{W}, 1/4\text{W}, 1/2\text{W}$
- 오차 범위 :  $\pm 5 \%$
- 온도 계수 :  $+350 \sim -1500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
- 고정밀도나 대 전력이 아닌 모든 경우에 사용가능하다.

사. 금속 피막 저항

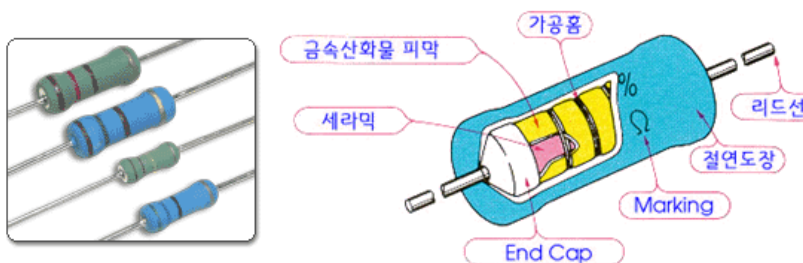


✓. 정밀한 저항이 필요한 경우에 가장 많이 사용되는 저항기로 특히 고주파 특성이

중요므로 디지털회로에도 널리 사용된다. 제조 방법은 세라믹 로드 위에 니크롬, TiN, TaN, 니켈, 크롬등의 합금을 진공 증착, 스퍼터링등의 방법으로 필름 형태로 부착시킨 후 홈을 파서 저항값을 조절 하는 방법이다.

- 저항 범위 :  $20\Omega \sim 2M\Omega$
- 전력 범위 :  $1/8W, 1/4W, 1/2W$
- 오차 범위 :  $\pm 0.5\%, 1\%, 2\%$
- 온도 계수 :  $\pm 25 \sim \pm 250 \text{ppm}/^\circ\text{C}$

#### 아. 산화 금속 피막 저항기



✓. 산화 금속 피막 저항기는 세라믹 로드 위에 금속 산화물의 도전성 박막을 코팅하여 저항체를 형성하고 커팅한 후 절연보호도장을 하여 제조한다. 소형으로 큰 전력용량의 저항기를 만들 수 있고, 고온 안정성, 잡음, 주파수 특성도 우수한 저항이다. 특히 열에 강하고 소형에 많은 전류를 흘릴 수 있어 전원 회로 등에 널리 사용된다.

- 저항 범위 :  $10\Omega \sim 100 \text{k}\Omega$
- 전력 범위 :  $0.5W, 1W, 2W, 3W$
- 오차 범위 :  $\pm 2\%, 5\%$
- 온도 계수 :  $\pm 200 \sim \pm 350 \text{ppm}/^\circ\text{C}$
- 전원회로 같이 전류가 큰 때에 대 전력용으로서 사용한다.

#### 자. 시멘트 저항 = 범랑 저항(코일 저항)



✓. 시멘트 저항기는 온도와 습도로부터 저항기를 보호하기 위하여 저항체를 시멘트 몰드에 넣어 만든 저항기 이다. 이렇게 만든 저항기는 내전압 특성이 우수하며 고온에도 잘 견디므로 주로 대 전력을 다루는 부분에 사용하며 불연성이지만 무게가 무겁고 부피가 크다. 대 전력용으로 전력과 저항치가 숫자로 인쇄되고 있다.

- 저항 범위 :  $0.01\Omega \sim 400\text{ k}\Omega$
- 공칭 오차 :  $\pm 5\%$
- 전력 범위 :  $2\text{W} \sim 100\text{W}$
- 전력이 큰 것이 필요할 때에 사용된다.

#### 차. 권선형 저항기



✓. 권선형 저항기는 금속저항선을 세라믹 로드와 같은 권심에 감아서 일정한 저항값을 갖도록 만든 저항기이다. 따라서 정밀한 저항값을 갖는 저항기를 만들기 용이할 뿐만 아니라 고온과 습도에도 우수한 특징을 갖는다. 하지만 고 저항값을 얻기가 어렵고 고 저항의 경우 선경이 가늘어야 하므로 단선의 우려가 있다.

- 저항 범위 :  $0.1\Omega \sim 200\text{ k}\Omega$
- 공칭 오차 :  $\pm 0.1\% \sim 1\%$
- 전력 범위 :  $1/8\text{W} \sim 2\text{W}$

### 카. 휴즈형, 후막칩형, 네트워크형, 솔리드형 저항기

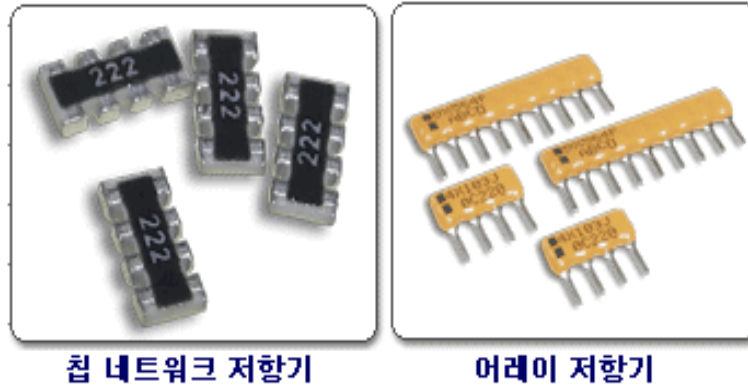


✓. 휴즈형 저항기는 저항기의 특수한 형태중의 하나로 일정한 수준 이상의 전류가 흐를 때 흐름을 차단하도록 만들어진 저항기이다. 물론 다른 저항기들도 정격 전압이나 정격전력이상의 전류가 흐를 때는 저항이 파괴되지만 그 반응 시간이나 반응후의 전류 차단 특성을 보장하지는 않는다. 휴즈형 저항기는 이런 특성을 이용하여 특정 조건에서 전류의 흐름을 차단하도록 만든 저항이다. 정상 상태에서는 저항기로 동작하고 과전류가 흐르면 단선상태로 되어 회로 및 기기를 보호한다.

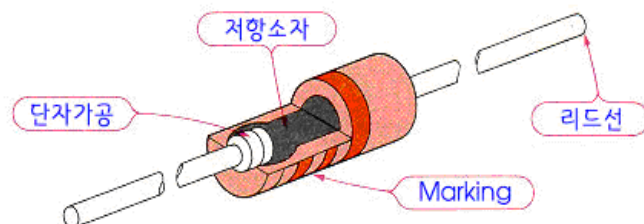


✓. 후막 칩 저항기는 회로가 점점 소형화 되고 부품의 대부분이 SMT 공법에 의해 장착되면서 개발된 새로운 형태의 저항기이다. 이러한 칩 형태의 저항기는 세라믹 기판 위에 저항체를 후막 형태로 얹어서 제조하며 지속적으로 소형화가 이루어지고 있다. 특히 고주파 특성이 우수하고 소형이므로 핸드폰, 컴퓨터 등의 최신 기기들에는 대부분 이러한 칩 형태의 저항기가 사용된다.

MEMO



✓. 네트워크 저항기는 부품의 집적도를 더욱 높이기 위한 방법 중에는 여러 개의 저항기를 하나의 패키지 안에 넣고 저항 네트워크를 구성하여 IC와 같은 형태를 갖는 부품도 있다. 물론 이부품은 저항이지만 외형은 기존의 다른 저항기와 달리 단자가 여러 개 나와 있으며 칩 형태의 칩 네트워크 저항기와 다리를 갖는 일반형 어레이 저항기가 있다.



✓. 솔리드 저항기는 정밀한 저항이 필요한 경우에 가장 많이 사용되는 저항기로 특이 고주파 특성이 좋으므로 디지털 회로에도 널리 사용된다. 제조 방법은 세라믹 로드에 니크롬, TIN, TaN, 니켈, 크롬 등의 합금을 진공 증착, 스퍼터링등의 방법으로 필름 형태로 부착 시킨 후 홈을 파서 저항값을 조절 하는 방법으로 만든다. 대량생산에도 적합하고 온도특성, 전류특성, 잡음특성 등 많은 장점을 가지고 있지만 재료의 특성상 탄소피막 저항기에 비해 가격이 비싸다. 한 덩어리의 저항체로 이루어진 저항이기 때문에 정확한 정밀도가 높은 저항을 만들기는 어렵지만 소형으로 고내압, 고저항의 제품을 만들어 내기가 용이하다.

#### 타. 가변저항기의 정의 및 특성

✓. 가변저항기는 일반적으로 볼륨(Variable ohm)이라 부르는 경우도 많다. 라디오의

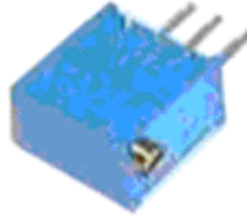
음향조정과 같이 용이하게 저항값을 바꿀 수 있는 것과, 전자회로에서 부품의 오차에 의한 동작 상태를 저장해야 하는 경우 등에 사용하는 반 고정 저항기가 있다. 통상적인 가변 저항기, 반고정 저항기는 회전할 수 있는 각도가 300도 정도이지만 저항값을 세밀하게 조정하기 위해서는 기어를 조합하여 회전 시킬 수 있는 퍼텐서미터라는 것도 있다.



파. 형태(볼륨형, 반고정형)에 따른 가변 저항기의 종류



✓. 볼륨형 가변저항기는 기기 외부에 손잡이를 두고 항상 조절이 가능한 형태의 가변 저항을 볼륨이라는 단어로 사용한다. 그러나 해외에서는 Volume 이라는 단어 대신에 Potentiometer 또는 Attenuator라고 부르기도 한다. 볼륨형 가변 저항은 대부분 탄소피막 저항체를 사용하며 사용 용도에 따라 밀폐형과 개방형이 있고 회전축을 중심으로 전극이 움직이는 형태가 가장 많이 사용된다. 좌우로 전극이 움직이는 경우에는 슬라이드 가변저항이라고 부른다.



✓. 반고정 저항은 볼륨형 저항과 달리 대부분 회로 기판에 직접 장착되며 회로의 동작점을 미세조정할 때 사용된다. 그러므로 케이스 외부로 노출되는 손잡이가 없는 대신 일자 혹은 십자드라이버로 조절하도록 되어 있다.

### 1-3-2. 콘덴서

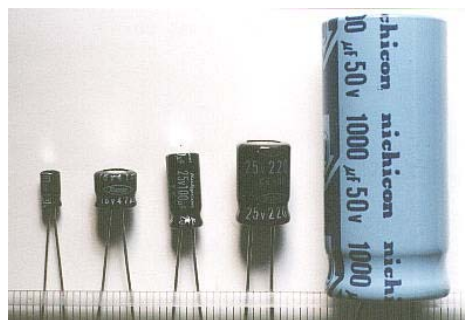
#### 가. 콘덴서 개요

✓. 콘덴서는 전기를 축적하는 기능을 가지고 있다. 그러나 일반적으로는 전기를 축적하는 기능 이외에 직류전류를 차단하고 교류전류를 통과시키려는 목적에도 사용된다. 콘덴서는 기본적으로는 2장의 전극판을 대향시킨 구조로 되어 있다. 여기에 직류전압을 걸면, 각 전극에 전하(電荷)라고 하는 전기가 축적되며, 축적하고 있는 도중에는 전류가 흐른다. 축적된 상태에서는 전류는 흐르지 않게 된다.  $10\mu\text{F}$  정도의 전해콘덴서에 아날로그 메터식테스터를 저항 측정 모드하고 접속하면 순간 전류가 흘러 테스터의 바늘이 움직이는 것을 알 수 있다. 그러나 바로 0으로 된다. 테스터의 접속 방법(콘덴서의 리드에 접속하는 테스터의 측정봉)을 반대로 하면 역시 순간 전류가 흐른다는 것을 알 수 있다. 그러므로 직류전압이 콘덴서에 가해진 경우, 순간적으로 전류가 흐르지만 후에는 흐르지 않기 때문에 직류를 통과시키지 않으려는(직류 컷트) 용도에도 사용된다.

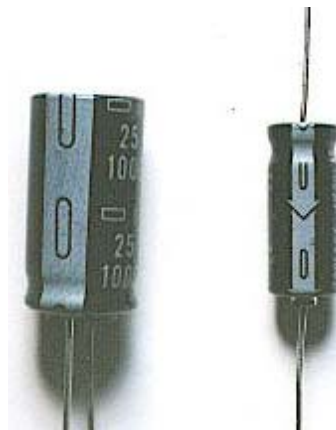
✓. 두 극판의 전극간에 절연체(유전체라고 한다)를 넣어(절연체를 전극으로 삽입한다) 콘덴서를 만드는데, 이 재질에 따라 여러 종류의 콘덴서가 있다. 일반적으로 콘덴서에 축적되는 전하용량은 매우 작기 때문에,  $\mu\text{F}$ (마이크로 패러드:  $10^{-6}\text{F}$ )나  $\text{pF}$ (피코 패러드:  $10^{-12}\text{F}$ )의 단위가 사용된다. 부품 메이커에 따라 용량을 3자리의 숫자로 표시하거나, 그대로 표시하기도 한다. 3자리 숫자로 나타내는 경우에는 앞의 2자리 숫자가 용량의 제1숫자와 제2숫자이고, 3자리가 승수가 된다. 표시의 단위는  $\text{pF}$ (피코 패러드)로 되어 있다.

#### 나. 알루미늄 전해 콘덴서(전해콘덴서, 케미콘)

✓. 단순히, 전해콘덴서는 유전체로 얇은 산화막을 사용하고, 전극으로는 알루미늄을 사용하고 있다. 유전체를 매우 얇게 할 수 있으므로 콘덴서의 체적에 비해 큰 용량을 얻을 수 있다. 특징은 극성(플러스 전극과 마이너스 전극이 정해져 있다)이 있다는 점이다. 일반적으로 콘덴서 자체에 마이너스측 리드를 표시하는 마크가 붙어 있다. 또, 가할 수 있는 전압, 용량(전기를 축적할 수 있는 양)도 표시되어 있다. 극성을 잘못 접속하거나, 전압이 너무 높으면 콘덴서가 과열(펑하는 소리가 나며, 매우 위험)된다. 콘덴서는  $1\mu\text{F}$  부터 수천  $\mu\text{F}$ , 수만  $\mu\text{F}$  라는 식으로 비교적 큰 용량이 얻어지며, 주로 전원의 평활회로, 저주파 바이패스(저주파 성분을 어스 등에 패스시켜 회로 동작에 악영향을 주지 않는다) 등에 사용된다. 전해콘덴서는 그림과 같이, 마이너스측 전극을 표시하는 마크가 있다.



[전압이 다른 전해콘덴서의 예이다]



#### 다. 탄탈 전해콘덴서(탄탈 콘덴서)

✓. 탄탈 콘덴서(tantalum condenser)는 전극에 탄탈륨이라는 재료를 사용하고 있는 전해콘덴서이다. 알루미늄 전해콘덴서와 마찬가지로, 비교적 큰 용량을 얻을 수 있다. 또한 온도 특성, 주파수 특성 모두 전해콘덴서 보다 우수하다.

## MEMO

알루미늄 전해콘덴서는 크라프트(kraft)지 등에 전해액이 스며들게 한 것을 금속 알루미늄으로 삽입하여 감아 붙인 구조로 되어 있지만, 탄탈 전해콘덴서의 경우는 tantalum powder를 소결하여 굳혔을 때에 나오는 빈틈을 이용하는 구조로 되어 있어, 두루마리 구조가 아니므로 앞서 언급한 바와 같이 특성이 우수하다. 탄탈 전해콘덴서도 극성이 있으며, 통상, 콘덴서 자체에 +의 기호로 전극을 표시하고 있다. 탄탈 콘덴서도 극성을 잘못 접속해서는 안 된다. 탄탈 콘덴서도 전해 콘덴서와 마찬가지로 플러스와 마이너스 극성을 가지고 있고, 전극의 +측을 나타내는 기호가 콘덴서 자체에 표시되어 있다.

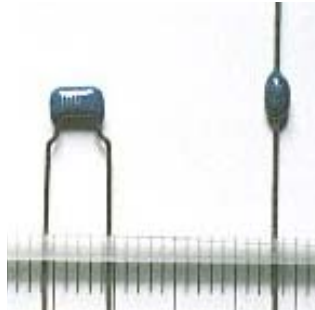


## 라. 세라믹 콘덴서



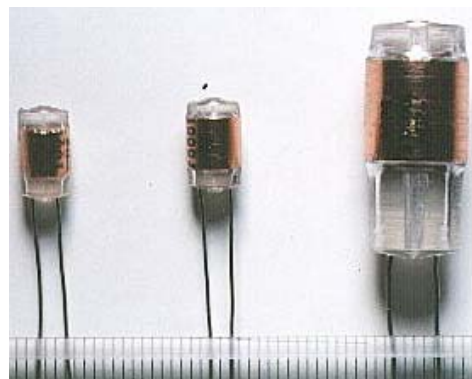
✓. 세라믹 콘덴서는 전극간의 유전체로 티탄산-바륨(Titanium-Barium)과 같은 유전율이 큰 재료가 사용되고 있다. 이 콘덴서는 인덕턴스가 적어 고주파 특성이 양호하다는 특징을 가지고 있어, 고주파의 바이패스에 흔히 사용된다. 모양은 원반형으로 되어 있으며, 용량은 비교적 작다. 그림의 좌측에 있는 것은 용량이 100pF의 콘덴서로, 원반의 직경이 3mm 정도이다. 우측에 있는 콘덴서는 103이라고 인쇄되어 있는데, 이것은  $10 \times 10^3$  pF이므로 0.01 $\mu$ F가 된다.

### 마. 적층 세라믹 콘덴서



✓. 적층 세라믹 콘덴서는 전극간의 유전체로 고유전율계 세라믹을 다층 구조로 사용하고 있으며, 온도 특성, 주파수 특성이 양호하고 소형이라는 큰 특징이 있다. 디지털 회로에서 취급하는 구형파(펄스파) 신호는 비교적 높은 주파수 성분이 함유되어 있다. 이 콘덴서는 주파수 특성이 양호하고, 소형이라는 점 때문에 바이패스용으로 흔히 사용된다. 온도 특성도 양호하므로 온도변화를 꺼려하는 회로에도 사용된다. 적층 세라믹 콘덴서도 일반적인 세라믹 콘덴서와 마찬가지로 전극의 극성은 없다.

### 바. 스티롤 콘덴서



✓. 전극간의 유전체로 폴리스티렌(polystyrene) 필름이 사용되고 있다. 필름을 감은 구조이므로 인덕턴스(코일) 성분이 크다. 따라서 고주파에는 사용할 수 없으며, 수백 kHz 이하의 필터 회로나 타이밍 회로 등에 흔히 사용된다. 스티롤 콘덴서는 전극에 동박을 사용하고 있어, 적색을 띠고 있지만, 전극으로 알루미늄박을 사용하는 것도 있으므로 은색을 띠고 있는 것도 있다. 스티롤 콘덴서는 전극의 극성은 없다.

MEMO

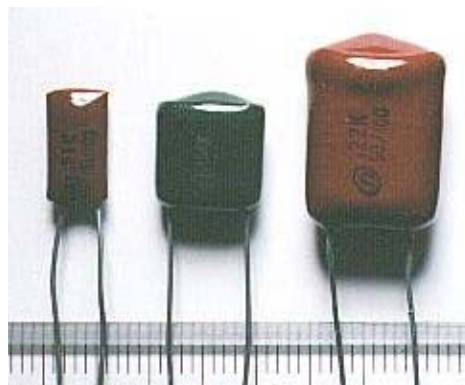
사. 슈퍼 콘덴서



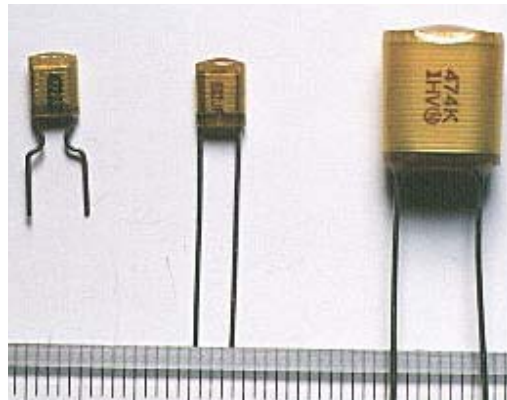
✓. 슈퍼 콘덴서(Super Capacity)의 용량은 0.47F(470,000 $\mu$ F)로 초대용량 콘덴서이다.

이와 같은 대용량의 콘덴서를 전원회로 등에 사용할 때에는 각별한 주의가 필요하다. 그 이유는 콘덴서가 텅 비어있을 때에는 전류가 계속 유입하므로 정류기 등이 과전류로 인해 파괴되는 경우가 있기 때문이다. 통상적인 전원회로의 평활 콘덴서는 1,000 $\mu$ F 정도이므로, 콘덴서는 순간적으로 충전되지만, 이러한 콘덴서를 사용하면 충전이 완료 되기까지 회로가 쇼트 되어 있는 것과 같다. 슈퍼 콘덴서는 용량이 크기 때문에 단시간의 백업등에 사용할 수 있다.

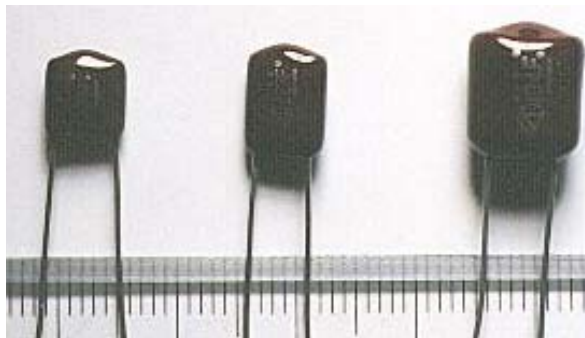
아. 폴리에스테르 필름 콘덴서(마일러 콘덴서)



✓. 마일러(Mylar) 콘덴서라고도 하며, 얇은 폴리에스테르(polyester) 필름을 양측에서 금속으로 삽입하여, 원통형으로 감은 것이다. 저가격으로 사용하기 쉽지만, 높은 정밀도는 기대할 수 없다. 오차는 대략  $\pm 5\%$ 에서  $\pm 10\%$  정도이다.

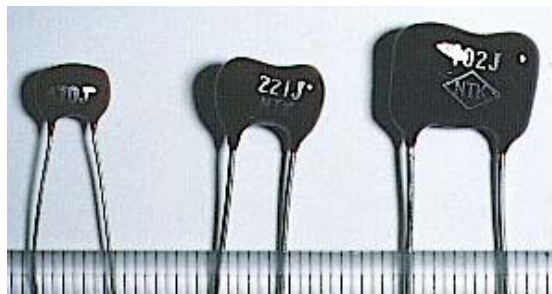


#### 자. 폴리프로필렌 콘덴서



✓. 폴리에스테르 콘덴서 보다 높은 정밀도가 요구되는 경우에 사용한다. 유전체 재료는 폴리프로필렌(polypropylene) 필름을 사용하며, 100kHz 이하의 주파수에서 사용하면 거의 용량의 변화가 없다. 폴리프로필렌 콘덴서는 전극의 극성은 없다.

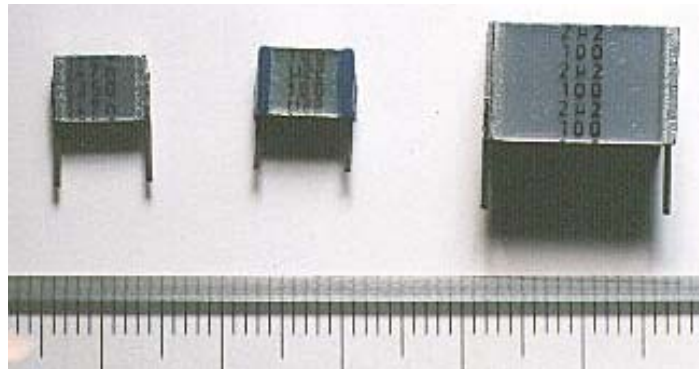
#### 차. 마이카 콘덴서



MEMO

✓. 유전체로 운모(mica)를 사용한 콘덴서이다. 운모는 온도계수가 작고 안정성이 우수하며, 주파수 특성도 양호하기 때문에, 고주파에서의 공진회로나 필터회로 등에 사용된다. 또한, 절연내압도 우수하므로 고압회로에도 사용된다. 이전에는 진공관식 무선송신기 등에 흔히 사용된다. 마이카 콘덴서는 전극의 극성은 없다.

카. 메탈라이즈드 폴리에스테르 필름 콘덴서(시멘스 MKT 적층 콘덴서)



✓. 시멘스 MKT 적층 콘덴서라고도 하며, 전극으로 증착 금속피막을 사용한 폴리에스테르 필름 콘덴서로, 전극이 얇기 때문에 소형화가 가능하다. 메탈라이즈드 폴리에스테르 필름 콘덴서는 리드가 떨어지기 쉽기 때문에 취급에 주의할 필요가 있다. 메탈라이즈드 폴리에스테르 필름 콘덴서는 전극의 극성은 없다.

타. 가변용량 콘덴서



✓. 용량을 변화시킬 수 있는 콘덴서이며, 주로 주파수 조정 등에 사용한다. 그림 좌측에 나타낸 것은 트리머(trimmer)라 부르는 가변용량 콘덴서이며, 유전체로 세라믹(자기)을 사용하고 있다. 그 외에도 폴리에스테르 필름 등을 유전체로 사용한 것도 있다. 프린

트 기판에 실장 할 수 있도록 만들어져 있다.

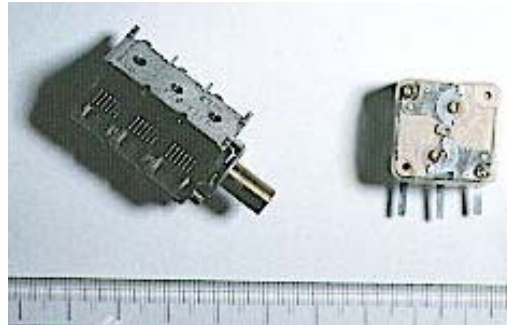


그림 우측에 나타난 것은 배리콘이라 부르는 가변용량 콘덴서로 라디오의 튜너 등에 사용된다. 그림에서 좌측의 배리콘은 공기를 유전체로 하고 있으며, 3개의 독립된 콘덴서를 조합하고 있다(3런 배리콘이라고 부른다). 용량은 각각  $2\text{pF} \sim 18\text{pF}$  까지 변화한다. 조정축을 돌리면 3개의 콘덴서의 용량이 동시에 변화한다.

#### 파. 콘덴서의 기능과 특성

✓. 콘덴서에는 그 용량을 늘리기 위해 사용한 「유전체」의 재료에 따라 많은 종류가 있다. 주로 사용되는 콘덴서는 아래표와 같은 것이 있으며 각각에 용량, 내전압, 주파수 특성, 누설 전류, 내부 저항, 등등 다양한 특징이 있다.

✓. 유전체(Dielectric): Capacitor의 전극간에 절연물을 넣으면 Capacitor의 정전용량은 변한다.  $C_0$ 는 전극간이 진공일 때의 정전용량,  $C$ 는 전극간 절연물을 집어넣었을 때의 정전용량이다.  $C_0/C$ 를 그 절연물의 비유전율( $\epsilon_s$ )이라 칭하고, 전극간에 있는 절연물질은 전하의 이동을 대신 해주는 성질이 있으며 전계내에 있을 때에 전기 작용을 하기 때문에 그 절연물은 유전체라 말하고 있다.

✓. 분극(Polarization): 유전체에 전극을 가하면 유전체의 양측에 있는 전극에 전하가 발생하며 그 전하를 분극전하라고 한다. 즉 전하는 유전체의 분극작용에 의해 생겨나며, 이 분극작용에 대해서 간단히 설명하면 지금 유전체의 원자는 평상상태에서는 중심에 핵이 있고 그 주위에 원자가 있고 전기적으로 중성이다. 이것에 전계를 가하면 전자는 이동하고 원자의 한쪽은 (-)전하를 나타내고 다른 쪽은 (+)전하를 띠어 하나의 쌍극자가 된다. 이와 같은 형태를 원자가 분극하였다고 말한다. 이것을 자세히 보면 유전체내에서 전계의 방향으로 전하의 변위가 발생한다. 즉 유전체가 분극하거나 그 양단에 전하가 나타나게 된다.

MEMO

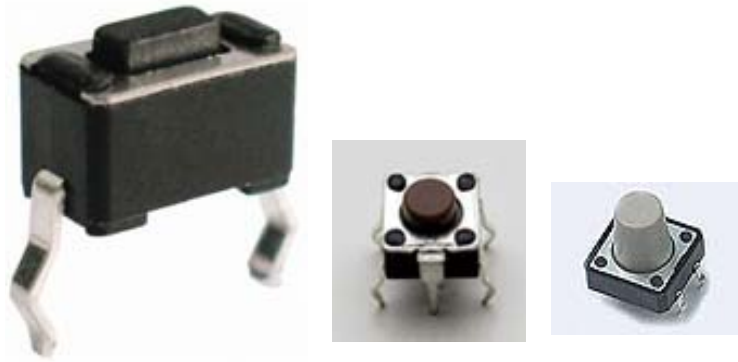
| 컨덴서 종류            | 특 징                                                                                                                                                                                                     | 사 용 방 법                                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 전해 콘덴서            | 비교적 용량이 크다( $0.1\mu\text{F} \sim 15000\mu\text{F}$ ) . $\pm$ 의 극성이 있다. 정격전압이 있다 ( $2\text{V} \sim 500\text{V}$ ) . 비교적 허용차가 크다 ( $\pm 10\%, \pm 20\%, -10\% \sim +30\%$ ). 비교적 저주파 대역용 (DC ~ 수 100kHz). | 직류 회로의 전원 필터나 교류 회로의 커플링으로서 사용. 사용 가능 주파수가 비교적 낮기 때문에 주의 필요. 오디오용 특별 저잡음형 종류도 있음. 2 개의 리드선중 긴 쪽이 플러스극임. |
| 탄탈 콘덴서            | 비교적 용량이 크다 ( $0.1\mu\text{F} \sim 220\mu\text{F}$ ) . $\pm$ 의 극성이 있다. 정격 전압이 있다( $3\text{V} \sim 35\text{V}$ ). 전해 콘덴서보다 주파수 특성이 좋다 (DC ~ 수 10MHz).                                                     | 주파수 특성이 비교적 좋기 때문에 노이즈 진폭 제한기나 바이패스, 커플링, 전원 필터로서 사용함. 2 개의 리드선중 긴쪽이 플러스극임.                             |
| 세라믹 콘덴서<br>적층 콘덴서 | 비교적 용량이 작다. (수pF ~ 수 $\mu\text{F}$ ) 정격 전압이 있으며 고 전압용도 있다. ( $25\text{V} \sim 3\text{kV}$ ) 온도 보상용으로서 온도 계수가 관리되는 것이 있다. 극성이 없으며 허용차가 크다 ( $\pm 10\%, \pm 20\%$ ). 적용 주파수 대역이 넓다(수kHz ~ 수 GHz).         | 고주파 대역에서 사용에 적합하기 때문에 고주파용 바이패스, 동조용, 고주파 필터로서 사용함                                                      |
| 전기 이중층 콘덴서        | 특히 대용량의 콘덴서 ( $0.01\text{F} \sim 0.5\text{F}$ ) 정격 전압이 비교적 낮다 (수V가 일반적) 주파수 특성은 나쁘다.                                                                                                                    | 직류의 축전 용, 배터리의 대용으로 사용할 수 있지만 대전류 공급은 어려우며 메모리의 백업 전지 대용으로 사용                                           |

### 1-3-3. 스위치

#### 가. 스위치

✓. 전기회로의 개폐나 접속 상태를 변경하기 위해서 사용하는 기구로 작동 방식에 따라 많은 종류가 있다.

## 나. Tactile Switch



✓. 다목적으로 널리 사용되는 스위치이며, 비교적 가격이 저렴하고 작은 힘으로도 작동이 가능한 것이 특징이다.

## 다. Push Switch



✓. 여러 분야에 널리 사용되는 스위치이며, 누르면 켜지는 타입, 누르면 꺼지는 타입, 잠금장치가 있는 타입 등 종류가 다양합니다.

## 라. Micro Switch

MEMO



✓. 비교적 소형의 스위치로 아주 작은 힘에도 민감하게 작동한다. 주로 충돌이나 접촉을 감지하는데 사용된다.

마. Slide Switch



✓. 소형 기구의 전원연결용으로 주로 사용된다.

바. Rocker Switch



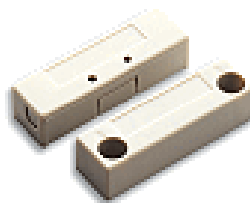
✓. 전열기기, 컴퓨터 전원장치 등 전원연결용으로 사용되는 Switch이다.

### 사. Toggle Switch



✓. 전원연결용, 판넬 조작용 등으로 널리 사용되는 스위치 이다.

### 아. Magnetic Switch

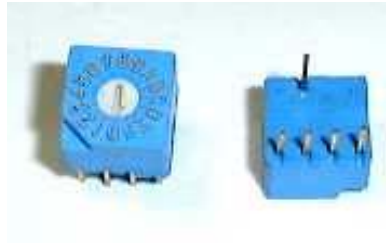


✓. 다른 스위치와는 달리 두개의 부분으로 서로 나뉘어져 있으며 이 두개의 부분이 서로 접근했을 때 내장된 자석에 의해 스위치가 작동한다.

### 자. Dip Switch



MEMO



✓. 마이크로컴퓨터 등에서 각종 설정을 위하여 사용하기 편리한 스위치로 DIP형 IC의 형태를 띠고 있는 것으로 각각의 비트마다 독립적으로 On/Off가 가능하다. 접점 용량이 작기 때문에 대 전류용으로는 부적합하다.

#### 차. Rotary Switch



✓. 판넬에 설치하여 순서적으로 전환하여 선택하는 용도로 사용한다. 감도의 전환이나 주파수의 선택등 측정기에 사용하기 편리하다.

### 1-3-4. 다이오드

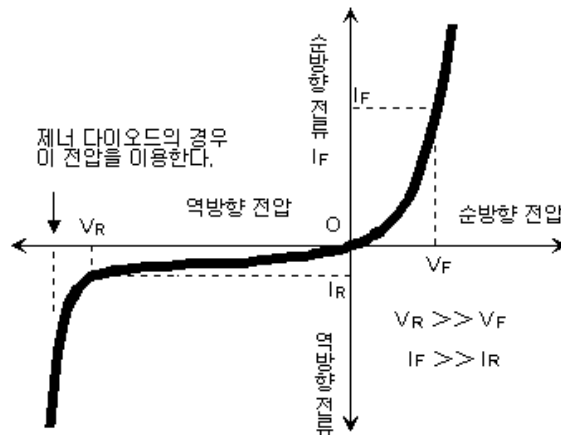
#### 가. 다이오드란?

✓. 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 특성을 갖는 반도체의 가장 기본적인 부품이다. 반도체의 재료는 실리콘(규소)이 많지만, 그 외에 게르마늄, 셀렌 등이 있다. 다이오드의 용도는 전원장치에서 교류전류를 직류전류로 바꾸는 정류기로서의 용도, 라디오의 고주파에서 신호를 꺼내는 검파용, 전류의 ON/OFF를 제어하는 스위칭 용도 등, 매우 광범위하게 사용되고 있다.

✓. 가변용량 다이오드는 전압을 역방향으로 가했을 경우에 다이오드가 가지고 있는 콘덴서 용량(접합용량)이 변화하는 것을 이용하여, 전압의 변화에 따라 발진주파수를

변화시키는 등의 용도에 사용한다.

## 나. 다이오드의 특성 곡선



✓. 위 그래프는 다이오드의 특성을 나타낸 것이다. 순방향으로 전압을 가했을 경우, 약간의 전압에서도 순방향의 전류는 쉽게 흐른다는 것을 나타내고 있다. 순방향으로 흘릴 수 있는 전류는 다이오드에 따라 규정되어 있다. 그리고 통상적으로 사용하는 경우 다이오드 자체의 저항성분에 의해 강하하는 전압은  $0.6 \sim 1V(V_F)$  정도이다(실리콘 다이오드의 경우, 대략  $0.6V$ ). 여러 개의 다이오드를 직렬로 접속하여 사용하는 회로에서는 전압강하도 고려할 필요가 있다. 정류용으로 사용하는 경우, 순방향의 전류 허용 값은 중요한 체크 포인트이다. 역방향으로 전압을 가했을 경우, 역방향 전류는 흐르기 어렵다는 것을 나타내고 있다. 역방향으로 가할 수 있는 전압은 다이오드의 종류에 따라 여러 가지가 있으므로 용도에 따라 선택한다. 그리고 역방향 전류는 매우 작아  $\mu A$ 에서  $mA$ 이며, 다이오드의 종류에 따라 다르다. 정류용으로 사용하는 경우, 역방향의 전압 허용 값은 중요한 체크 포인트이다.

## 다. P형 반도체와 N형 반도체

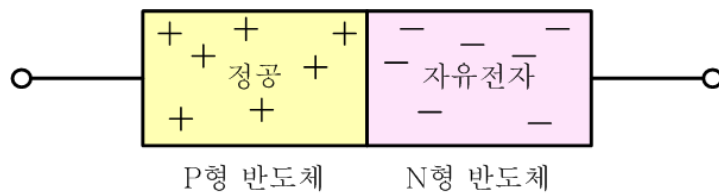
✓. P형 반도체는 순수 실리콘(Si)이나 게르마늄(Ge)에 극소량의 3가 원소 인디움(In)을 혼합하면 원자 대신 3가인 인디움 원자가 게르마늄과 공유결합을 하게 되는데 이때 인디움 원자는 4가인 게르마늄 원자보다 1개의 전자가 부족하게 된다. 그러므로 부족한 전자를 채우기 위해 주위에서 전자를 끌어당기는 흡인력을 나타내게 된다. 여기서 전자가 부족한 곳은 (-)전하를 가진 전자를 끌어들이려 하므로 마치 (+)전하가 있는 것과 같으나 실제로는 아무것도 없으므로 (+)전하의 성질을 띤 구멍이라는 뜻으로 정공(正

## MEMO

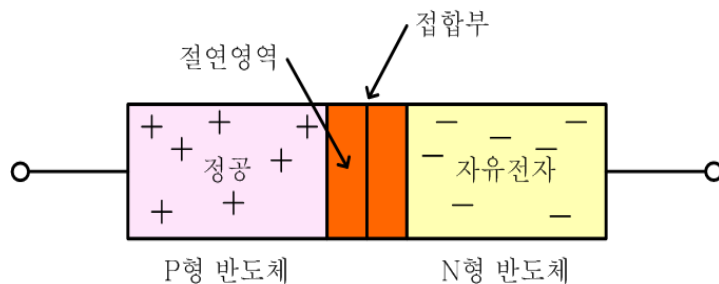
孔; positive hole)이라고 한다. 또한 N형 반도체는 역시 순수 실리콘이나 게르마늄에 5가 원소인 비소(As) 혹은 같은 5가원소인 안티몬(Sb)을 혼합하면 5가인 비소가 실리콘과 공유결합을 하게 되는데 비소가 가지고 있는 5개의 전자 중 4개는 4가 원소인 실리콘과의 결합에 사용하고 나머지 1개는 결합을 할 곳이 없어 남게 되므로 그 전자는 이동하기 쉬운 불안정한 상태로 남게 된다. 이를 자유전자 혹은 과잉전자라고 한다. 이러한 불안정한 성질 때문에 순수한 진성 반도체와는 달리 비교적 전류가 흐르기 쉬운 상태가 된다. 즉 P형 반도체는 정공을, N형 반도체는 자유전자를 캐리어(Carrier)로 많이 가지고 있다고 할 수 있다.

## 라. 다이오드 구조와 원리

√. 다이오드는 위에서 설명한 P형 반도체와 N형 반도체를 아래의 그림과 같이 접합한 것이다.

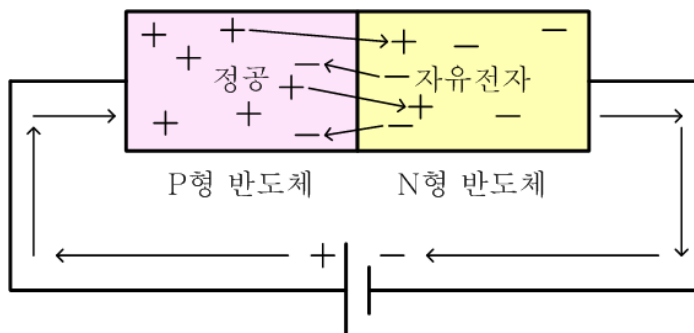


√. P형 반도체와 N형 반도체를 접합하면 P형 반도체와 N형 반도체가 접합되어 있는 부근에는 서로간의 흡인력으로 인해 정공과 전자는 서로 상대 영역으로 확산이 일어나게 된다. 접합부에서 P영역의 정공이 떠난 3족 원자는 음이온이 되고, N영역의 전자가 떠난 5족은 양이온이 되게 된다. 이런 이온들은 원자 자체가 전기를 띠는 것이므로 움직일 수 없다. 즉 정공과 전자의 확산으로 움직이지 않는 이온들을 만들게 되며 이 영역은 정공과 전자가 존재하지 않는 결핍층을 형성하고 전기장이 형성된다. 결핍층은 아래의 그림과 같이 자유전자나 정공이 전혀 없는 절연 영역이 된다. 이 절연 영역은 전자나 정공이 매우 이동하기 어렵다.



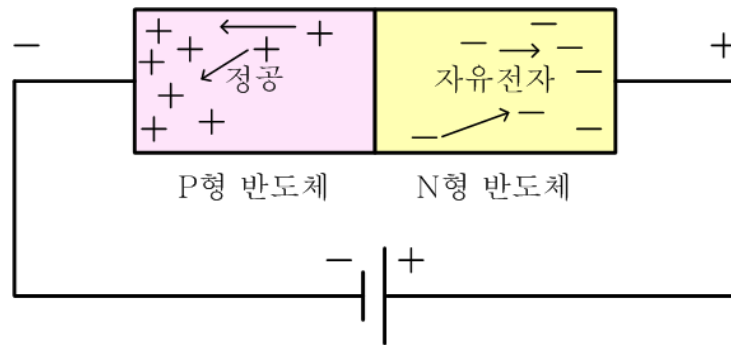
이후 확산이 진행됨에 따라 결핍층 내의 이온수가 증가하게 되고 전기장이 점점 세지게 되며 어느 순간 캐리어가 이동하려는 힘과 저지하려는 전기장의 크기가 같아지면서 확산은 중지되고 평형상태에 있게 된다. 이런 전기장에 의한 전위차 때문에 P영역의 정공과 N영역의 전자는 서로 상대영역으로 들어갈 수 없게 된다. 이 전위차를 전위장벽이라 하며 실리콘의 경우 0.7V, 게르마늄의 경우 0.3V가 되며 다이오드를 통과한 전류는 전위장벽만큼 낮아진 전압이 된다. 이를 순방향 전압강하(Forward voltage drop)라고 하며, 외부에서 전위장벽보다 높은 전압을 인가하면 전위장벽을 허물 수 있으며 이때는 정공과 전자가 쉽게 이동 할 수 있는 도체가 되게 된다.

✓. 아래 그림과 같이 P형에 정전압, N형에 부 전압을 가하면 정공과 자유전자는 서로 다른 측으로 진입하게 되어 전류가 흐르게 된다. 즉 N형 반도체 안에 있는 자유전자는 전원의 부 전압에 반발되어 P형으로 주입되며 P형에 가해져 있는 정전압에 흡인되어 점차 이동된다. 이 주입된 전자는 P형에 있는 정공과 결합하여 소멸하게 된다. 반대로 P형의 정공도 정전압에 반발돼 N형에 주입되어 자유전자와 결합 한다. 그러나 전원으로 부터 전자와 정공이 계속적으로 보급되므로 전류는 계속 흐르게 되고, 전류의 방향은 전자의 이동 방향의 반대이며 정공의 움직임과 같은 방향이 된다.

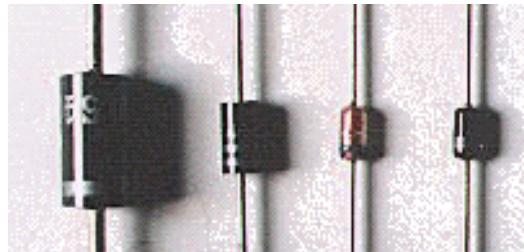


✓. PN접합에서는 P형에서 N형으로 전류가 흐르나, N형에서 P형으로는 흐르지 않는다. 이와 같이 전류가 잘 흐르는 P→N 방향을 순방향이라 하고, 반대로 아래 그림과 같이 PN접합의 P형에 부(-)의 전압을, N형에 정(+)의 전압을 가한 경우 정공은 전원의 부 전압에 의해 당겨지고 자유전자는 전원의 정전압에 당겨져서 양단에 이동하고, 중앙 부가 큰 저항을 나타내며 전류는 거의 흐르지 않는다. 이때 역방향으로 흐르는 미세한 전류를 누설전류, 혹은 역방향 전류라고 부른다.

MEMO

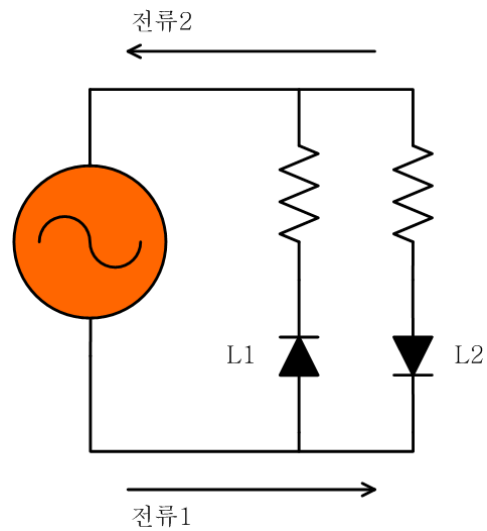


마. 정류용, 스위칭용, 정전압용 다이오드

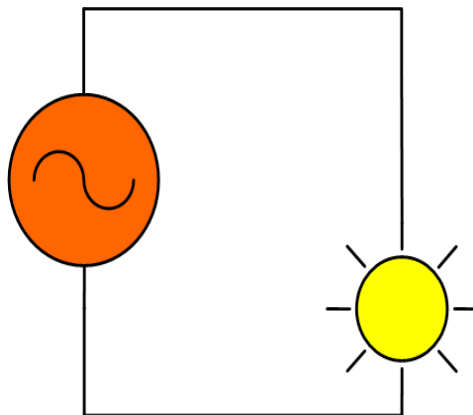


✓. 다이오드에는 어느 한쪽의 리드선에 띠 모양의 마크가 표시되어 있고, 이 표시가 캐소드 측을 나타낸다.

바. 다이오드의 정류작용



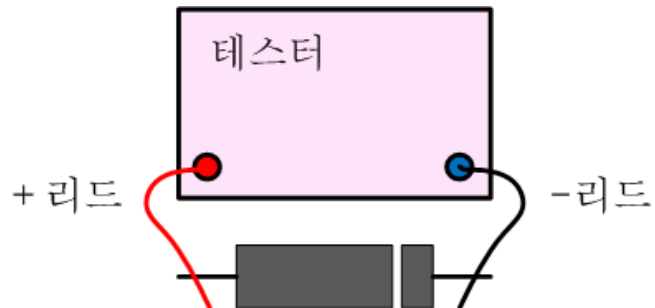
✓. 위 그림처럼 교류전원에 두 개의 LED를 그림처럼 연결했다면 교류는 전류의 방향이 '전류1'에서 '전류2'로 규칙적으로 바뀌므로(60HZ에서는 1초에60번 바뀜) 전류의 방향이 '전류1'일 때에는 L1이 점등되겠고, 전류의 방향이 '전류2'일 때에는 L2가 점등된다.



✓. LED가 아니고 위 그림처럼 전등이라면 전구는 방향성이 없으므로 '전류1'의 전류가 흐를 때도 점등 '전류2' 방향의 전류가 흐를 때에도 점등된다.

MEMO

사. 테스트로 극성 측정하기



✓. 일반적으로 다이오드는 흰색 띠 모양이 있는 곳이 +이다. 만약 이 띠가 지워져서 보이지 않는다면 간단하게 테스트기를 이용해서 알아낼 수 있습니다. 테스트기의 오옴계는 내부의 건전지를 사용하므로 건전지라 함은 직류 즉, 전기가 + 에서 -로 한쪽으로만 전류가 흐른다. 따라서 테스트기의 양 리드를 다이오드의 양쪽 리드에 대어봐서 전류가 흐르면(전류가 안 흘러도 같은 원리) 그림과 같이 판단할 수 있다.

아. 다이오드 회로 기호

| 회로도 기호 | 명 칭                        | 설 명                    |
|--------|----------------------------|------------------------|
|        | 일반 범용 다이오드                 | 정류, 스위칭, 검파용           |
|        | Zener diode                | 정전압 다이오드               |
|        | Schottky Barrier Diode     | 고주파 스위칭용               |
|        | Variable-capacitance Diode | 가변 용량 다이오드.<br>고주파 동조용 |
|        | 브릿지 다이오드                   | 전원 정류용                 |
|        | 발광 다이오드                    |                        |

### 1-3-5. LED와 7-Segment(FND)

#### 가. LED

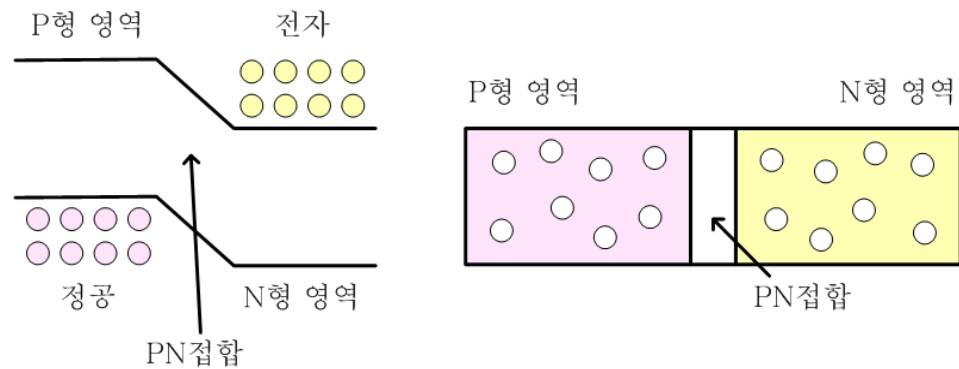
✓. LED(발광 다이오드)는 전류를 직접 빛으로 변경하여 발광하는 반도체 소자이다. LED의 특징은 적색, 녹색, 황색등의 단색을 내는 것이며 반도체로 만들어진 것으로 수명이 반영구적이다. 전기를 빛으로 변경하는 것에는 여러 가지가 있으며 일반적인 전구도 이에 해당 한다. 전구에 전류를 흐르게 하면 빛이 나고, 이때 전류는 전구의 필라멘트를 가열하는 역할을 한다. 이와 같이 전구는 전기 에너지를 일단 열로 변경한 뒤 빛 에너지로 변경한다. LED는 전구와는 달리 전기 에너지를 반도체 안에서 바로 빛으로 변환 할 수 있다. 이렇게 전구와 같이 가열하는 과정이 없기 때문에 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다. LED의 구조는 일반적인 다이오드와 유사하게 PN 반도체를 접합한 구조로 되어 있다. PN 접합에서의 발광이 반도체 안을 통과하여 외부로 나오면 그 빛을 볼 수 있다.

#### 나. LED 발광원리

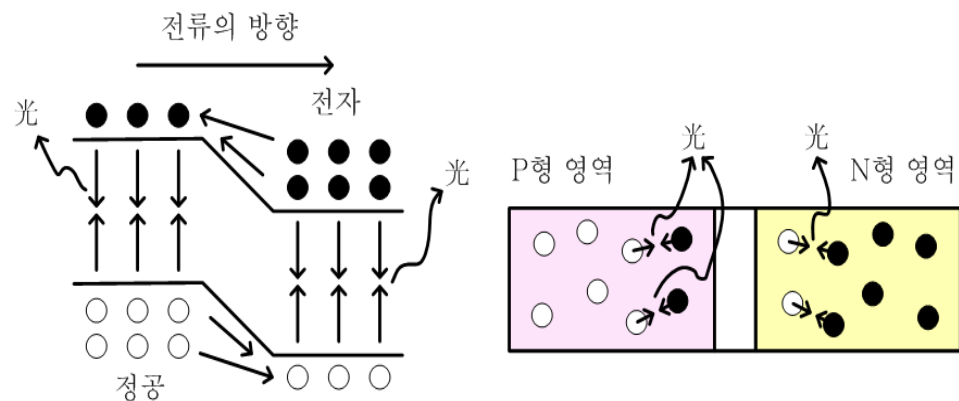
✓. 발광 원리를 알기 위해서는 PN 접합부에서 무엇이 발생하는 지 점검할 필요가 있다. 먼저 반도체에 P형과 N형의 구별이 있는 것은 반도체 안에서 전기를 운반할 수 있는 캐리어의 종류가 다르기 때문이다. P형 반도체에는 +의 전하를 갖는 정공이, N형 반도체에는 -의 전하를 갖는 전자가 캐리어의 대부분을 차지하고 있다.

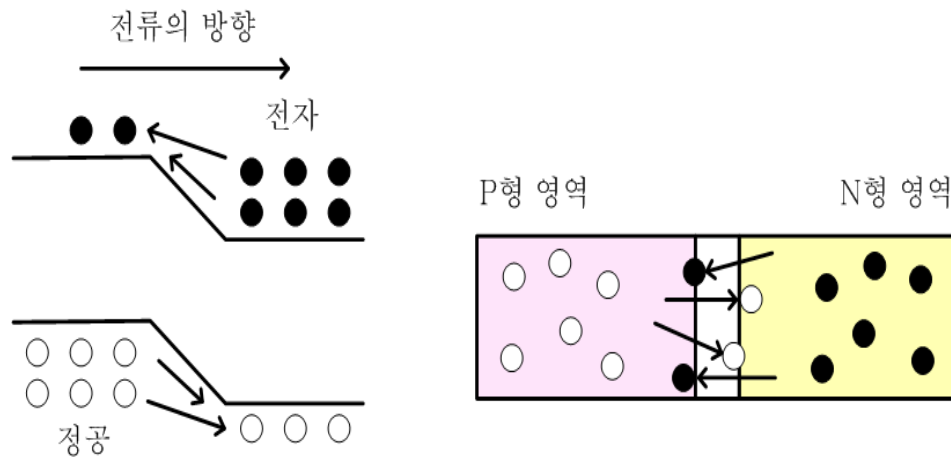
✓. 정공과 전자는 서로 반대의 전하를 갖고 있기 때문에 접근하면 흡인력이 작용한다. 그리고 흡인된 정공과 전자가 충돌하면 에너지를 방출하여 동시에 소멸된다. 이렇게 방출된 에너지가 바로 빛이 된다. 반도체는 주입하는 불순물의 원소에 따라 P 형이나 N 형으로 분류된다. 하나의 반도체 안에 P 형과 N 형을 만들면, 접합되는 순간 정공과 전자가 충돌한다. 그러나 그것은 최초에만 하게 되고 상호 소멸된 이후에는 즉시 에너지의 벽이 생겨 그 이상의 소멸을 방지하게 된다. 이와 같이 PN 접합에서는 정공과 전자는 서로 분리되어 있다.

MEMO



- ✓. 반도체에 순방향 전압을 가하게 되면 이 전압에 따라 장벽이 약하게 되어 P 형에서 N 형으로 정공이 흐르게 되고 반대로 N 형에서 P 형으로 전자가 이동하게 된다. 서로의 영역으로 주입된 정공과 전자는 그 즉시 충돌하여 빛 에너지가 되어 소멸한다.
- ✓. 전하가 이동하면 전류가 되므로 이 때 PN 접합을 통하여 반도체 내부에 전류가 흐르게 된다.





✓. PN 접합에 순방향 전류를 흐르게 하면, 전자와 정공의 발광에 동반되는 소멸이 생기지만 P형 안에서는 정공이, N형 안에서는 전자가 각각 소멸된 양만큼 만들어진다. 따라서 LED의 발광은 반영구적 이고, 전자와 정공이 충돌할 때의 에너지를 빛으로 낼 수 있는 것은 특별한 에너지 구조를 갖는 반도체만 가능합니다. 이것은 재료의 종류에 의해 결정되고, 주로 갈륨(Ga)의 화합물에 한정된다. 일반적인 다이오드의 재료인 실리콘은 이와 같은 에너지의 구조가 아니기 때문에 전자와 전하의 충돌은 열에너지가 되게 된다.

#### 다. LED 종류

✓. 색상의 종류는 적색, 녹색, 황색이 주류이며 최근에는 청색 발광 다이오드가 개발되어 빛의 3 원색이 가능해져서 풀 컬러의 화상 표시가 가능해졌다.



MEMO

라. 적외선 LED

✓. 발광 다이오드의 일종으로 특별하게 적외선 파장의 빛을 발생하도록 만든 발광 다이오드이다. 최근 TV등의 리모콘에서 신호 송신용으로 많이 이용되고 있으며 다양한 크기와 형태가 있다.



마. 7-세그먼트 LED

✓. 숫자를 표시하기 위해 발광 다이오드 소자를 여러 개 실장 한 것으로 7 개의 소자로 숫자를 표시할 수 있게 되어있기 때문에 7 세그먼트 표시기라고도 불린다. 실제의 표시기는 아래와 같은 예가 있고 크기와 색상에 따라 여러 가지가 있다. 실제의 세그먼트에는 소수점이 추가되어 8 세그먼트로 되어 있다.



### 1-3-6. 트랜지스터

#### 가. 트랜지스터란?

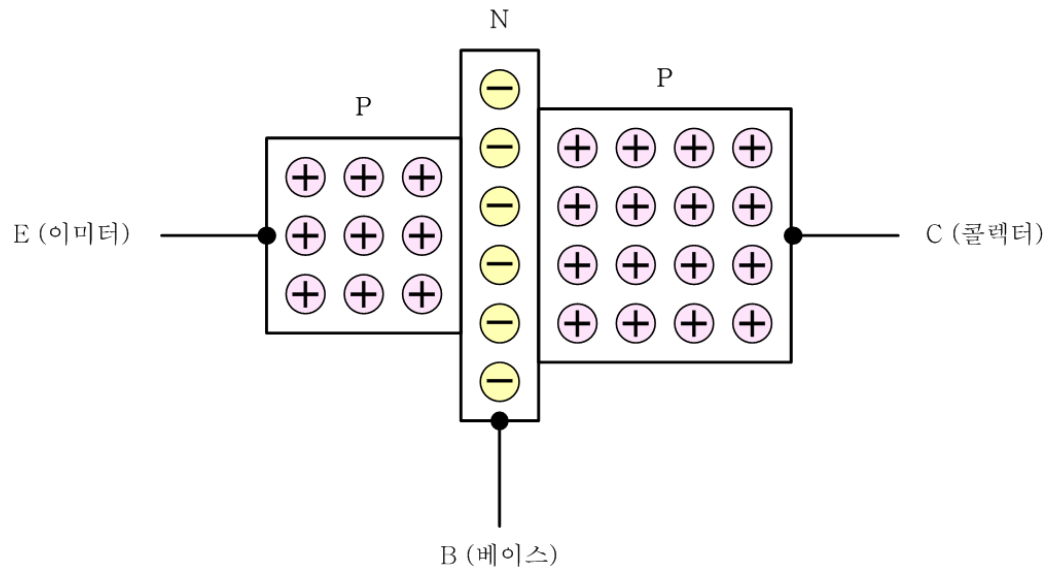
✓. N형 반도체와 P형 반도체를 PNP / NPN 형태로 접합한 구조의 소자로 전류의 흐름을 조절할 수 있도록 하여 만든 중요한 반도체 소자이다. 세 가지 기능, 즉 스위칭, 검파, 증폭용으로써 모든 전자 시스템에 한 가지 또는 여러 가지 형태로 사용된다.

#### 나. 트랜지스터 역사

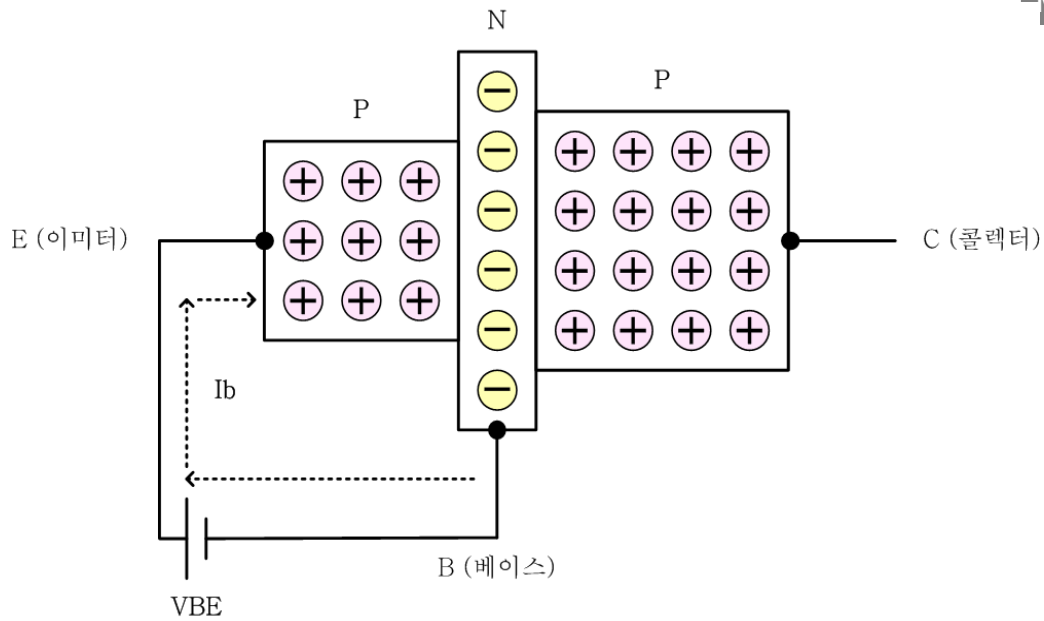
✓. 1948년에 세 명의 물리학자 (W. Shockley, J. Bardeen, W. Brattain)에 의해 트랜지스터가 발명되었으며 당시 전자 공업계에 상당한 충격을 주었다. 그로부터 전자 산업은 빠르게 발전하기 시작했으며 오늘날 일렉트로닉스 시대의 개막에 시초가 되었다. 그 후의 컴퓨터를 시작으로 전자공학의 급속한 발전은 우리의 생활을 편리하고 풍부하게 해 주었다. 트랜지스터는 당초 게르마늄이라는 반도체로 만들어졌으나 게르마늄은 약 80℃ 정도의 온도밖에 견디지 못하는 결점이 있었다. 이 때문에 지금에 와서는 거의 실리콘을 이용하고 있으며 실리콘은 약 180℃ 이상의 온도에도 견딜 수 있는 물질이다.

#### 다. PNP형 트랜지스터의 동작원리

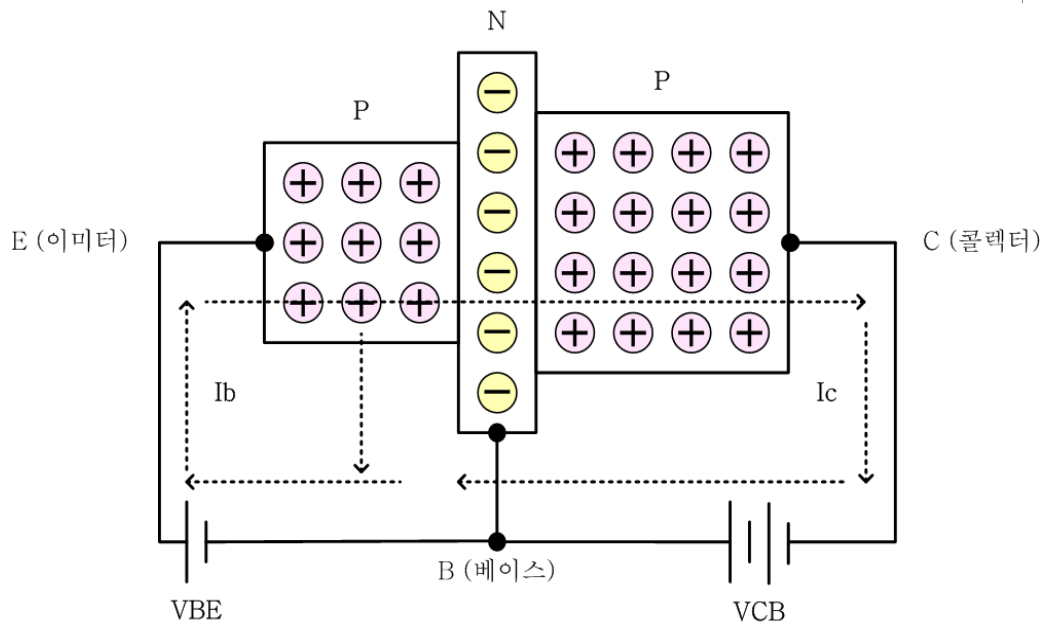
✓. P형, N형, P형의 반도체를 아래 그림과 같이 접합하고 각 반도체로부터 도선을 내놓으면 PNP 형 트랜지스터가 된다. 세 조각의 반도체중 가운데의 얇은 막으로 되어 있는 것은 베이스(B : Base)라고 하고 베이스의 양쪽에 있는 다른 종류의 반도체중 작은 쪽은 이미터(E : Emitter)라 하며 큰 쪽은 콜렉터(C : Collector)라고 한다.



✓. 위의 그림과 같은 트랜지스터(TR)는 P형, N형, P형의 순서로 접합되어 있으므로 PNP형 트랜지스터라고 한다. PNP형 트랜지스터를 아래의 그림과 같이 이미터와 베이스 사이에 순방향으로 전압  $V_{BE}$ 를 공급하면 PN 접합의 2극에서 순방향 전압을 공급한 것이 되므로 이미터에서 베이스 측으로 정공이 이동하여 그림의 점선과 같이 순방향 전류가 흐르게 된다. 이때 전자는 정공과 반대 방향으로 즉, 베이스에서 이미터 측으로 이동한다.

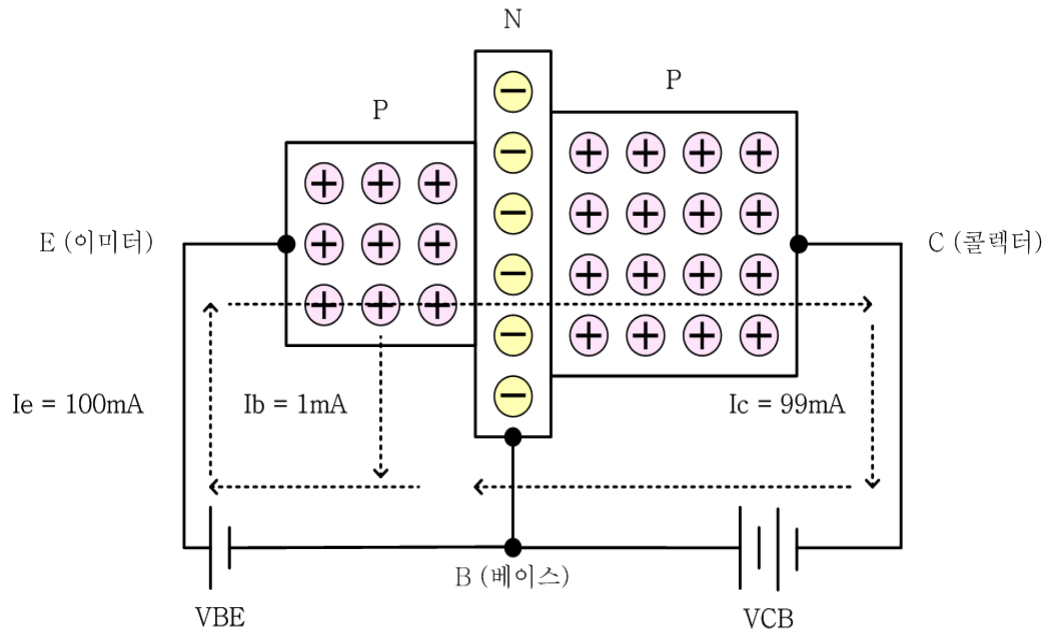


이 때 아래의 그림과 같이 컬렉터와 베이스 사이에 역방향으로 더 높은 전압  $V_{CE}$ 를 공급하면 이미터에서 베이스 측으로 들어갔던 정공의 대부분이 컬렉터 측의 높은 전압에 끌려 컬렉터 측으로 이동하고 소수의 정공만이 베이스 측으로 이동한다. 즉 대부분의 전류는 컬렉터 측으로 흐르고 작은 전류가 베이스 측으로 흐르게 된다.



MEMO

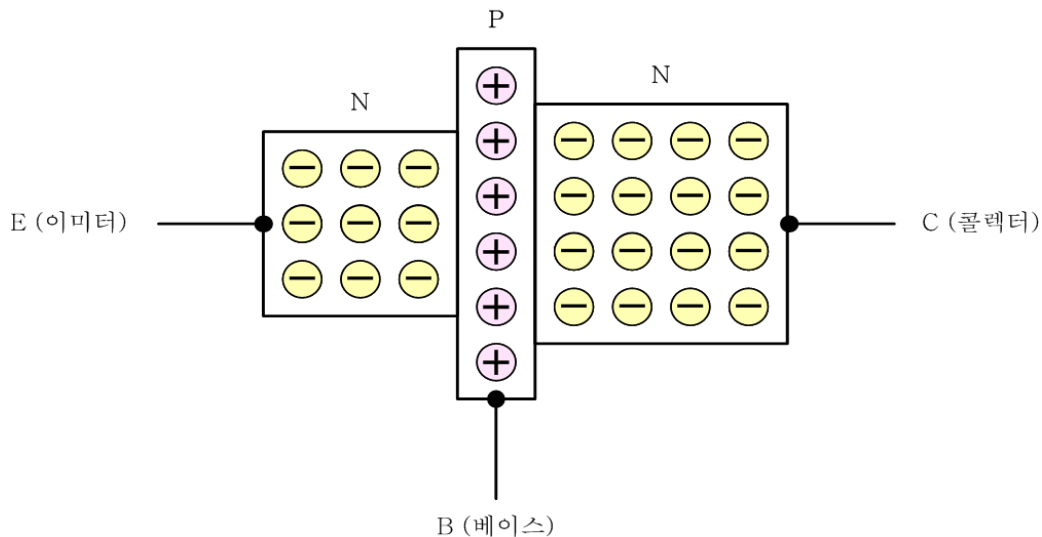
✓. 순방향 전압  $V_{BE}$ 에 의하여 이미터 측의 정공이 이동 할 때는 원래 베이스 측으로 이동하기 위하여 베이스의 영역내로 들어가게 되나 정공이 베이스의 영역에 일단 들어가면 훨씬 높은 전압이 걸려있는 콜렉터에 가까워 졌으므로 정공은 대부분 콜렉터에 끌려가고 소수의 정공이 베이스 측으로 이동하게 되는 것이다. 그러므로 순방향 전압  $V_{BE}$ 를 높여서 이미터로부터 베이스 측으로 들어가는 정공의 수를 많아지게 하면 거기에 비례하여 콜렉터 측으로 끌려가는 정공의 수도 자연히 많아지게 된다. 따라서 트랜지스터는 순방향 전압  $V_{BE}$ 에 의하여 베이스 전류( $I_b$ )를 증가시키면 콜렉터 전류( $I_c$ )는 자연히 증가하게 되는 것이다. 이와 같은 원리로 동작하는 TR은 일반적으로 콜렉터 전류가 베이스 전류보다 수배 ~ 수십배로 증가하여 흐른다.



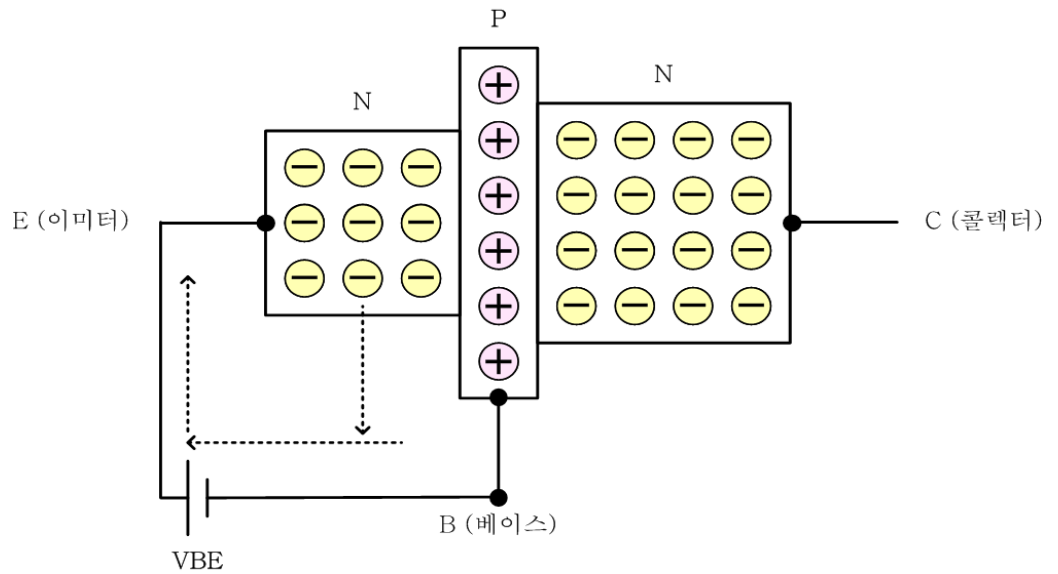
✓. 위 그림과 같은 경우 이미터 전류( $I_e$ )를 100mA 흐르게 하면 콜렉터 전류 ( $I_c$ )는 99mA가 흐르고 베이스전류( $I_b$ )는 1mA가 흐르게 된다. 마찬가지로 이미터 전류( $I_e$ )를 200mA 흐르게 하면 콜렉터 전류 ( $I_c$ )는 198mA가 흐르고 베이스전류( $I_b$ )는 2mA가 흐르게 된다. 그러므로 이런 TR은  $I_b$ 가 1mA에서 2mA로 1mA 증가할 때  $I_c$ 는 99mA에서 198mA로 99mA가 증가하게 되므로  $I_c$ 는  $I_b$ 의 99배나 확대되어 흐르는 것이다. 이런 경우를  $I_c$ 는  $I_b$ 가 99배 전류증폭이 되었다고 하며 이 TR은 전류증폭률이 99라고 한다. 이 처럼 TR은 베이스 측으로 약간의 전류만 흘러도 콜렉터 측으로는 수배내지 수십배로 큰 전류가 흐르게 하는 전류 증폭 작용이 있는 것이다. 그리고 이때 이미터에

흐르는 전류( $I_e$ )는 컬렉터 전류 ( $I_c$ )와 베이스 전류( $I_b$ )로 나누어져 흐르므로 항상  $I_e = I_c + I_b$ 의 관계가 성립한다.

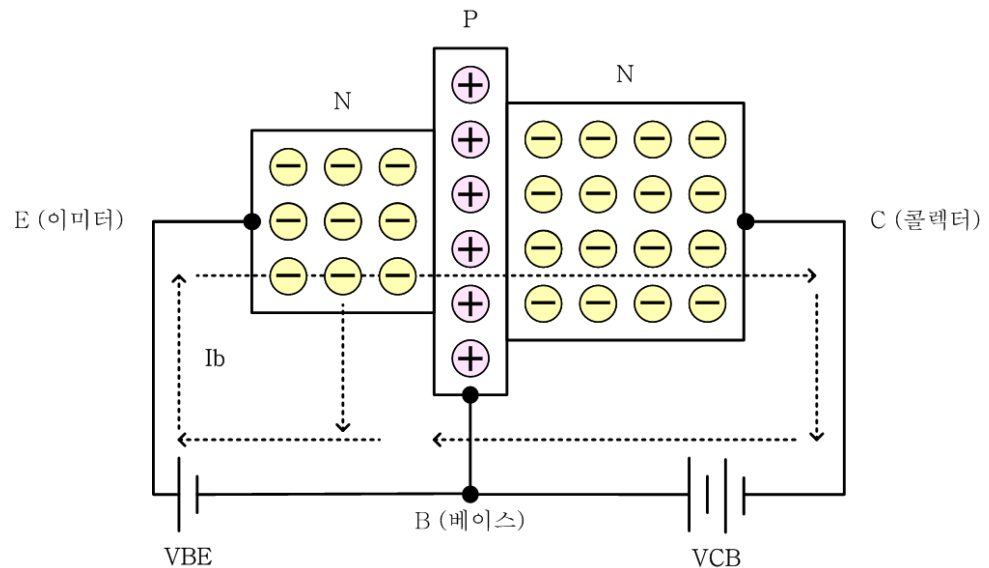
#### 라. NPN형 트랜지스터의 동작원리



✓. 위의 그림은 N형, P형, N형의 순으로 서로 접합된 NPN형 트랜지스터이다. NPN형 트랜지스터 역시 PNP형 트랜지스터와 같이 가운데에 얇은 막으로 되어 있는 것이 베이스이고 양쪽에 있는 다른 종류의 반도체중 작은 쪽은 이미터이며 큰 쪽은 컬렉터이다. PNP형에서는 이미터에 들어있는 정공이 전류를 운반하였으나 NPN형에서는 이미터에 들어있는 전자가 전류를 운반한다. NPN형 트랜지스터에서는 이미터에서 베이스측으로 들어가던 전자의 대부분이 컬렉터 측의 +전압에 끌려가는 동작을 한다. 즉 아래의 그림과 같이 NPN형 트랜지스터의 이미터-베이스 사이에 순방향 전압  $V_{EB}$ 를 공급하면 이미터에서 컬렉터 측으로 전자가 이동한다. 전류는 전자의 방향과 반대이므로 이 때 전류는 베이스에서 이미터측으로 흐른다.



하지만 아래의 그림과 같이 콜렉터-베이스 사이에 역방향으로 더 높은 전압  $V_{CB}$ 를 공급하면 이미터에서 베이스 측으로 들어가던 전자의 대부분이 콜렉터 측의 높은 전압에 끌려 콜렉터 측으로 이동하게 된다.

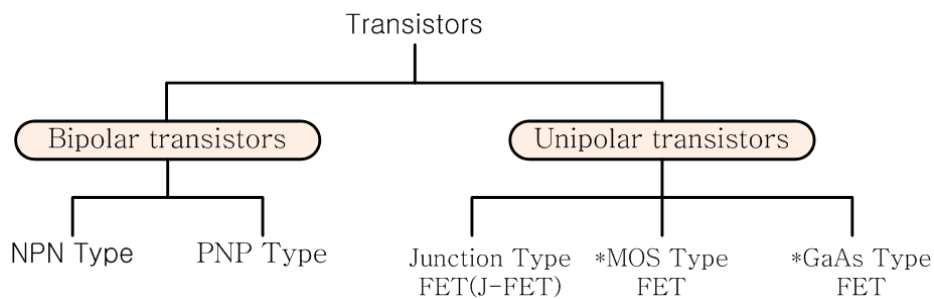


✓.  $I_b$ 가 흐르면  $I_c$ 가 흐르고  $I_b$ 가 증가하면  $I_c$ 가 수십배에서 수백배 정도로 크게 증폭되어 흐른다. 트랜지스터의 기능을 수도에 비유해 보면 이해가 쉽다. 베이스는 수도의 밸브, 콜렉터는 수도꼭지 그리고 이미터는 수도배관에 비유할 수 있다. 수도밸브를 작은 힘(베

이스의 입력신호)으로 조정하여 수도꼭지에서 많은 물이 나오며 물의 양(컬렉터 흐르는 전류)을 조절한다고 생각하면 이해하면 정확하다.

#### 마. 트랜지스터 구조에 따른 분류

✓. 트랜지스터의 동작구조상 차이에 따라 바이폴라(bipolar) 트랜지스터와 유니폴라(unipolar) 트랜지스터로 분류 할 수 있습니다.



#### 바. 바이폴라 트랜지스터, FET, MOS

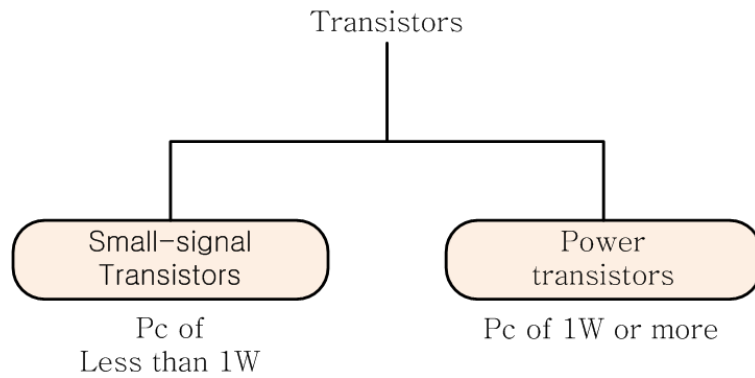
✓. 바이폴라 트랜지스터 : Bi(2개) Polar(극성)의 의미로서 트랜지스터를 구성하는 반도체에 정공(플러스극성)과 전자(마이너스극성)에 의해 전류가 흐르게 되어 있는 것을 바이폴라 트랜지스터라고 한다. 일반적인 트랜지스터는 실리콘으로 되어 있는 바이폴라 트랜지스터이다.

✓. FET : Field Effect Transistor의 약어로 전계 효과 트랜지스터라 하며 접합형 FET와 MOS형 FET 및 GaAs형 FET가 있다. 접합형 FET는 오디오기기와 같은 아날로그 회로에 많이 이용되며 MOS형 FET는 주로 마이크로컴퓨터 등의 디지털 IC에 사용되고 있다. GaAs형 FET는 위성방송 수신 등의 마이크로파의 증폭에 사용된다.

✓. MOS: Metal Oxide Semiconductor의 약어로 그 구조가 금속(Metal), 실리콘 산화막(Oxide), 반도체(Semiconductor)의 순으로 되어 있어서 MOS로 불리고 있다. MOS에는 P형과 N형, C형이 있으며 소비 전류를 작게 할 수 있기 때문에 마이크로컴퓨터 등 집적도가 높은 IC에 사용된다.

MEMO

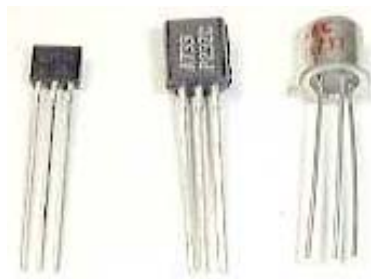
사. 사용전력에 따른 분류



✓. 최대정격의 콜렉터 손실 PC에 따라 분류하는 방법이다. 크게 나누어 소신호 트랜지스터와 파워트랜지스터로 분류하며 일반적으로 파워트랜지스터라 하면 1[W] 이상의 것을 말한다.

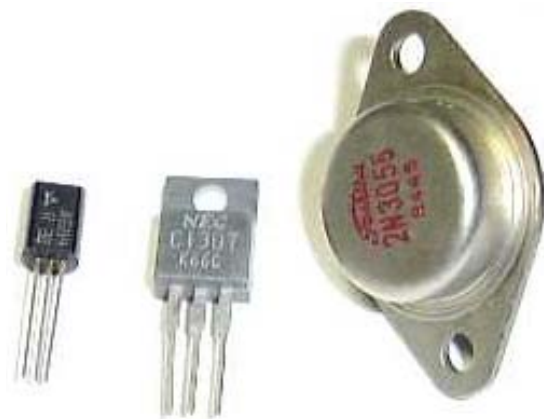
아. 소신호 트랜지스터

✓. 최대 콜렉터 전류(IC max)가 500 mA 이하, 최대 콜렉터 손실(PC max) 1[W] 미만의 트랜지스터 소신호 트랜지스터로 부르며 일반적으로 수지몰드 타입이 많은 것이 특색이다.



## 자. 파워트랜지스터

✓. 일반적으로 파워트랜지스터라고 할 때는 PC 1[W] 이상의 것을 말한다. 소신호 트랜지스터에 비해 최대 콜렉터 전류와 최대 콜렉터 손실이 크고 발열에 대비하여 형상도 크고 금속으로 쉴드 되어 있거나 방열판 이 첨부되기도 한다.



## 차. 트랜지스터의 세부분류

✓. 트랜지스터는 반도체 가운데에서도 가장 많이 사용되는 기본적인 반도체 부품으로 증폭 작용을 발견하여 사용되기 시작 하였다. 트랜지스터에는 상당히 많은 종류가 있으며 용도나 특성에 따라 많은 종류가 만들어지고 있다. 일반적으로 사용되며 비교적 쉽게 접할 수 있는 것으로 간단히 분류 하면 다음과 같다.

### ✓. NPN 트랜지스터

접합의 구성에 의한 종류로 플러스 전원으로 동작.

2SC××× : 고주파 용 (저주파용에도 사용할 수 있다)

2SD××× : 저주파 용

### ✓. PNP 트랜지스터

접합의 구성에 의한 종류로 마이너스 전원으로 동작.

2SA××× : 고주파 용 (저주파용에도 사용할 수 있다)

2SB××× : 저주파 용

✓. 고주파용과 저주파용의 구별은 명확하지 않으며 제조업체(등록업체)의 지정에 의해 정해진다.

MEMO

타. 회로도 기호

| 회로기호                                                                                       | 약 호     | 명 칭            | 기 능                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|-------------------------|
|  2SAxxx   |         | PNP<br>트랜지스터   | 증폭 및 스위칭                |
|  2SCxxx   |         | NPN<br>트랜지스터   | 증폭 및 스위칭                |
|  2SKxxx   | FET     | 전계 효과<br>트랜지스터 | 고 입력 임피던스,<br>증폭 및 스위칭용 |
|  2SJxxx | FET     | 전계 효과<br>트랜지스터 | 고 입력 임피던스,<br>증폭 및 스위칭용 |
|  2SKxxx | MOS FET | 전계 효과<br>트랜지스터 | 고 입력 임피던스,<br>증폭 및 스위칭용 |
|  2SJxxx | MOS FET | 전계 효과<br>트랜지스터 | 고 입력 임피던스,<br>증폭 및 스위칭용 |

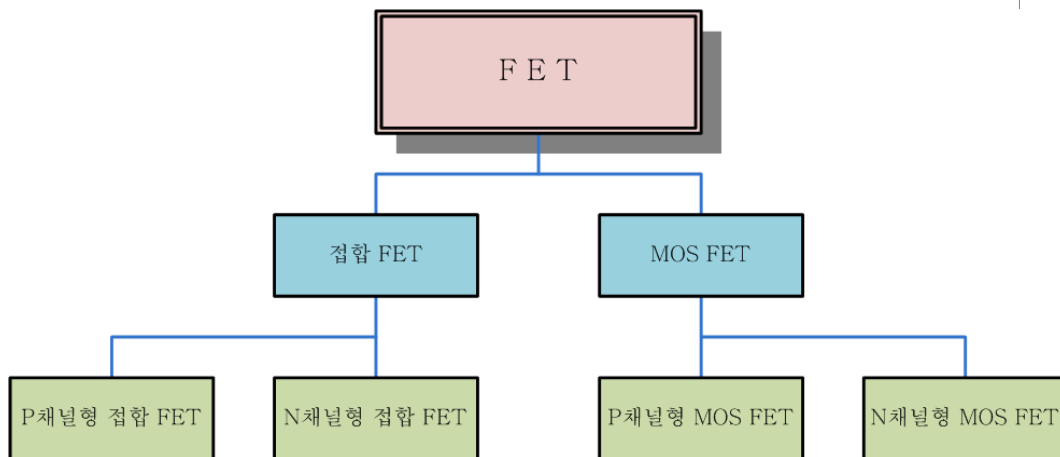
1-3-7. FET

가. FET

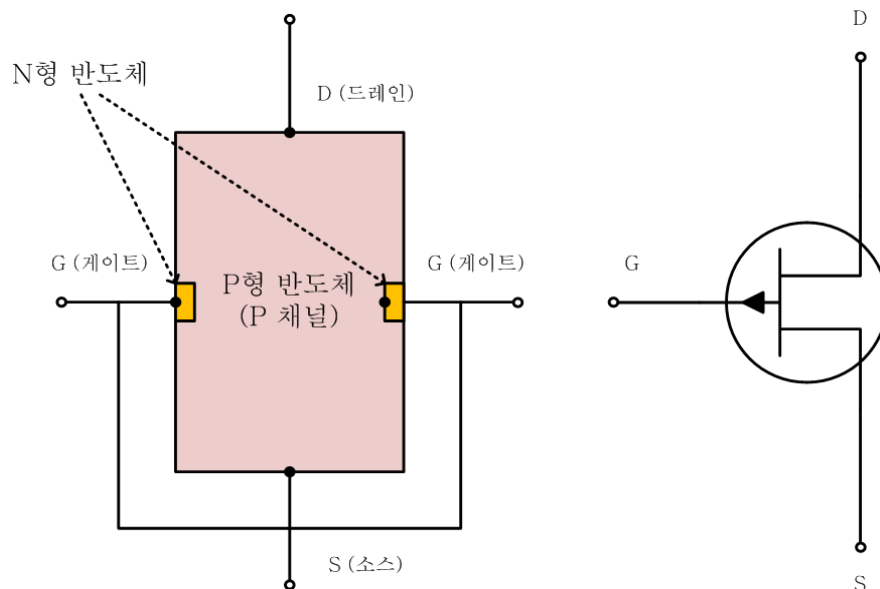
- ✓. FET란 전계효과트랜지스터(Field effect transistor)를 칭하는 말이며 FET는 일반적인 접합트랜지스터와 외관은 거의 유사하지만 내부구조와 동작원리는 전혀 다르다. FET는 각종 고급 전자기계와 측정장비, 자동제어회로 등에 이용되고 있다.
- ✓. FET를 구조에 의해 분류하면 접합 FET(J-FET)와 MOS FET의 두 종류가 있으며

이것들은 각각 전류의 통로가 P형 반도체로 된 P 채널형과 전류의 통로가 N형 반도체로 된 N 채널형이 있다.

✓. P 채널형은 정공이 전류를 운반하는 것으로 PNP형 트랜지스터와 비슷하고 N 채널형은 전자가 전류를 운반하는 것으로 NPN형의 트랜지스터와 유사하다.



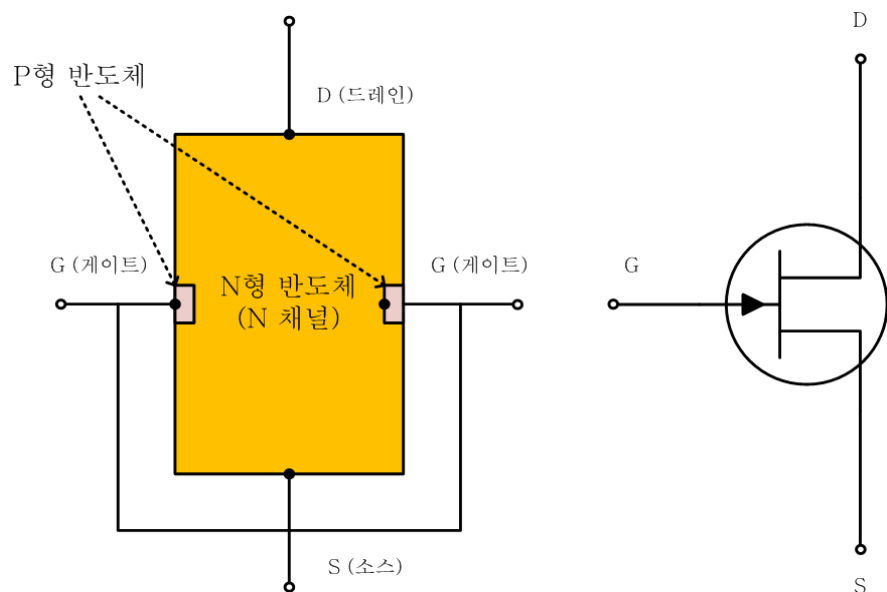
#### 나. P 채널형 접합 FET



MEMO

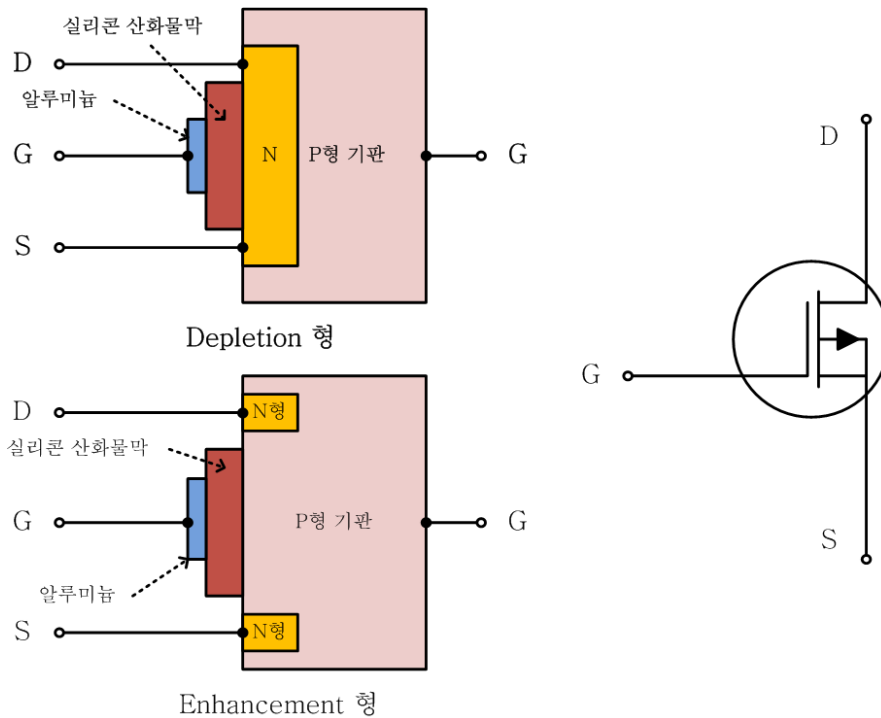
✓. 위 그림은 P채널 접합 FET의 구조이다. 이것은 P형 반도체의 측면에 N형 반도체를 접합하고 P형 반도체의 양단과 측면에 부착된 N형 반도체로부터 각각 리드를 내놓은 것인데 측면에 나온 리드는 게이트(G: Gate)이고 P형 반도체의 양단에서 나온 두개의 리드 중 한쪽은 소스(S: Source)라 하며 다른 한쪽은 드레인(D : Drain)이라고 한다. 위의 그림의 우측은 P채널 접합 FET를 나타내는 기호이다. 게이트에 표시된 화살표는 게이트 접합부의 순방향을 나타낸 것으로 P채널형임을 알려 주는 것이다. 화살표가 트랜지스터에서 밖으로 나오는 방향으로 있을 때는 P채널형이고, 밖에서 트랜지스터 쪽으로 들어가는 방향 일 때는 N채널형이다. FET가 동작할 때는 드레인과 소스간에 전류가 흐르는데, 위의 그림에서는 전류가 흐르는 통로가 P형 반도체로 되어 있기 때문에 P 채널형이라고 한다. FET의 명칭 가운데서 2SJ11, 3SJ11등과 같이 J형으로 되어 있는 트랜지스터는 P채널형의 FET 이다.

다. N 채널형 접합 FET



✓. 위의 그림은 N형 반도체의 측면에 P형 반도체를 접합하고 N형 반도체의 양단과 측면에 있는 P형 반도체로부터 각각 리드를 내놓은 것인데 이것은 N채널 접합 FET 이다. FET의 명칭 가운데서 2SK11, 3SK14등과 같이 K형으로 되어 있는 트랜지스터는 N채널형의 FET 이다.

## 라. MOS FET



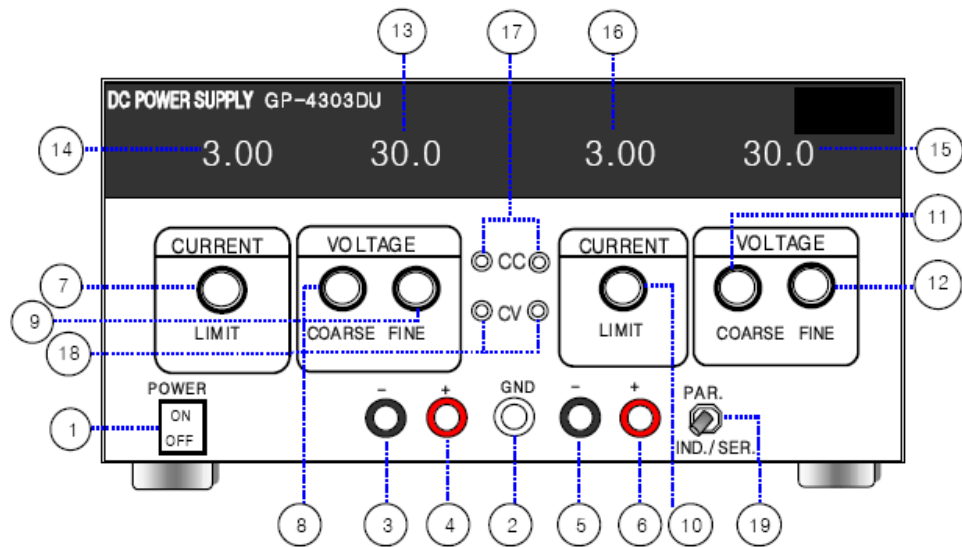
✓. 위의 그림은 MOS(Metal Oxide Semiconductor)형 FET의 구조이다. P형 반도체의 기판에 N형 반도체를 만들고 N형 반도체의 표면에 알루미늄으로 된 게이트를 부착시킨 것인데 N형 반도체와 게이트사이에는 실리콘 산화물의 얇은 막을 형성시켜서 절연도가 매우 높게 하였다. 위의 그림의 좌측에는 N형 반도체 양단에서 나온 두개의 리드 중 한쪽은 드레인이고 다른 한쪽은 소스인데 이와 같은 구조로 된 것을 디플레이션(depletion)형 MOS FET이라고 한다. 그림中间的 것은 인핸스먼트(enhancement)형 MOS FET라고 하는 것의 구조도로, 이것은 N채널이 없는 것으로 되어있으나 동작시에는 실리콘산화물의 얇은 막 옆에 N채널이 형성된다. FET와 접합 트랜지스터를 비교하면 FET의 드레인은 트랜지스터의 컬렉터와 같고, 소스는 이미터와 같으며, 게이트는 베이스와 같다. 그리고 P채널형은 PNP형과 비슷하고 N채널형은 NPN형 트랜지스터와 비슷하기 때문에 PNP형 트랜지스터의 컬렉터에 -전압을 공급하는 것과 마찬가지로 P채널 FET의 드레인에는 -의 전압을 공급하고, NPN형 트랜지스터의 컬렉터에 +전압을 공급하는 것처럼 N채널 FET의 드레인에는 +전압을 공급해야 한다.

MEMO

## CHAPTER 2. 측정장비

### 2-1. 직류전원장치(GP-4303DU)

✓. 직류전원장치의 종류는 다수의 종류가 있으며 각 시험장 마다 다를 수 있다. 본 교재에서는 특정 모델을 이용하여 설명한다.



#### 가. 판넬의 기능설명

|    |           |                  |
|----|-----------|------------------|
| 1  | 전원스위치     | 기기의 전원을 단속하는 스위치 |
| 2  | GND단자     | 본장비의 Ground 단자   |
| 3  | (-) 출력단자  | 1채널 (-)단자        |
| 4  | (+) 출력단자  | 1채널 (+)단자        |
| 5  | (-) 출력단자  | 2채널 (-)단자        |
| 6  | (+)출력단자   | 2채널 (+)단자        |
| 7  | 전류제한보름    | 1채널 전류제한 설정 보름   |
| 8  | Coarse 보름 | 1채널 주 전압조정보름     |
| 9  | Fine보름    | 1채널 미세전압조정보름     |
| 10 | 전류제한보름    | 2채널 전류제한 설정 보름   |
| 11 | Coarse 보름 | 2채널 주 전압조정보름     |

|    |          |                           |
|----|----------|---------------------------|
| 12 | Fine보름   | 2채널 미세전압조정보름              |
| 13 | 디지털 전압메타 | 1채널 전압표시 메타 (3digit)      |
| 14 | 디지털 전류메타 | 1채널 전류표시 메타 (3digit)      |
| 15 | 디지털 전압메타 | 2널 전압표시 메타 (3digit)       |
| 16 | 디지털 전류메타 | 2채널 전류표시 메타 (3digit)      |
| 17 | C.V 표시기  | 정전압모드로 동작하고 있음을 나타내는 LED  |
| 18 | C.C표시기   | 정전류모드로 동작하고 있음을 나타내는 LED  |
| 19 | 모드선택스위치  | 독립, 직렬, 병렬모드를 선택하기 위한 스위치 |
| 20 | 고정출력단자   | 5V/2A고정출력단자임              |

#### 나. 동작순서

✓. 채널1과 채널2의 0~3A , 0~30V를 가가 독립적으로 사용할 수 있도록 한 기능으로 두 채널의 작동방법은 서로 동일하다.

|   |                                                                                                        |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 전원 스위치를 오프 한다.                                                                                         |
| 2 | AC 115V / 230V 선택스위치를 입력전압과 일치하도록 선택한다.                                                                |
| 3 | 전압 보름을 반시계방향 끝까지 돌려놓는다.                                                                                |
| 4 | 전류 제한 보름을 시계최대 방향으로 놓는다.                                                                               |
| 5 | 전원 코드를 AC라인에 접속 시킨다.                                                                                   |
| 6 | 전원스위치를 온 한다.                                                                                           |
| 7 | 전압 보름을 돌려서 전압 메타에 사용하고자하는 전압이 되도록 조정한다.                                                                |
| 8 | 부하의 극성에 유의하여 프로브를 출력단자로부터 부하에 접속시킨다.                                                                   |
| 9 | 부하의 정격전류에 맞도록 전류를 제한하고 싶다면 먼저 출력전압을 약 5V로 맞추고 출력단자를 쇼트 시킨 후 전류메타를 주시하면서 원하는 전류만큼 전류 제한 보름을 사용하여 조정시킨다. |

MEMO

다. 직렬연결기능

√. 채널1과 채널2를 직렬로 연결하여 전압을 2배 즉, 60V의 전압을 사용할 수 있도록 한 기능으로 동작순서는 다음과 같다.

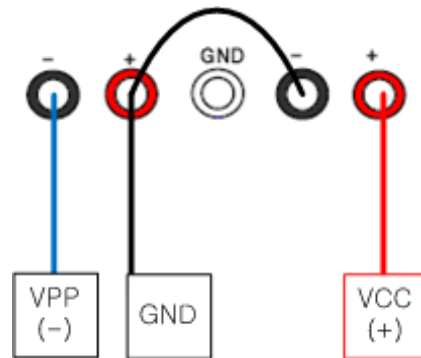
|   |                                                                                                                    |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 먼저 나 항의 작동순서 1~2항을 실행한다.                                                                                           |
| 2 | 1채널(+)출력단자 (4)와 2채널 (-) 출력 단자(5)를 연결한다.                                                                            |
| 3 | 5-2-1 작동순서의 3~6항을 실행한다.                                                                                            |
| 4 | 채널1과 채널2의 전압 메타에 나타나는 값의 합이 원하는 전압이 되도록 두 채널의 전압 보륨을 조정하여 맞춘다.                                                     |
| 5 | 부하의 극성에 유의 하여 채널1의 (-)출력단자(3)과 채널2의 (+)출력단자 (6)을 프로브로 부하에 접속시킨다.                                                   |
| 6 | 만약 직렬출력으로 사용할 때 전류를 제한하고자 한다면 채널 1의 전압 노브를 약 5V로조정하고 채널 1의 출력단자를 쇼트 시킨 후에 전류 메타를 보면서 채널1의 전류 제한보륨으로 원하는 전류만큼 조정한다. |

라. 양 전원 기능(듀얼기능)

√. 채널1과 채널2를 동시에 접지하여 +30V(양의 전압)와 -30V(음의 전압)을 사용할 수 있도록 한 기능으로 동작순서는 다음과 같다.

|   |                                                                                                                                                                  |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 먼저 나 항의 작동순서 1~2항을 실행한다.                                                                                                                                         |
| 2 | 쇼트바로 출력(GND)단자와 채널1의 (+)출력단자(4)및 채널2의 (-)출력단자(5)를동시에 쇼트 시킨다.                                                                                                     |
| 3 | 5-2-1 작동순의 3~6항을 실행한다.                                                                                                                                           |
| 4 | 채널1에서 0~-30V인 음의 전압을, 채널2에서 0~+30V인 양의 전압을 부하에 접속하여 사용 할 수 있게 한다.                                                                                                |
| 5 | 만약 +,-양 전원을 사용할 때 전류를 제한하고자 한다면 채널1의 전압 보륨을 약 5V로조정하고 채널1의 출력단자를 쇼트 시킨 후 전류 메타를 주시하면서 채널1의 전류제한보륨을 조정하여 원하는 전류값을 맞춘다.<br>채널2의 경우도 동일한 방법으로 채널2의 전류 제한값을 조정하면 된다. |

### 마. (+) 전원과 (-) 전원 사용하기



✓. 회로도 제작 중 (+) 전원과 (-) 전원을 동시에 필요로 하는 회로가 있을 경우 그림과 같이 연결하여 사용한다. 먼저 채널1의 (+)출력단자와 채널2의 (-)출력단자를 연결한다. 그림과 같이 연결하게 되면 두 단자의 묶음으로 인해 GND의 기능을 수행하게 되며, 채널1의 (-)출력단자에서는 (-) 전원이 출력되게 되고 채널2의 (+)출력단자에서는 (+) 전원이 출력되게 된다. 그러므로 회로도에서 필요로 하는 전원량을 조정하여 사용한다.

### 2-2. 오실로스코프(OS-5030C)

✓. 오실로스코프의 종류는 다수의 종류가 있으며 각 시험장마다 다를 수 있다. 본 교재에서 특정 모델을 이용하여 설명한다.

### 가. 시간영역에서의 주파수

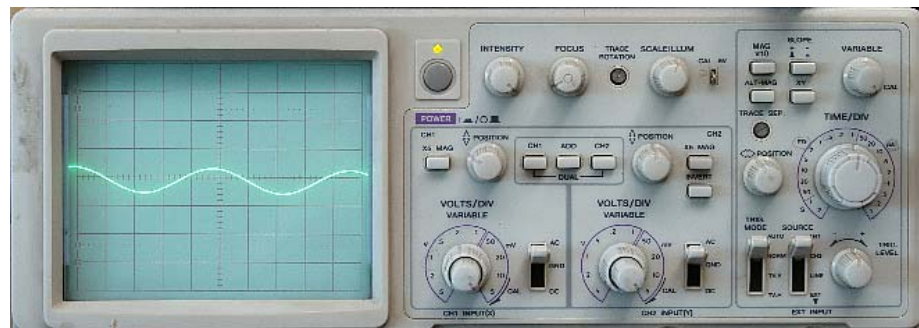
✓. 주파수는 단위 시간당 진동수로 정의할 수 있다. 따라서 오실로스코프는 시간상에서 진동하는 신호의 형태를 표시해 주는 계측기이다. 그러므로 오실로스코프를 통하여 신호의 주파수와 크기 그리고 형태 등을 분석할 수 있다.

✓. 오실로스코프는 외부로부터 입력되는 신호에 대하여 신호의 특성의 변형을 줄 수 없으므로 계측기의 조작을 통하여 신호를 분석해야 한다. 따라서 주파수의 정의를 수식으로 표현해 보면 다음과 같다.

MEMO

$$f_{\text{주파수}} = \frac{1 \text{ 진동수}}{T_{\text{단위시간}}}$$

✓. 위 식에서 외부로 입력되는 진동수는 변형할 수 없으므로 신호의 정확한 분석을 위해 오실스코프에서는 시간의 범위를 조정할 수 있다. 다음은 입력되는 신호에 대하여 시간의 범위를 조정함으로써 보여 지는 신호의 형태이다. 시간에 대한 조정은 오실로스코프의 회전형 스위치 중 TIME/DIV 로 정의되어 있는 스위치를 ‘좌’ 또는 ‘우’ 방향으로 돌리며 시간의 범위를 조정한다.



[TIME/DIV : 0.1ms]



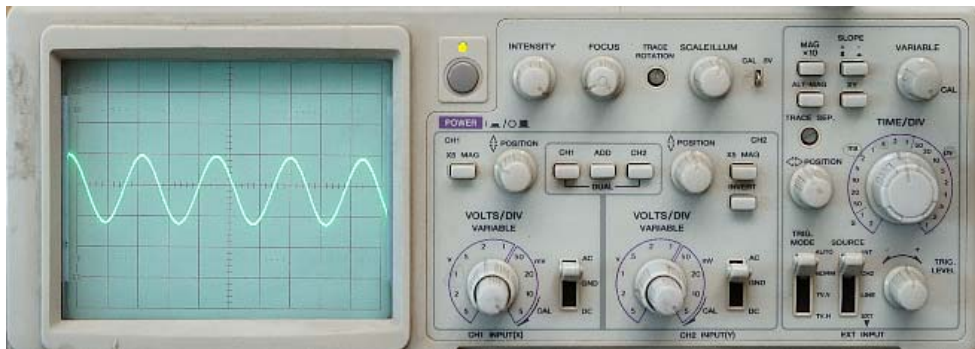
[TIME/DIV : 0.5ms]



[TIME/DIV : 1ms]

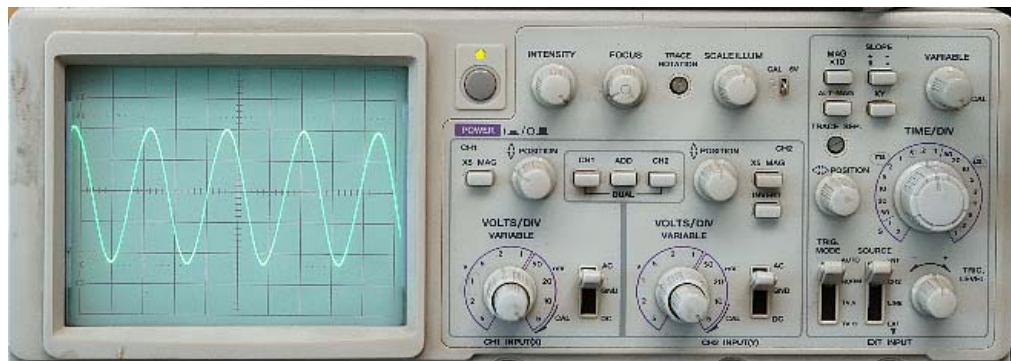
✓. 그림에서와 같이 오실로스코프의 시간의 범위를 조정함에 따라 입력되는 신호는 동일하지만 수평 축으로 변화되는 것을 볼 수 있다. 따라서 오실로스코프의 수평축은 시간에 대한 표시이다.

✓. 신호를 분석하기 위한 또 다른 하나는 신호의 크기이다. 신호의 크기는 전압과 관련됨으로 오실로스코프는 입력되는 신호의 크기를 분석할 수 있도록 구성되어 있다. 따라서 신호의 크기에 대한 분석은 오실로스코프의 수직축의 범위를 조정하여 확인할 수 있다. 수직축의 범위 조정은 오실로스코프의 회전형 스위치 중 VOLTS/DIV 으로 정의되어 있는 스위치를 ‘좌’ 또는 ‘우’ 방향으로 회전 시키며 조절한다.

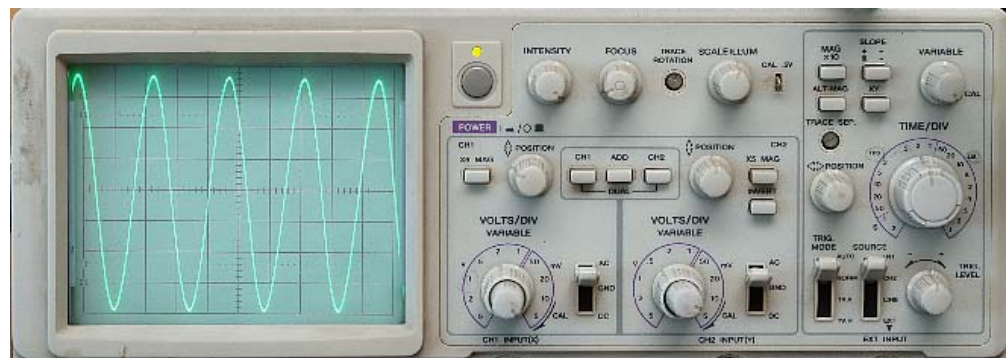


[VOLTS/DIV : 2V]

MEMO



[VOLTS/DIV : 1V]

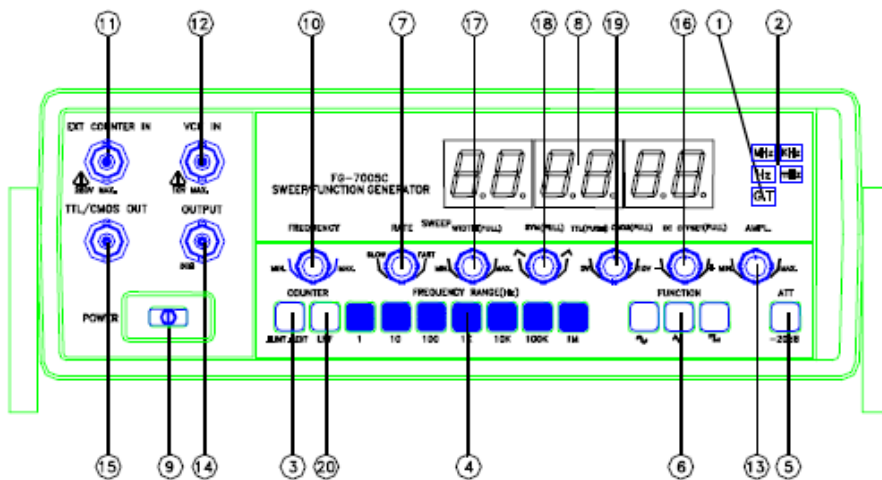


[VOLTS/DIV : 0.5V]

### 2-3. 함수발생기(FG-7005C)

✓. 오실로 스코프의 종류는 다수의 종류가 있으며 각 시험장 마다 다를 수 있다. 본 교재에서 특정 모델을 이용하여 설명한다.

✓. 함수발생기는 신호를 만들어 내는 계측기로서 파형은 사인파, 구형파, 톱니파 등이다. 신호 발생기는 통상 낮은 전압 출력을 가지고 있는데, 그 이유는 전원을 공급하기보다는 측정과 실험을 하기 위하여 일반적으로 신호 발생기를 사용하기 때문이다. 함수 또는 파형 발생기라 불리는 특별한 형태의 신호 발생기는 광범위한 주파수의 사인파, 및 톱니파를 만들지만 상대적으로 낮은 전압이다.



#### 가. 각 조절기능설명

|   |                   |                                      |
|---|-------------------|--------------------------------------|
| 1 | GATE 시간 표시기 (G.T) | 내부/외부 주파수 측정시의 게이트 시간을 표시한다.         |
| 2 | 단위표시 램프           | 화면에 표시된 측정값의 주파수단위 를 표시한다.           |
| 3 | 측정신호 선택스위치        | 내부발생주파수 또는 외부입력주파수 측정을 선택한다.         |
| 4 | 주파수 범위선택 스위치      | 원하는 발생주파수의 범위를 선택한다.                 |
| 5 | 감쇄기               | 출력되고 있는 신호의 크기를 -20 dB 감쇄 시킨다.       |
| 6 | 파형선택 스위치          | 출력파형을 선택하는 스위치로 정현파, 삼각파, 구형파를 발생한다. |

MEMO

|    |                  |                                                           |
|----|------------------|-----------------------------------------------------------|
| 7  | 소인 속도 조절 손잡이     | 내부 소인기능 동작 시 소인속도를 조절한다.                                  |
| 8  | 주파수 표시기          | 내부/외부 주파수를 읽어 내어 값을 표시합니다.                                |
| 9  | 전원스위치            | 스위치를 누르면 전원이 켜지고, 다시한번 누르면 전원이 꺼진다.                       |
| 10 | 주파수 다이얼          | 이 다이얼을 돌려 발생주파수를 조정한다.                                    |
| 11 | 외부주파수 입력단자       | 외부주파수를 측정하고자 할 때 신호를 이곳에 연결한다.                            |
| 12 | VCF 입력단자         | 신호를 외부에서 입력하고자 할 때 이곳에 신호원을 연결한다.                         |
| 13 | 출력레벨 조절기         | 조절기를 좌우로 돌리면 출력신호의 크기가 증감된다.                              |
| 14 | 출력단자             | 본 기기에서 발생하는 신호가 출력되는 곳이다.                                 |
| 15 | TTL/CMOS 출력단자    | TTL/CMOS 신호를 사용하실 때 이단자에 연결한다.                            |
| 16 | DC OFFSET 조절 손잡이 | 출력 신호의 DC OFFSET 을 조절하기 위해서는 이 손잡이를 조절한다.                 |
| 17 | 소인폭 조절 손잡이       | 소인기능 사용 시 소인폭 을 조절한다.                                     |
| 18 | SYMMETRY 조절 손잡이  | 출력파형의 대칭 또는 경사 를 조절 하고자 할 때 사용한다.                         |
| 19 | TTL/CMOS 조절 손잡이  | CMOS 레벨 을 조절하고자 할 때 이 손잡이 를 당겨서 원하는 레벨로 조절한다.             |
| 20 | 저역 필터 선택스위치      | 이 스위치를 누른 상태에서는 입력 신호가 약 100kHz의 -3dB 지점의 저역 필터를 통해 입력된다. |

#### 나. 측정에 필요한 장비

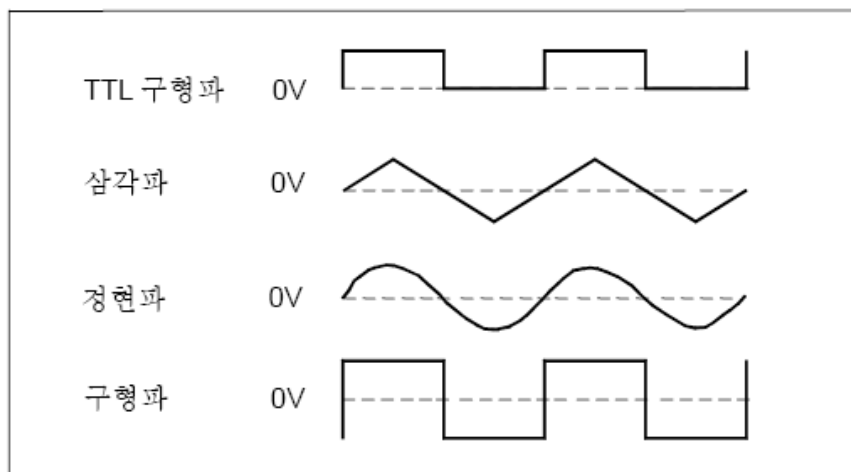
- (1) 오실로 스코프 : 주파수 대역 20MHz 이상의 것.
- (2) 주파수 측정기 : 측정주파수 대역 10MHz 이상의 것.
- (3) 왜율 분석기 : 0.01 % 이상, 100KHz 이상의 것.
- (4) BNC 케이블 : 50Ω.
- (5) TERMINATION : 50Ω.

#### 다. 함수발생기 사용 시 확인사항

- (1) 주파수 범위 선택스위치 를 선택한다.
- (2) 파형선택스위치를 이용하여 정현파 ,삼각파 ,혹은 구형파를 선택한다.
- (3) 증폭도 가변스위치를 중간으로 놓는다.
- (4) 전원스위치를 눌러 장비의 작동을 준비한다. 장비출력신호가 안정되기 까지 약 10분 정도의 예열시간을 준다.
- (5) 파형선택스위치 를 이용하여 정현파 ,삼각파 및 구형파가 정상적으로 출력되는 지를 확인한다.

#### 라. 5 kHz 주파수 발생시키고자 할 때

- (1) 주파수 선택 스위치 중 "1K"을 누른다.
- (2) 주파수 다이얼을 최대위치에 위치시킨다.
- (3) 그러면 5 kHz 원하는 주파수가 발생된다.
- (4) 파형선택스위치를 이용하여 정현파, 삼각파 혹은 구형파 가운데 원하는 파형을 선택한다. 아래 그림은 각 출력 파형의 위상관계를 보여주고 있다.
- (6) 출력레벨 조절기를 사용하여 원하는 출력파형의 크기로 맞춘다.
- (7) DC OFFSET 조절기를 사용하여 출력신호에 “+”또는 “-”의 원하는 직류전압을 가해 준다.
- (8) 또한 고정된 레벨의 TTL 구형파를 “YNC”Y출력단자에서 사용할 수 있으며, 이 신호는 출력레벨 조절기, 감쇄기, DC OFFSET조절기 의 영향을 받지 않는다.

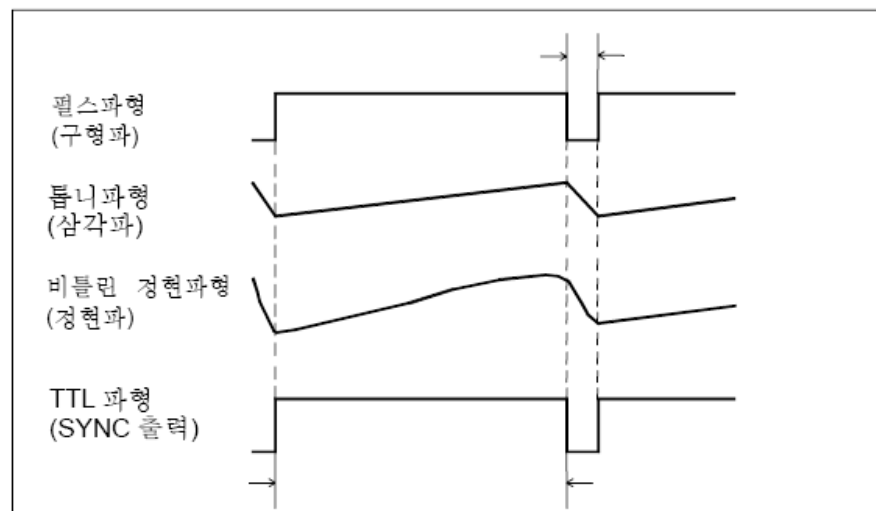


#### 마. 펄스 파형 발생기

## MEMO

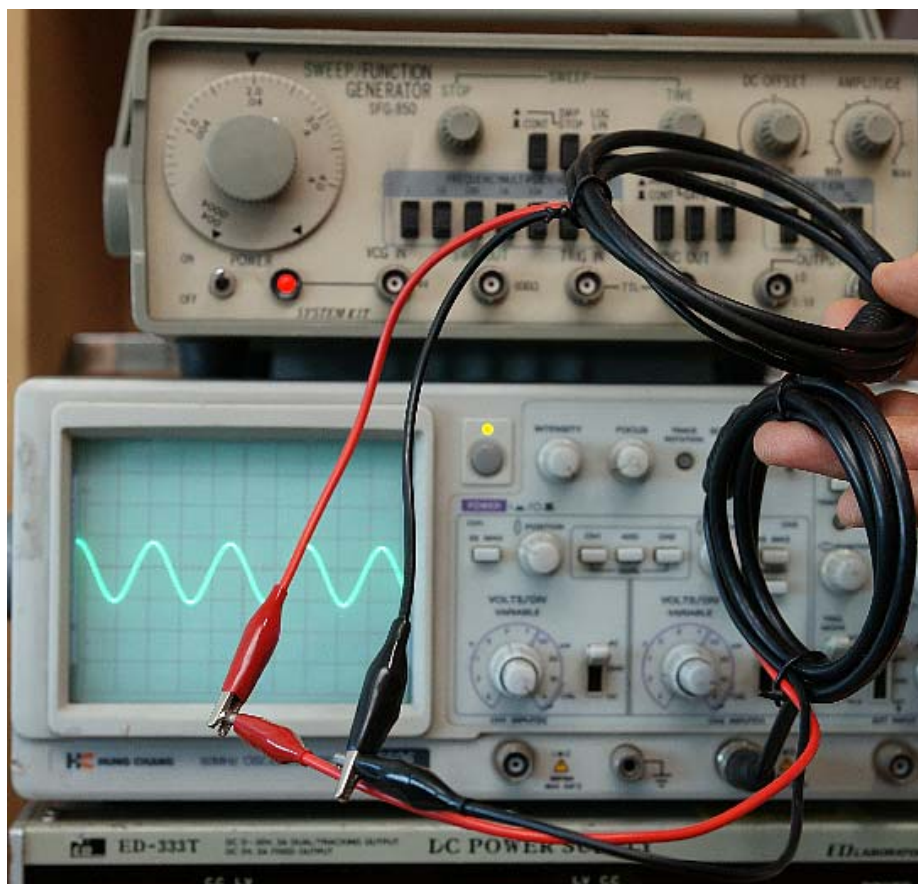
✓. 좌우 대칭이 이루어진 구형파, 정현파 및 삼각파의 + 와 -의 변이는 같은 주기 또는 1:1 비율 이다. 이것은 SYMMETRY 조절기가 “초기상태(PRE-SET)”에 놓여 있는 상태이다. SYMMETRY 조절기를 가변하므로써 최대 10:1 까지 좌우 대칭비를 조절할 수 있으므로, 구형파에서 직사각형파 및 펄스파, 삼각파에서 톱니파 및 정현파에서 비틀린 정현파를 출력으로 공급할 수 있다. 아래 그림은 출력 가능한 파형을 보여주고 있다.

- (1) 주파수 선택스위치를 사용하여 발생시키고자하는 주파수의 범위를 선택하고, 주파수 다이얼을 돌려서 원하는 주파수로 조정한다.
- (2) 파형선택스위치를 이용하여 정현파, 삼각파, 혹은 구형파 가운데 원하는 파형을 선택 한다.
- (3) SYMMETRY 조절기를 가변시켜 원하는 비율로 조절한다.



#### 바. 함수발생기와 오실로 스코프의 연결

✓. 함수발생기는 신호를 발생시키는 계측기 이므로 발생된 신호의 확인은 오실로 스코프를 이용하여 확인한다. 오실로스코프와의 연결은 함수발생기로부터 출력되는 흑색단자와 오실로스코프의 흑색단자, 함수발생기로부터 출력되는 적색단자와 오실로스코프의 적색단자를 연결하여 측정한다.

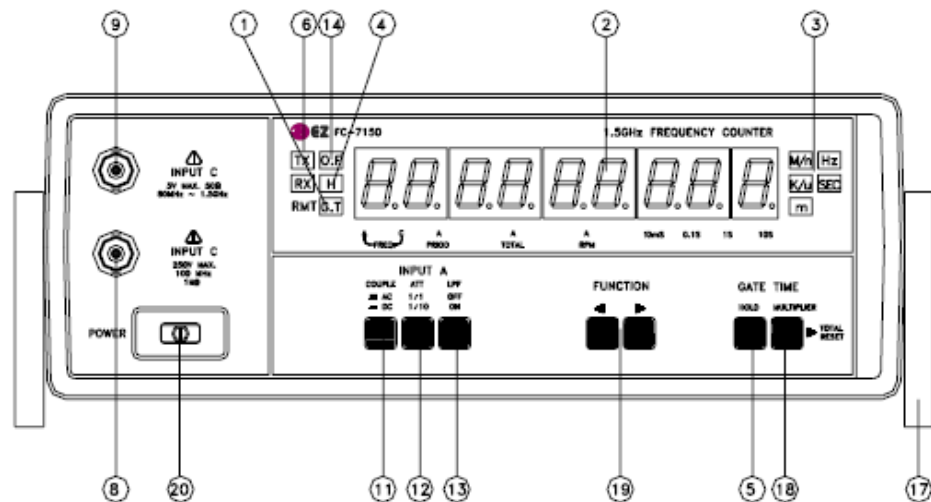


MEMO

MEMO

## 2-4. 주파수카운터(FC-7150)

- ✓. 주파수 카운터는 다수의 종류가 있으며 각 시험장 마다 다를 수 있다. 본 교재에서 특정 모델을 이용하여 설명한다.
- ✓. 주파수 카운터는 외부로부터 입력되는 신호의 형태는 확인할 수 없지만 그 신호가 가지는 특성중 하나인 주파수를 확인해 볼 수 있는 계측기이다.



### 가. 각 조절기능 설명

|   |           |                                                                                 |
|---|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 게이트표시기    | 게이트 표시기가 점등되면 메인 게이트가 오픈되고 측정이 진행 중임을 표시 한다.                                    |
| 2 | 디스플레이     | 9자리 (0.56 인치) 녹색 LED 디스플레이로서 측정값을 표시한다.                                         |
| 3 | 단위표시기     | 모든 측정값의 단위 를 표시하며,Hz, mHz, KHz, MHz, u, n, SEC 등으로 표시한다.                        |
| 4 | 홀드 표시기    | 홀드 표시기가 점등되면, 측정값을 홀드하고 있는 중임을 표시한다.                                            |
| 5 | 홀드 스위치    | 홀드 기능 중에는 디스플레이가 정지하고 있지만 카운터는 계속 측정하며. 홀드 기능을 복구하면 디스플레이가 업데이트되고 카운팅을 다시 시작한다. |
| 6 | TX,RX 표시기 | RS-232C 통신할 경우에 깜박거린다.                                                          |
| 7 | 트리거레벨VR   | 입력 A 신호에 대한 트리거 레벨을 조정, 손잡이 를 잡아당                                               |

|    |               |   |                                                                                       |
|----|---------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |               |   | 겨 돌리면 레벨이 중간지점 근처에서 -에서 +로 바뀐다.                                                       |
| 8  | 입력 A, BNC     |   | 입력 A BNC 콘넥터, 100 MHz 까지 주파수 측정을 위한 입력단자이다.                                           |
| 9  | 입력 C,BNC      |   | 80 MHz 에서 1.5 GHz (3.3GHz) 까지의 주파수 측정을 위한 입력 단자이다.                                    |
| 10 | 입력B, BNC      |   | 입력 B BNC 콘넥터, 100 MHz 까지 주파수 측정을 위한 입력단자이다.                                           |
| 11 | 결합 스위치        |   | 입력 신호의 결합 모드를 AC 또는 DC로 선택할 때 사용한다. (A, B 공통)                                         |
| 12 | 감쇠 스위치        |   | 입력신호의 크기를 10 배 만큼 감쇄하여 입력 할수 있는 기능입니다. (A,B 공통) 이 기능 은 입력 C에는 영향을 미치지 않는다.            |
| 13 | 저역 필터         |   | 이 스위치를 누른 상태에서는 입력 신호가 약 100kHz의 -3dB 지점의 (A,B 공통) 저역 필터를 통해 입력된다.                    |
| 14 | 측정 초과표시       |   | 측정 도중 측정값이 초과될 경우 표시된다.                                                               |
| 15 | SEP/COM A 스위치 |   | 입력 A 의 신호를 입력 B 에서 측정할 경우 이 스위치를 누르고 사용하며, 각각 서다 t 신 를 측정하고자 할 때는 이 스위치를 복구(나온상태) 한다. |
| 16 | 슬로프스위치        |   | 트리거를 위한 입력 A, B의 +지향 또는 -지향 에지를 선택. 이 스위치를 누르면 -로 향하는 에지가 선택되고, 당기면 +로 향하는 에지가 선택된다.  |
| 17 | 핸들            |   | 측정이 용이 하도록 핸들을 조절한다.                                                                  |
| 18 | 게이트타임스위치      |   | 누적계수 측정을 제외한 전 측정기능의 분해능을 선택할 수 있다.                                                   |
| 19 | 평선스위치         | a | FREQ. A. 이 모드를 선택하면 카운터가 입력 A 의 주파수를 나타낸다.                                            |
|    |               | b | FREQ. B. 이 모드를 선택하면 카운터가 입력 B 의 주파수를 나타낸다.                                            |
|    |               | c | PERIOD A. 이 모드를 선택하면 카운터가 입력 A 의 주기를 나타낸다.                                            |
|    |               | d | TOTAL A. 이 모드를 선택하면 장치가 입력 A 신호의 누적 계수를 측정한다.                                         |
|    |               | e | RPM A.이 모드를 선택하면 장치가 입력 A신호의 RPM값을 측정한다.                                              |
|    |               | f | T. I (A→B). 이 모드를 선택하면 장치가 입력 A 신호의 에지부터 입력 B 신호의 에지까지 시간 간격을 측정합니다..                 |

MEMO

|    |        |   |                                                             |
|----|--------|---|-------------------------------------------------------------|
|    |        |   | 각 신호의 + 또는 -로 향하는 예지는 슬로프 스위치 를 통해 선택한다.                    |
|    |        | g | RATIO (A/B). 이 모드를 선택하면 카운터가 입력 A 주파수 대 입력 B 주파수의 비율을 측정한다. |
| 20 | 전원 스위치 |   | 장비의 전원 스위치로서 누르면 켜지고, 다시한번 누르면 꺼진다.                         |

## 나. 주파수 측정

√. 입력 A, B ( 0.1 Hz ~ 100 MHz)

|   |                                                                                                                                                    |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a | 입력 A BNC 에 측정할 신호를 인가한다.                                                                                                                           |
| b | 기능 스위치 를 FREQ.A 에 설정한다.                                                                                                                            |
| c | 게이트 타임 셀렉터를 사용하여 원하는 분해능 정도를 선택한다.                                                                                                                 |
| d | 디스플레이 에 의해 주파수가 표시된다. 각 측정이 진행되는 동안 게이트 표시기가 점등되고, 각 측정 간격 말기에 디스플레이가 업데이트 된다.                                                                     |
| e | 홀드 스위치를 누르면 기존의 눈금에서 디스플레이가 "정지" 된다.<br>홀드 스위치를 놓으면 디스플레이가 업데이트되고 카운팅을 다시 시작한다.                                                                    |
| f | 필요시 감쇠기 스위치 를 누른다.                                                                                                                                 |
| g | 필요시 LPF (저역 필터) 스위치 를 누른다.<br>이는 주파수 카운터에 인가되기 전에 (약 100kHz의 -3dB 지점) 저역 필터를 통해 입력이 된다. 이는 입력에 존재하는 고주파의 영향을 최소화함으로써 저주파 측정중 카운팅 에러를 제거하는데 도움이 된다. |
| h | 낮은 주파수 (10Hz이하) 측정 시, DC 커플링 위치 스위치 를 누른다.                                                                                                         |

√. 입력 C ( FC7150,FC-7150U : 80 MHz ~ 1.5GHz, FC-3000: 80MHz ~ 3.3GHz )

|   |                                            |
|---|--------------------------------------------|
| a | 입력 C BNC 에 측정할 신호를 인가한다.                   |
| b | 기능 표시기를 FREQ.C 위치로 설정한다.                   |
| c | 게이트 타임 스위치를 사용하여 원하는 분해능 정도를 선택한다.         |
| d | 디스플레이에 의해 주파수가 표시된다. 각 측정이 진행되는 동안 게이트 표시기 |

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
|   | 가 점등된다.                               |
| e | 홀드 모드는 앞단락 (주파수 측정 입력 A) "e"항과 동일하다.  |
| f | 감쇠기와 LPF, 커플링 스위치는 입력 C 에 영향을 주지 않는다. |

#### 다. 주기측정

|   |                                                     |
|---|-----------------------------------------------------|
| a | 입력 A, BNC 에 측정할 신호를 인가한다.                           |
| b | 게이트 타임스위치를 사용하여 원하는 분해능 정도를 선택한다.                   |
| c | 디스플레이에 의해 주기 값이 표시됩니다. 각 측정이 진행되는 동안 게이트 표시기가 점등된다. |
| d | 홀드, 감쇠기, 저역필터, 커플링 스위치 적용은 주파수 측정 모드와 동일하다.         |

#### 라. 누적계수측정

|   |                                                                                                         |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a | 누적계수모드 을 설정한다. 이 때 게이트 세팅은 무시한다.                                                                        |
| b | 측정할 신호를 입력 A 에 인가한다. 그러면 카운터 디스플레이가 계속 카운트하게 된. 최대 카운트는 999999999 이다. 이를 초과하면 "OF "와 같은 오버플로 메시지가 표시된다. |
| c | 저역 필터, 감쇠기, 커플링 스위치 적용은 주파수 측정 모드와 동일하다.                                                                |

#### 마. 시간 간격 측정 (A→B)

✓. 시간 간격 측정모드에서, 카운터는 선택된 입력 A 파형 에지에서부터 선택된 입력 B 파형 에지까지 경과 시간을 측정한다.

|   |                                                                                                        |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a | 측정할 신호를 입력 A,B, 입력 BNC 에 연결한다.                                                                         |
| b | 기능 스위치 를 T.I (A→B)를 설정하십시오. (A→B) 표시는 입력 A 에지에서 측정이 시작되고 입력 B 에지까지의 시간을 측정 한다는 의미이다.                   |
| c | 입력 A와 입력 B 슬로프 스위치 를 사용하여 각 파형의 원하는 에지를 선택한다.<br>- 로 향하는 에지의 경우는 스위치를 누르고 + 로 향하는 에지의 경우는 스위치를 그대로 둔다. |

MEMO

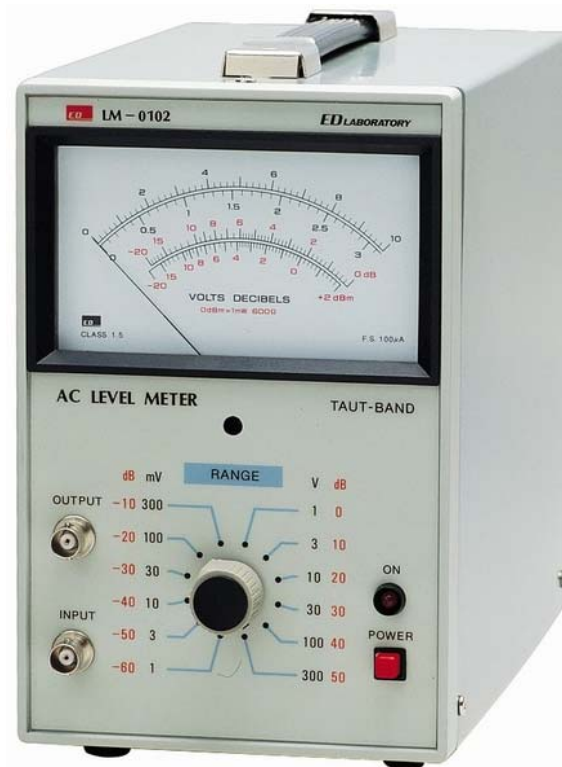
|   |                                                                                 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|
| d | 게이트 타임스위치를 선택하여 원하는 분해능 정도를 선택한다.                                               |
| e | 디스플레이에 의해 시간 간격이 표시된다. 각 측정이 진행되는 동안 게이트 표시기가 점등되고, 각 측정 간격 말기에 디스플레이가 업데이트 된다. |
| f | 홀드 스위치를 누르면 기존의 눈금에서 디스플레이가 "정지" 된다.                                            |

바. 주파수 비 측정 (A/B)

√. 이 모드에서 카운터는 입력 A 에 인가된 주파수 대 입력 B 에 인가된 주파수 비를 디스플레이 한다. 입력 A 주파수는 입력 B 주파수와 같거나 커야 한다.

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a | 측정할 신호를 입력 A,B, BNC 에 연결한다.          |
| b | 기능 스위치를 비율측정모드 A/B 로 설정한다.           |
| c | 게이트 타임스위치를 사용하여 원하는 분해능 정도를 선택한다.    |
| d | 디스플레이에 의해 주파수 비가 표시된다.               |
| e | 홀드 스위치를 누르면 기존의 눈금에서 디스플레이가 "정지" 된다. |

## 2-5. AC 레벨미터



### 가. AC 레벨 미터(LM-0102B)

- ✓. 직류전원 장치의 종류는 다수의 종류가 있으며 각 시험장 마다 다를 수 있다. 본 교재에서 특정 모델을 이용하여 설명한다.
- ✓. 개요 : LM-0102B는 AC 신호를 측정할 수 있는 레벨미터로서 측정전압 범위는  $100[\mu V] \sim 300[V]$  [실효값:RMS]이며, 측정 레벨 범위는  $-80[dB] \sim +50[dB]$ 이다. LM-0102B로 측정 가능한 주파수는  $5[Hz] \sim 1[MHz]$ 로서 일반적인 AF대 및 RF대의 신호 레벨들을 측정할 수 있는 능력을 갖고 있다.
- ✓. 장비의 특징으로 회로방식은 양 전원을 사용하므로 직류 바이어스가 안정되고, 과대 입력에 대한 회복 시간이 빠르다. 또한 감쇠기는 릴레이와 FET 스위치로 변환되므로 신뢰도 및 신호 대 잡음비(S/N)가 양호하다. 또한 이 레벨 미터에 내장된 증폭기는 약  $60[dB]$ 의 이득을 갖고 있으며 레인지는 12레인지로 구성되어 있다. 입력 전원은 AC  $110[V]/220[V]$ 겸용으로  $5 \sim 60[Hz]$  단상 전원에서 사용할 수 있다.

MEMO

## MEMO

## ✓. 장비사양

| 전 압 측 정            |                                                                                                                  |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 레인지                | 전압: 1[mV]~300[V] 최대 눈금의 12레인지<br>dB: -80[dB]~+50[dB](0[dB]=1[V])<br>dBm: -80[dBm]~+52[dBm](0[dBm]=1[mW], 600[Ω]) |
| 정밀도                | 1[kHz]의 $\pm 3\%$ 최대 눈금범위 내에                                                                                     |
| 주파수 변환             | 5[Hz]~1[MHz]에서 $\pm 10\%$<br>20[Hz]~200[kHz]에서 $\pm 3\%$<br>1[kHz] 주파수 기준                                        |
| 안정도                | 전압 변동률 $\pm 10\%$ 에서 $\pm 0.5\%$                                                                                 |
| 입력 임피던스            | 병렬용량 45[pF]에서 10[MΩ] $\pm 5\%$                                                                                   |
| 사용 온도범위            | 0°C~50°C                                                                                                         |
| residual(잔류)<br>전압 | 입력 단락 시 1[mV] 범위에서 15[μV] 미만                                                                                     |
| 증 폭 기              |                                                                                                                  |
| 회로 이득              | 약 60[dB]                                                                                                         |
| 출력 전압              | 1[Vrms](최대 눈금) $\pm 20\%$                                                                                        |
| 출력 임피던스            | 600[Ω] $\pm 20\%$                                                                                                |
| 주파수 응답             | 5[Hz]~500[kHz]에서 $\pm 3$ [dB] 내외                                                                                 |
| 왜율                 | 최대 눈금의 1% 미만                                                                                                     |
| 신호/잡음 비            | 최대 눈금의 40[dB] 이상                                                                                                 |
| 일 반 사 항            |                                                                                                                  |
| 입력전압               | AC 110[V] 또는 220[V], 60[Hz]                                                                                      |
| 소비전력               | 4[W]                                                                                                             |
| 치수                 | 135(폭)×200(높이)×240(길이)                                                                                           |

## 나. 작동준비와 점검

✓. 전원연결: LM-0102B AC 레벨 미터의 입력 전원은 AC 단상(50[Hz]~60[Hz]) 110[V]  $\pm 10\%$  또는 220[V]  $\pm 10\%$ 에서 사용할 수 있게 되어 있다.

이 장비의 뒷면에 있는 입력 전압 선택 조정자를 입력 전압에 따라 110[V] 또는 220[V] 중 선택하여 전원을 연결한다.

✓. 시작을 위한 점검: 먼저 파워 스위치를 켜기 전에 레벨 미터의 바늘이 정확히 “0”을 지시하도록 레벨 미터의 영점 조정기를 조정한 후에 저주파 발진기를 연결하고 다음과

같은 순서로 점검한다.

✓. 저주파 발진기의 설정

|   |                                                                                                                                                                        |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 저주파 발진기의 출력을 레벨미터의 입력단자에 연결하고 레인지를 100[V] (-40[dB])로 설정한다. 이때 피 측정 입력전압이 미지의 값일 때는 레인지를 제일 높은 레인지로 맞춘다.                                                                |
| 2 | 전원 스위치를 누르면, 전원이 인가되어 파일릿램프가 점등된다.                                                                                                                                     |
| 3 | 레벨미터의 레인지를 30[mV](-30[dB])로 설정하면, 전압 눈금이 “3”을 지시한다. 이때 저주파 발진기의 출력과 동일하게 지시하지 않으면 출력을 점검하도록 한다.                                                                        |
| 4 | 저주파 발진기의 출력을 0.3[V] 및 3[V]로 하고, 레벨 미터의 레인지를 300[mV], 3[V]로 돌리면 전압눈금이 “3”을 지시한다.                                                                                        |
| 5 | 순서 3, 4와 같은 점검을 저주파 발진기의 출력 주파수를 5[Hz], 50[Hz], 500[Hz], 5[kHz], 50[kHz], 500[kHz], 1[MHz]로 변화시켜 가면서 역시 1[kHz] 때와 같은 지시를 하는가를 검사한다. 정상일 경우에는 $\pm 10\%$ 이내의 지시를 할 것이다. |
| 6 | 레벨 미터의 레인지를 1[mV](-60[dB])로 전환하고 전압눈금이 “10”을 지시하도록 저주파 발진기의 출력을 낮추도록 한다. 필요시는 외부 감쇠기(600 : 600 [ $\Omega$ ])를 연결하여 1[mV]가 되도록 한다.                                      |
| 7 | 저주파 발진기, 레벨미터, 오실로스코프를 연결하고 출력을 측정하면 1[Vrms], 약 2.8[Vp-p]를 지시할 것이다. 또한 이때 오실로스코프의 파형이 입력 파형과 동일한 파형인가 확인한다.                                                            |

MEMO

MEMO

다. 동작 설명

✓. 패널 설명



|   |            |                                                                                                      |
|---|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 전원 스위치     | LM-0102B의 입력 전원 스위치.                                                                                 |
| 2 | 레인지 스위치    | 입력 레벨에 따라서 그 레벨을 측정할 수 있도록 하는 레인지 변환 스위치.                                                            |
| 3 | 입력 BNC 커넥터 | BNC 커넥터에 측정할 입력을 연결한다.                                                                               |
| 4 | 출력 BNC 커넥터 | 출력 커넥터에서는 LM-0102B 증폭기의 출력 전압이 출력된다. 증폭기의 출력은 설정 레인지와 관계없이 미터가 최대 눈금을 지시할 때 1[Vrms]로 증폭된 입력파형이 출력된다. |
| 5 | 미터 0점 조정자  | 무조정시의 미터의 지침이 “0”에 있지 않을 경우 0점 조정자를 “-”형 드라이버로 “0”을 지시하도록 조정한다.                                      |
| 6 | 미터         | 상부에 전압 눈금(FS 10 및 3)이 있고 그 아래에 dB 눈금이 있으며, 제일 밑부분에 dBm 눈금이 그려져 있다.                                   |

#### ✓. 사용법

LM-0102B는 최대 입력전압이 1[mV]~300[mV]의 레인지에서 100[V](DC+AC Peak), 1[V] ~300[V]의 레인지에서 500[V](DC+AC Peak)가 넘지 않도록 한다.

|   |                                                                                             |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 입력 BNC 커넥터에 입력 케이블을 연결한다.                                                                   |
| 2 | 전원 스위치를 “ON”한다.                                                                             |
| 3 | 레인지 변환 스위치의 레인지를 300[V](+50[dB])로 설정한다.                                                     |
| 4 | 측정용 케이블을 측정할 점에 연결 또는 접속한다.                                                                 |
| 5 | 미터의 지시가 미터의 최대 눈금의 1/3 이하를 지시할 경우에는 레인지를 1단 낮은 레벨로 낮추어 측정한다. 이는 측정 정확도(accuracy)를 올리기 위함이다. |

MEMO

√. 증폭기와 출력

- ① LM-0102B AC 레벨미터는 미소한 신호를 증폭할 경우에 표준 증폭기로 사용할 수 있다.
- ② 증폭기의 출력 전압은 1[Vrms]이며, 그 특징은 다음과 같다.
  - ㉠ 입력임피던스 :  $10[M\Omega] \pm 5\%$ , 병렬용량 45[pF] 이하.
  - ㉡ 출력임피던스 :  $600[\Omega] \pm 20\%$ .
  - ㉢ 증폭기의 주파수 특성: 5[Hz]~500[kHz]( $\pm 3$ [dB] 이내).
  - ㉣ 최대 이득 : 약 60[dB].
  - ㉤ 왜율(일그러짐률) : 최대 눈금의 1% 이내.
- ③ 다음은 각 레인지별 증폭기의 입력 대 출력의 이득을 나타내고 있다.

| 입력 레인지         |         | 입력 : 출력       |         | 증폭기 이득   |
|----------------|---------|---------------|---------|----------|
| 전압             | 데시벨     | 입력<br>신호(실효값) | 출력(실효값) | 데시벨      |
| 0~1[mV]        | -60[dB] | 1[mV]         | 1[V]    | 약 60[dB] |
| 0~3[mV]        | -50[dB] | 3[mV]         | 1[V]    | 약 50[dB] |
| 0~10[mV]       | -40[dB] | 10[mV]        | 1[V]    | 약 40[dB] |
| 0~30[mV]       | -30[dB] | 30[mV]        | 1[V]    | 약 30[dB] |
| 0~100[mV]<br>] | -20[dB] | 100[mV]       | 1[V]    | 약 20[dB] |

<입력 대 출력 이득 표>

| 입력 레인지        |         | 입력 : 출력       |         | 증폭기 이득    |
|---------------|---------|---------------|---------|-----------|
| 전압            | 데시벨     | 입력<br>신호(실효값) | 출력(실효값) | 데시벨       |
| 0~100[mV<br>] | -10[dB] | 300[mV]       | 1[V]    | 약 10[dB]  |
| 0~1[V]        | 0[dB]   | 1[V]          | 1[V]    | 약 0[dB]   |
| 0~3[V]        | +10[dB] | 3[V]          | 1[V]    | 약 -10[dB] |
| 0~10[V]       | +20[dB] | 10[V]         | 1[V]    | 약 -20[dB] |
| 0~30[V]       | +30[dB] | 30[V]         | 1[V]    | 약 -30[dB] |
| 0~100[V]      | +40[dB] | 100[V]        | 1[V]    | 약 -40[dB] |
| 0~300[V]      | +50[dB] | 300[V]        | 1[V]    | 약 -50[dB] |

&lt;입력 대 출력 이득 표&gt;

## 라. 실효값, dB, dBm

√. 실효값 : 교류전압  $v$ 의 기준 크기는 일반적으로 그것과 동일한 일을 하는 직류  $V$ 의 크기로 나타낼 수 있으며 이 값을 교류의 실효값이라 한다.

$$V = \frac{1}{\sqrt{2}} \times (V_m) \approx 0.707 V_m$$

√. dB : 전기회로나 통신회선에서 입·출력단의 전력비나 전압비 즉 입·출력간의 증폭이나 감쇄의 양을 데시벨(decibel)의 단위를 사용해 나타낸다. 임의의 증폭기에서 입력측 전력이  $P_i(W)$ , 출력측 전력이  $P_o(W)$ 라고 하면 증폭기의 전력이득( $G$ )는 다음과 같다.

$$G = 10 \log \frac{P_o}{P_i} (dB)$$

식(1)

## MEMO

여기서 증폭기의 입·출력 저항이 각각  $R_i(\Omega)$ 와  $R_o(\Omega)$ 이고 양단의 전압이 각각  $E_i(V)$ 와  $E_o(V)$ 인 경우 입·출력 전력은  $P_i = \frac{E_i^2}{R_i}$ ,  $P_o = \frac{E_o^2}{R_o}$  과 같이 된다.

$$\therefore P_o \text{ 와 } P_i \text{의 비는 } \frac{P_o}{P_i} = \frac{E_o^2}{R_o} \times \frac{R_i}{E_i^2}$$

이때, 임피던스가 같은 경우( $R_o=R_i$ )에는  $\frac{P_o}{P_i} = \left(\frac{E_o}{E_i}\right)^2$  이것을 (1)번식에 대입하면 전압이득을 나타내는 식은 다음과 같다.

$$G = 10 \log \left( \frac{E_o}{E_i} \right)^2 = 20 \log \frac{E_o}{E_i} \quad \text{식(2)}$$

✓. dBm : dB[mW]를 생략한 단위로  $0[\text{dB}]=1\text{mW}$ 로 하여 전력비를 나타낸 것으로 통상 그전력점의 임피던스가  $600[\Omega]$ 인 경우를 말한다. 이 경우 전력과 임피던스가 정해졌으므로 dB는 전력뿐만 아니라 전류, 전압을 동시에 표시할 수 있다. ( $0[\text{dBm}]=1[\text{mW}]$  또는  $0.775[\text{V}]$ ,  $1.291[\text{mA}]$  기준)

## CHAPTER 3. 기초디지털 IC 회로

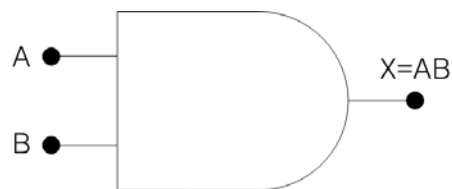
## 3-1. 기본논리회로

## 3-1-1. AND 게이트

✓. AND 게이트는 2개 이상의 입력과 1개의 출력으로 구성되어 모든 입력이 1일 때만 출력이 1이 된다. 아래 그림은 2입력 AND 게이트와 3 입력 AND 게이트에 대한, 진리표와 심볼(symbol) 이다.

| A | B | $X=A \cdot B$ |
|---|---|---------------|
| 0 | 0 | 0             |
| 0 | 1 | 0             |
| 1 | 0 | 0             |
| 1 | 1 | 1             |

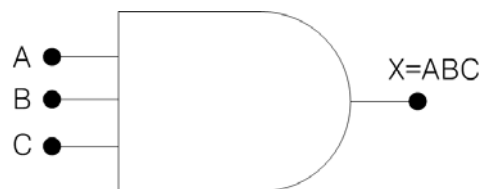
진리표



(a) 2입력 AND 게이트

| A | B | C | $X=ABC$ |
|---|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0       |
| 0 | 0 | 1 | 0       |
| 0 | 1 | 0 | 0       |
| 0 | 1 | 1 | 0       |
| 1 | 0 | 0 | 0       |
| 1 | 0 | 1 | 0       |
| 1 | 1 | 0 | 0       |
| 1 | 1 | 1 | 1       |

진리표



(b) 3입력 AND 게이트

✓. AND 게이트는 A와 B의 그 입력에 대한 출력  $X = A \cdot B$ 이며, “X는 A AND B(X equals A AND B)”라 읽는다. 논리연산 AND는  $A = 1$  이고  $B = 1$  이 될 경우에만  $X = 1$  이며, 기타의 경우는  $X = 0$  이라는 것을 의미하는 것으로 해석된다.

MEMO

### 3-1-2 OR 게이트

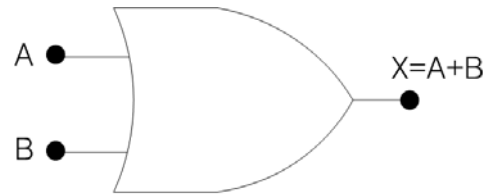
✓. OR 게이트는 2개 이상의 입력과 1개의 출력 단자가 있고, 입력 단자 중 어느 한 개라도 1이면 출력이 1이 되는 게이트이다. 아래 그림은 2입력 OR 게이트와 3 입력 OR 게이트에 대한, 진리표와 심볼(symbol) 이다.

| A | B | $X=A+B$ |
|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0       |
| 0 | 1 | 1       |
| 1 | 0 | 1       |
| 1 | 1 | 1       |

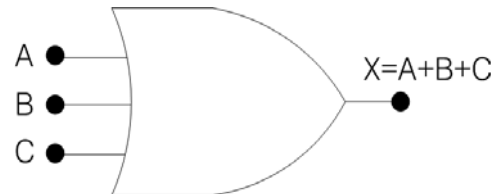
진리표

| A | B | C | $X=A+B+C$ |
|---|---|---|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 0         |
| 0 | 0 | 1 | 1         |
| 0 | 1 | 0 | 1         |
| 0 | 1 | 1 | 1         |
| 1 | 0 | 0 | 1         |
| 1 | 0 | 1 | 1         |
| 1 | 1 | 0 | 1         |
| 1 | 1 | 1 | 1         |

진리표



(a) 2입력 OR 게이트



(b) 3입력 OR 게이트

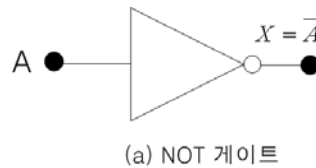
✓. OR게이트는 A 와 B의 2 입력에 대한 출력  $X = A + B$ 이며, “X는 A OR B(X equals A OR B)”라 읽는다. 논리 연산 OR은 어느 하나가 A = 1 또는 B = 1 이거나 A = 1이고 B = 1 이면 X = 1 이라는 것을 의미한다.

## 3-1-3 NOT 게이트

✓. NOT 게이트는 인버터(Inverter)라고도 한다. 이 게이트는 한 개의 입력과 한 개의 출력만을 가지며, 출력은 입력의 반대 상태가 된다. 즉, 출력이 입력의 반대가 되는 회로로써, 입력이 1이면 출력이 0인 반전 회로이다. 아래 그림은 NOT게이트의 진리표와 심볼(symbol) 이다.

| A | $X = \overline{A}$ |
|---|--------------------|
| 0 | 1                  |
| 1 | 0                  |

진리표



✓. NOT 게이트의 출력은 프라임(prime)(') 또는 바(-)로 표시한다. 따라서 인버터(Inverter)는 입력 A에 대한 출력  $X = \overline{A}$ 이며, “X는 NOT A” 또는 “X는 A의 인버터”(“X equals NOT A” or “X equals the inverter of A”)라 읽는다. NOT 게이트 출력측에 붙은 동그라미(bubble이라고 한다)는 인버터를 의미한다고 생각하면 된다.

✓. 다시 AND, OR, NOT 게이트에 대해 정리하면

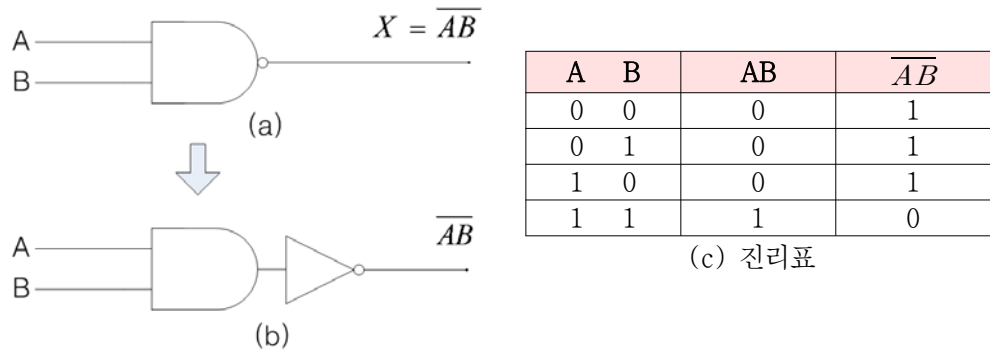
|   |                                                                                                                        |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | AND 게이트의 출력은 모든 입력이 다 1일 때에 한해서 1이 되고, 기타 입력 조합에 대해서는 0이 된다.                                                           |
| 2 | OR 게이트의 출력은 입력의 어느 하나라도 1이면 1이 되고 모든 입력이 0일 때에 한해서 0이 된다.                                                              |
| 3 | NOT 게이트에서는 출력은 입력을 반전한 것과 같다.                                                                                          |
| 4 | NOT 게이트 2개를 직렬 연결하면 출력은 입력과 같다. 이것을 버퍼(Buffer)라 하고, 노이즈(noise)가 있는 디지털 파형을 깨끗한 파형으로 정형(整形)한다든지, 큰 출력 전류를 흘러야 할 때에 쓰인다. |

| AND             | OR          | NOT                |
|-----------------|-------------|--------------------|
| $0 \cdot 0 = 0$ | $0 + 0 = 0$ | $\overline{0} = 1$ |
| $0 \cdot 1 = 0$ | $0 + 1 = 1$ | $\overline{1} = 0$ |
| $1 \cdot 0 = 0$ | $1 + 0 = 1$ |                    |
| $1 \cdot 1 = 1$ | $1 + 1 = 1$ |                    |

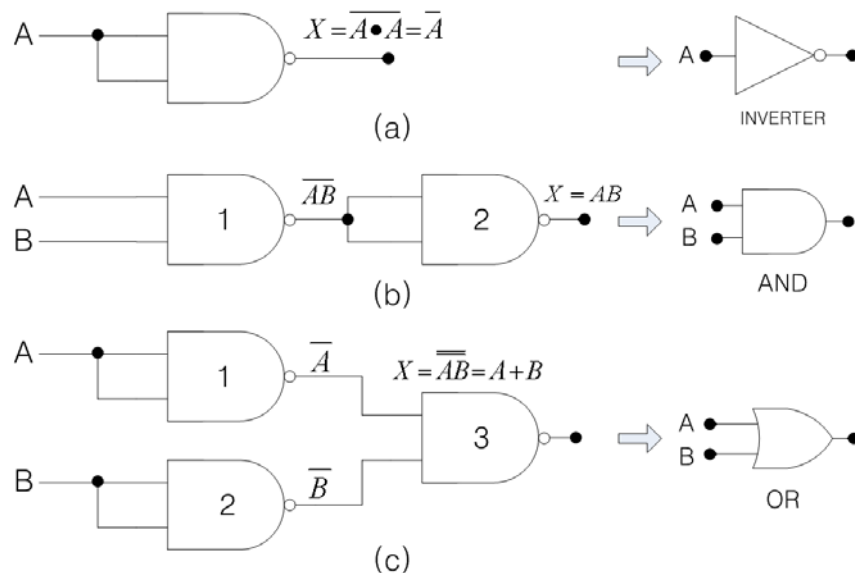
MEMO

### 3-1-4 NAND 회로

✓. NAND는 NOT AND 즉 AND의 NOT을 의미한다. 따라서 논리곱(AND) 회로의 부정(NOT)회로이고, 모든 입력이 있을 때에만 출력이 0인 회로이다. 아래 그림은 NAND 게이트의 진리표와 심볼(symbol) 이다.

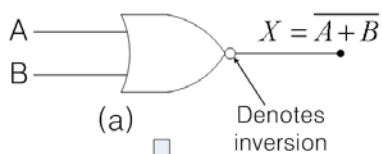


✓. 다음 그림은 NAND 게이트로만 NOT, AND, OR 게이트를 구성한 회로이다.



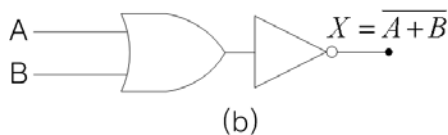
## 3-1-5 NOR 게이트

✓. NOR은 NOT OR 즉 OR의 NOT을 의미하며 논리합(OR) 회로의 부정(Inverter)회로이고, 모든 입력이 없을 때에만 출력이 나타나는 게이트이다. 아래 그림은 NOR 게이트의 진리표와 심볼(symbol) 이다.



| A | B | AB | $\overline{A+B}$ |
|---|---|----|------------------|
| 0 | 0 | 0  | 1                |
| 0 | 1 | 1  | 0                |
| 1 | 0 | 1  | 0                |
| 1 | 1 | 1  | 0                |

(c) 진리표



✓. 아래 그림은 NOR 게이트만으로 NOT, OR, AND 게이트를 구성한 회로이다.

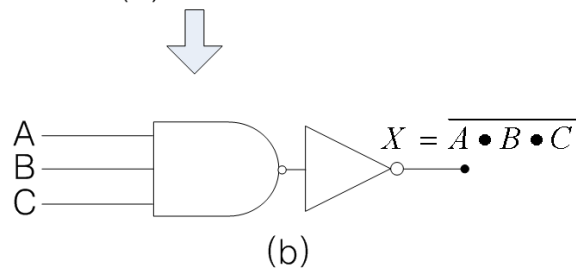
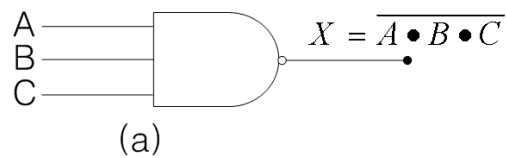
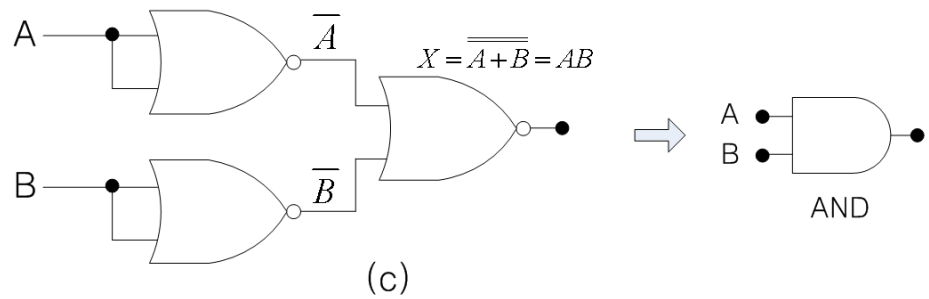
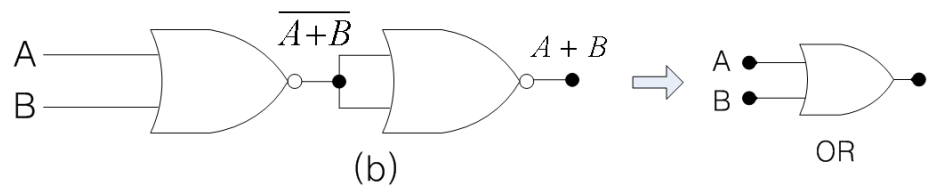
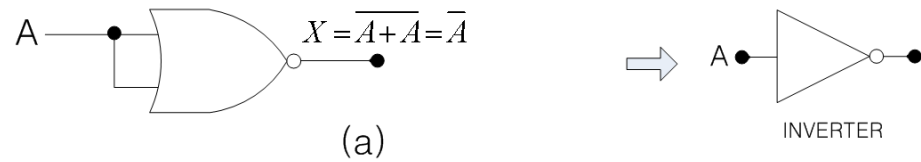
✓. NAND, NOR 게이트에 대해 간단히 정리하면

|   |                                                               |
|---|---------------------------------------------------------------|
| 1 | NAND 게이트의 출력은 입력이 전부 1일 때에 한해서 0이 되고, 기타의 입력의 조합에 대해서는 1이 된다. |
| 2 | NOR 게이트의 출력은 모든 입력이 0일 때 한해서 1이 되고, 기타 입력의 조합에 대해서는 0이 된다.    |

✓. 디지털 회로는 AND와 OR 게이트 보다 NAND와 NOR 게이트로 주로 구성되는데, 그 이유는 NAND와 NOR 게이트가 실제로 제작하기가 더 쉬우며 모든 IC 디지털 논리군에 기본 게이트로 쓰이고 있기 때문이다. 이런 이점 때문에 디지털 회로 설계는 AND, OR 와 NOT를 이용한 부울 함수(Boolean Functions)를 동등한 NAND나 NOR의 논리도로 변환하는 규칙과 과정이 있다.

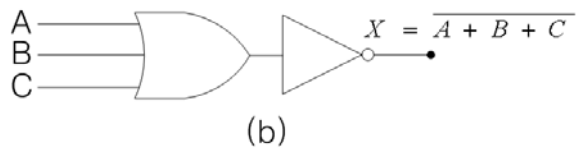
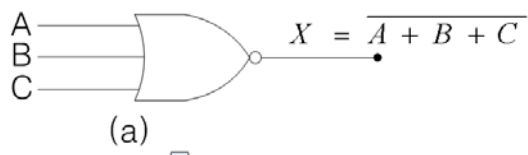
MEMO

✓. 다음은 3입력에 대한 NAND, NOR 게이트의 심벌과 진리표이다.



| A | B | C | $\overline{A \cdot B \cdot C}$ |
|---|---|---|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1                              |
| 0 | 0 | 1 | 1                              |
| 0 | 1 | 0 | 1                              |
| 0 | 1 | 1 | 1                              |
| 1 | 0 | 0 | 1                              |
| 1 | 0 | 1 | 1                              |
| 1 | 1 | 0 | 1                              |
| 1 | 1 | 1 | 0                              |

(C) 진리표



| A | B | C | $\overline{A + B + C}$ |
|---|---|---|------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1                      |
| 0 | 0 | 1 | 0                      |
| 0 | 1 | 0 | 0                      |
| 0 | 1 | 1 | 0                      |
| 1 | 0 | 0 | 0                      |
| 1 | 0 | 1 | 0                      |
| 1 | 1 | 0 | 0                      |
| 1 | 1 | 1 | 0                      |

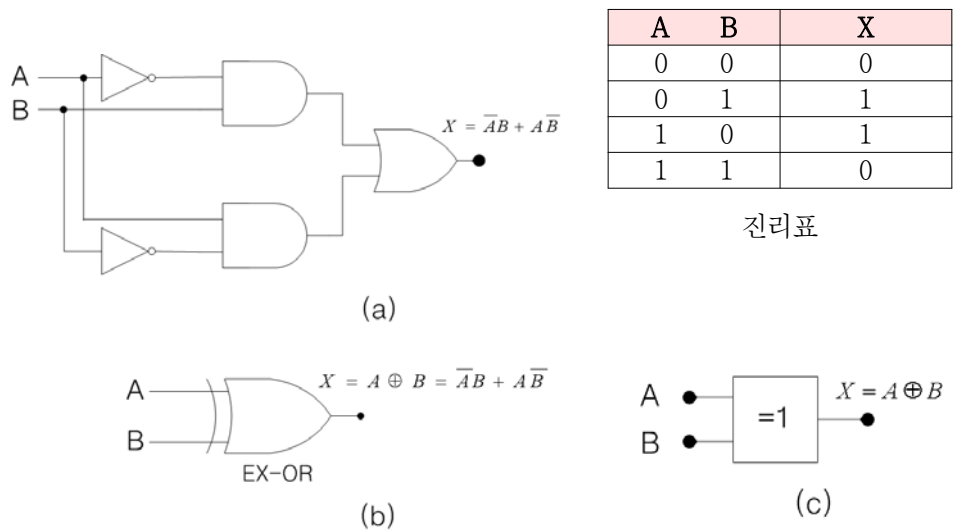
(C) 진리표

MEMO

MEMO

### 3-1-5 EX-OR 게이트

✓. EX-OR(또는 XOR) 게이트는 2개의 단자 입력값이 서로 다를 때만 출력이 1이 된다는 의미에서 배타적(Exclusive)이란 용어를 사용하게 되었다. 아래그림은 EX-OR 게이트 심벌, 진리표와 IEEE/ANSI 심벌이다.



✓. 이와 같이 EX-OR 회로에서 출력 논리식은  $X = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$  이다. 여기서  $\oplus$  기호는 Exclusive OR 연산을 의미하며 ring sum 이라고 읽는다. EOR 게이트는 교환법칙  $A \oplus B = B \oplus A$  가 성립함을 표 3-1에서 확인 할 수 있다.

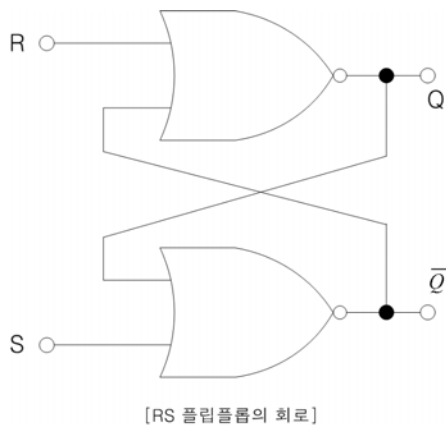
| A | B | $\overline{A}B$ | $A\overline{B}$ | $A \oplus B$ | $B \oplus A$ |
|---|---|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
| 0 | 0 | 0               | 0               | 0            | 0            |
| 0 | 1 | 1               | 0               | 1            | 1            |
| 1 | 0 | 0               | 1               | 1            | 1            |
| 1 | 1 | 0               | 0               | 0            | 0            |

<EX-OR에서의 교환법칙>

### 3-2. 플립플롭 회로

#### 3-2-1. R-S 플립플롭

✓. R-S FF는 2개의 입력 핀 S(Set)와 R(Reset) 및 2개의 출력 핀 Q와  $\bar{Q}$ 를 가지고 있으며, 입력에 따라서 상태가 결정되고 그 상태를 유지하는 회로이다. 그림은 R-S FF의 심벌과 진리표(truth table)를 타나낸 것으로 R, S 두 입력의 조합으로 출력의 상태가 결정된 뒤 입력을 “0”으로 해도 출력의 상태는 달라지지 않고 유지된다. 이 R-S FF는 쉽게 세트, 리세트가 되므로 레지스터나 메모리로서 이용된다.



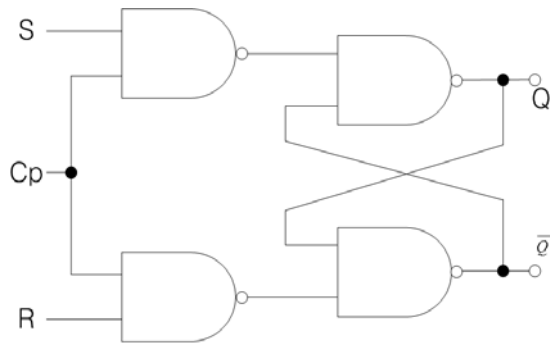
| R | S | $Q_{n+1}$ |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | $Q_n$     |
| 0 | 1 | 1         |
| 1 | 0 | 0         |
| 1 | 1 | 부정        |

진리표

#### 3-2-2. RST 플립플롭

✓. RST-FF은 그림과 같이 R-S FF의 입력 단자에 시간적으로 순서 있게 되도록 일정한 주기를 갖는 클록 펄스 단자를 갖추고 있다. 따라서 이 RST-FF 회로는 입력 S와 R에 임의의 조건을 가해도 동작하지 않으며 Cp 입력을 가하여 동기했을 때만 입력 조건에 따라 동작하게 되어 있다. 즉 Cp 입력이 가해졌을 경우 입력 S와 R이 “0”의 상태이면 출력 Q와  $\bar{Q}$ 는 Cp 입력에 클록 펄스가 가해지기 전의 상태를 유지하고 입력 S가 “1”, R이 “0”의 상태이면 출력 Q에는 “1”,  $\bar{Q}$ 에는 “0”의 상태가 얻어진다. 또 입력 S가 “0” R이 “1”의 상태일 때 출력 Q에는 “0”,  $\bar{Q}$ 에는 “1”의 상태가 얻어지며 입력 S와 R이 모두 “1” 상태이면 출력 Q 및  $\bar{Q}$ 는 서로 상보의 신호가 얻어져 “1”의 상태가 될 것인지 “0”의 상태가 될 것인지 정해지지 않으므로 이러한 사용은 금지된다.

MEMO



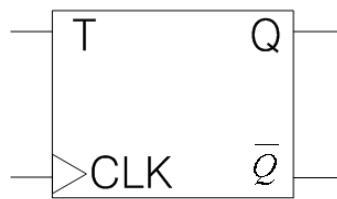
[RST 플립 플롭]

| R | S | $Q_{n+1}$ |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | $Q_n$     |
| 0 | 1 | 1         |
| 1 | 0 | 0         |
| 1 | 1 | 부정        |

진리표

### 3-2-3. T 플립플롭

✓. T-FF은 1개의 입력 핀 T와 2개의 출력 핀 T와 2개의 출력 핀 Q,  $\bar{Q}$ 를 가지고 있으며 T는 트리거 또는 토글을 의미한다. 이 회로는 하나의 입력 신호가 들어오면 Q,  $\bar{Q}$ 는 그때의 상태에서 반전하고 다음의 입력 신호로 원래의 상태로 복귀하는 기능을 갖는다. 따라서 입력 신호 펄스 2개가 들어올 때마다 원래의 상태로 되돌아 오는 2진의 바이너리 카운터로서 동작하여 입력이 “0”에서 “1”로 바뀔 때는 출력의 변화가 없으므로 출력의 주파수가 입력의 1/2이 된다. 즉 입력 핀 T에 가해진 펄스 수의 반(1/2)이 Q 또는  $\bar{Q}$ 에서 출력되므로 카운터에 많이 이용되고 있다. 그림은 T-FF의 논리기호와 진리치표이다.



[T F/F의 도형]

| CLK | T | $Q_{n+1}$               |
|-----|---|-------------------------|
| 0   | 0 | $Q_n$                   |
| 0   | 1 | $Q_n$                   |
| 1   | 0 | 0                       |
| 1   | 1 | $\bar{Q}_n$<br>(toggle) |

[D F/F의 진리치표]

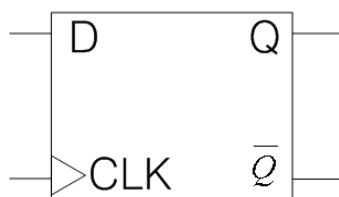
### 3-2-4. D 플립플롭

✓. D-FF는 그림과 같이 입력 핀 2개와 출력 핀 2개를 가진 일종의 기억회로로서 D는 지연의 뜻으로 지연형 플립플롭이라고도 한다.

✓. 이 회로는 Cp(clock pulse) 입력이 가해진 순간 D 입력의 “1” 또는 “0”의 상태가

그대로 Q 출력에 세트되고, 이 Q의 상태는  $C_p$  입력에 다음 펄스가 가해질 때까지 그대로 유지된다. 이때  $\overline{Q}$ 는 언제나 Q의 반대의 상태이다. 그림의 타이밍 차트에서  $C_p$  입력이 가해져 D가 “0”의 상태일 때 Q는 “0”의 상태,  $\overline{Q}$ 는 “1”의 상태로 된다. 또  $C_p$  입력이 가해져서 입력 D가 “1”의 상태일 때는 출력 Q는 “1”의 상태,  $\overline{Q}$ 는 “0”의 상태가 된다.

✓. D-FF는 R-S FF와 마찬가지로 1회로에 대해서 “1”이나 “0” 어느 하나의 상태밖에는 기억할 수 없으므로 실제의 디지털 회로에서는 많은 수의 D-FF를 사용한다.



[D F/F의 도형]

| CLK | D | $Q_{n+1}$ |
|-----|---|-----------|
| 0   | 0 | $Q_n$     |
| 0   | 1 | $Q_n$     |
| 1   | 0 | 0         |
| 1   | 1 | 1         |

[D F/F의 진리치표]

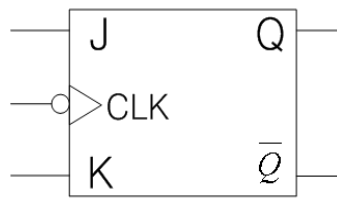
### 3-2-5. J/K 플립플롭

✓. J-K FF는 T-FF와 R-S FF를 함께 묶은 것과 같은 기능을 가지므로 가장 널리 사용되고 있는데 그림과 같이 3개의 입력 핀과 2개의 출력 핀이 있으며 이 J, K,  $C_p$  등 3개의 입력 상태의 조합에 따라서 출력의 상태가 결정된다.

✓. J-K FF는 R-S FF에서는 금지되는 입력의 조합  $J=K=1$  에서도 T-FF로 동작하여(그림과 같이 J, K 입력 단자를 하나로 묶으면 T-FF로 동작)  $C_p$  입력에 펄스가 들어올 때마다 Q,  $\overline{Q}$ 가 반전된다. 또 그림에서  $J=0$ ,  $K=1$ 일 때  $C_p$  입력이 있으면  $Q=0$ ,  $\overline{Q}=1$ 이 리셋 되고  $J=1$ ,  $K=0$ 에서  $C_p$  입력이 있으면 그때는  $Q=1$ ,  $\overline{Q}=0$ 이 세트되는데 어느 경우나 J와 K의 상태만 정해져 있어서는 출력 핀의 상태는 변화하지 않고  $C_p$ 의 입력 펄스가 들어가서 비로소 출력이 정해진다.

✓. J-K FF는 이와 같이 T-FF 동작, D-FF 동작 및 R-S FF 동작 등 많은 기능을 가지고 있어서 실용 범위가 넓으므로 메모리나 카운터 등 디지털 회로의 기초적인 회로에 널리 사용되고 있다.

MEMO



[JK F/F의 도형]

| J | K | $Q_{n+1}$                 |
|---|---|---------------------------|
| 0 | 0 | $Q_n$ (불변)                |
| 0 | 1 | 0                         |
| 1 | 0 | 1                         |
| 1 | 1 | $\overline{Q_n}$ (toggle) |

[JK F/F의 진리치표]

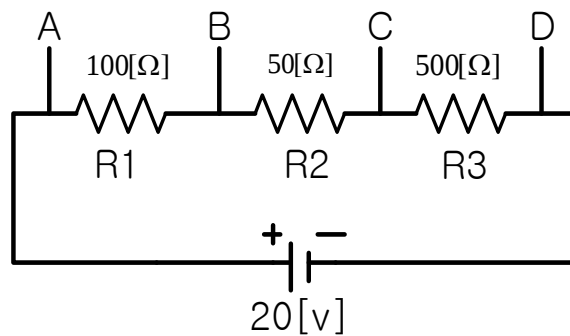
## CHAPTER 4. 통신회로실습을 위한 기본이론

## 4-1. 옴의 법칙 실험

- 저항을 이용하여 전압과 전류의 크기와 원리를 알아본다.

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R}$$



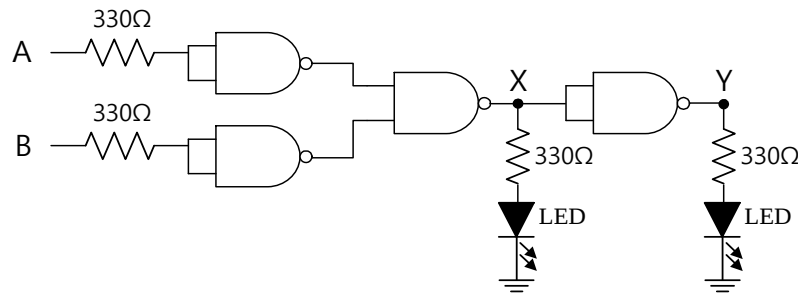
- A, B, C, D 각 점에서의 전류를 측정하시오.
- R1, R2, R3 각각의 양단 전압을 측정하시오.
- R1, R2, R3 의 합성 저항을 구하고, 전압과 전류의 관계를 기술 하시오.

MEMO

## 4-2 기본논리회로

### 4-2-1 74LS00을 이용한 논리 회로

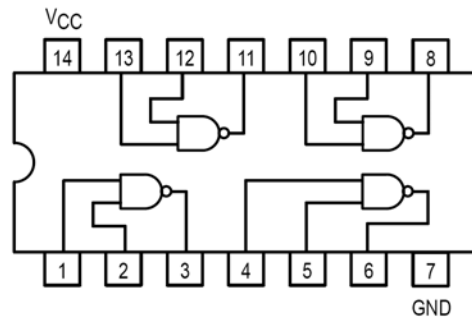
– 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



– 설계된 회로를 이용하여 진리표를 작성 하시오.

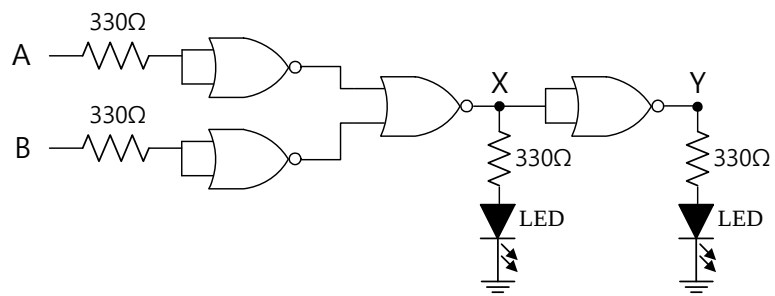
| A       | B       | X | Y |
|---------|---------|---|---|
| OFF (0) | OFF (0) |   |   |
| OFF (0) | ON (1)  |   |   |
| ON (1)  | OFF (0) |   |   |
| ON (1)  | ON (1)  |   |   |

– 아래 Datasheet를 참고 하시오.



## 4-2-2 74LS02를 이용한 논리 회로

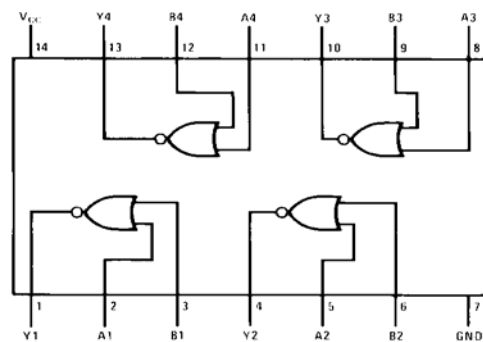
– 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



– 설계된 회로를 이용하여 진리표를 작성 하시오.

| A       | B       | X | Y |
|---------|---------|---|---|
| OFF (0) | OFF (0) |   |   |
| OFF (0) | ON (1)  |   |   |
| ON (1)  | OFF (0) |   |   |
| ON (1)  | ON (1)  |   |   |

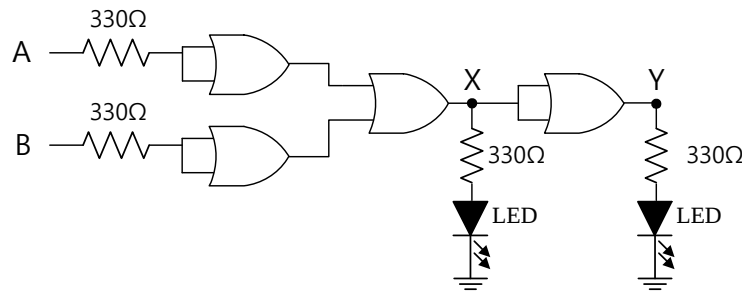
– 아래 Datasheet를 참고 하시오.



MEMO

4-2-3 7432를 이용한 논리 회로

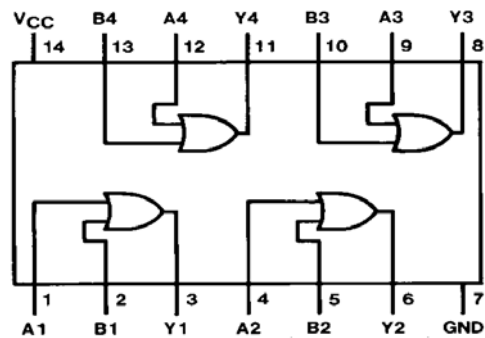
– 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



– 설계된 회로를 이용하여 진리표를 작성 하시오.

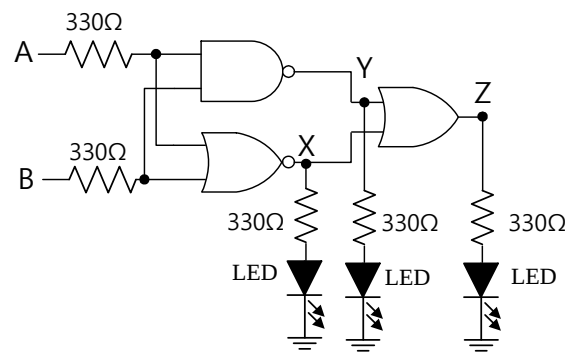
| A       | B       | X | Y |
|---------|---------|---|---|
| OFF (0) | OFF (0) |   |   |
| OFF (0) | ON (1)  |   |   |
| ON (1)  | OFF (0) |   |   |
| ON (1)  | ON (1)  |   |   |

– 아래 Datasheet를 참고 하시오.



## 4-2-4 기본게이트를 이용한 조합논리 회로

– 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



– 설계된 회로를 이용하여 진리표를 작성 하시오.

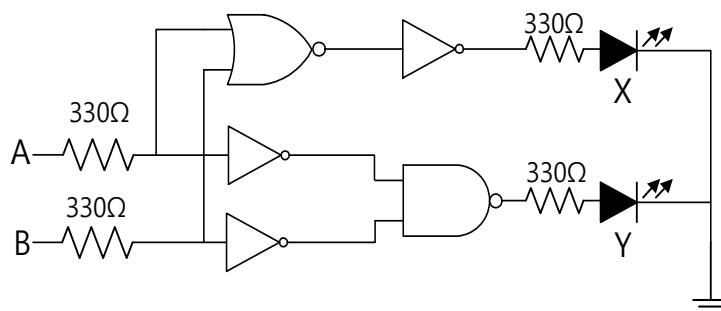
| A       | B       | X | Y | Z |
|---------|---------|---|---|---|
| OFF (0) | OFF (0) |   |   |   |
| OFF (0) | ON (1)  |   |   |   |
| ON (1)  | OFF (0) |   |   |   |
| ON (1)  | ON (1)  |   |   |   |

MEMO

### 4-3 다양한 조합논리 회로

4-3-1 7402, 7404, 7400을 이용한 조합논리회로.

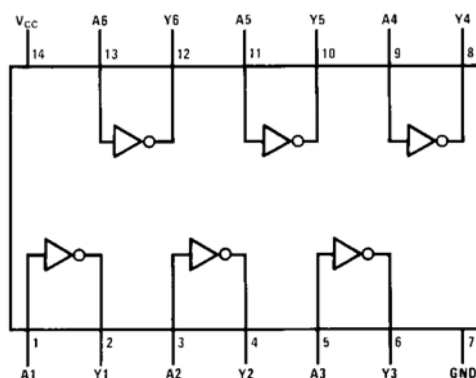
- 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



- 설계된 회로를 이용하여 진리표를 작성 하시오.

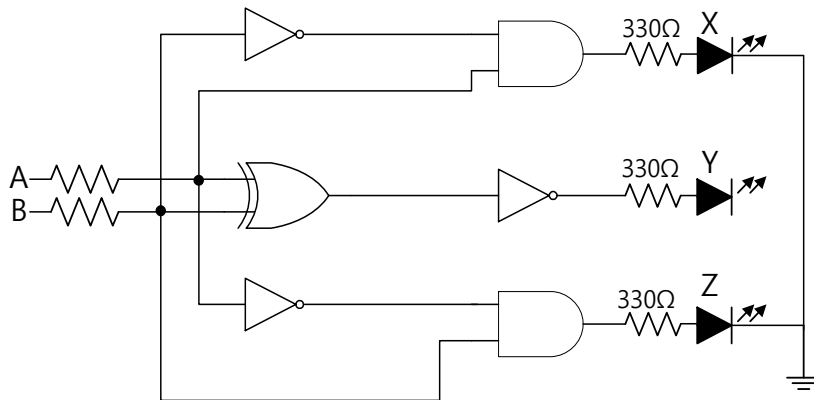
| A       | B       | X | Y |
|---------|---------|---|---|
| OFF (0) | OFF (0) |   |   |
| OFF (0) | ON (1)  |   |   |
| ON (1)  | OFF (0) |   |   |
| ON (1)  | ON (1)  |   |   |

- 아래 Datasheet를 참고 하시오.



#### 4-3-2 7486, 7404, 7408을 이용한 조합논리회로.

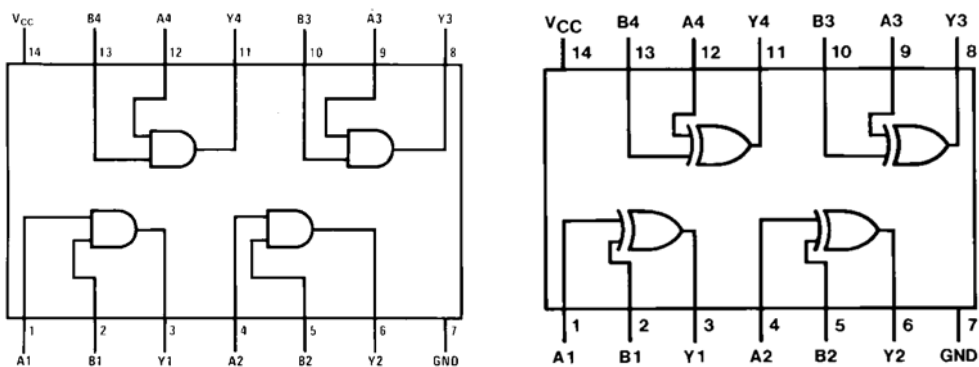
– 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



– 설계된 회로를 이용하여 진리표를 작성 하시오.

| A       | B       | X | Y | Z |
|---------|---------|---|---|---|
| OFF (0) | OFF (0) |   |   |   |
| OFF (0) | ON (1)  |   |   |   |
| ON (1)  | OFF (0) |   |   |   |
| ON (1)  | ON (1)  |   |   |   |

– 아래 Datasheet를 참고 하시오.

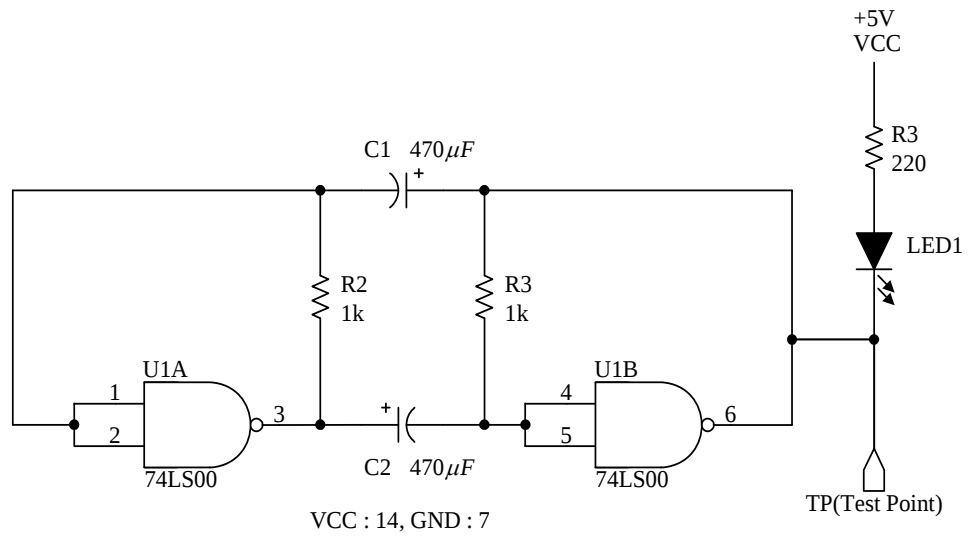


MEMO

#### 4-4. 구형파 발생회로

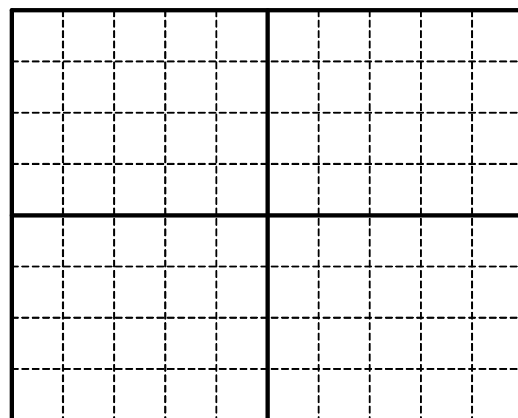
##### 4-4-1. 74LS00 을 이용한 구형파 발생회로

- 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



- 오실로스코프를 이용하여 TP 를 측정하고 주파수와 전압을 측정하시오.

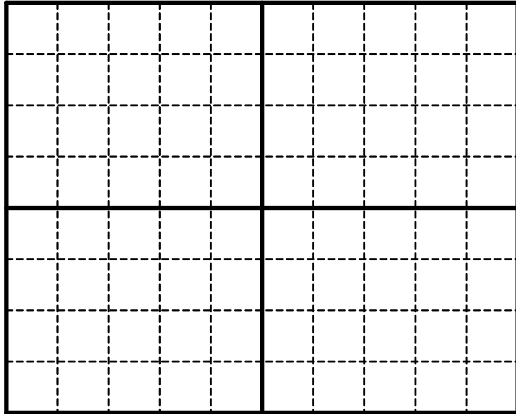
- 오실로스코프 파형(TP)



- Time/div :
- Volt/div :
- 주파수 :
- 전압( $V_{p-p}$ ) :

– 위 회로에서 C1 과 C2 를  $47\mu F$  으로 설계한 후 오실로스코프로 측정하시오.

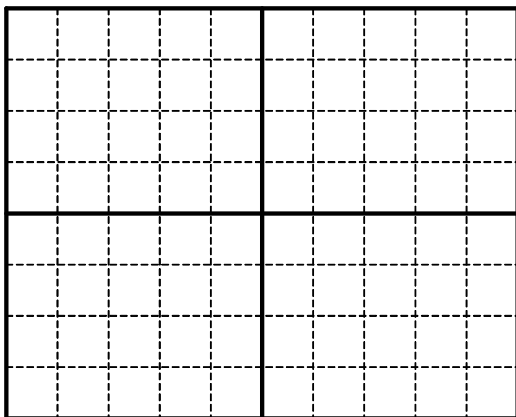
– 오실로스코프 파형(TP)



- Time/div :
- Volt/div :
- 주파수 :
- 전압( $V_{p-p}$ ) :

– 위 회로에서 R2 와 R3 를 100K 로 설계한 후 오실로스코프로 측정하시오.

– 오실로스코프 파형(TP)

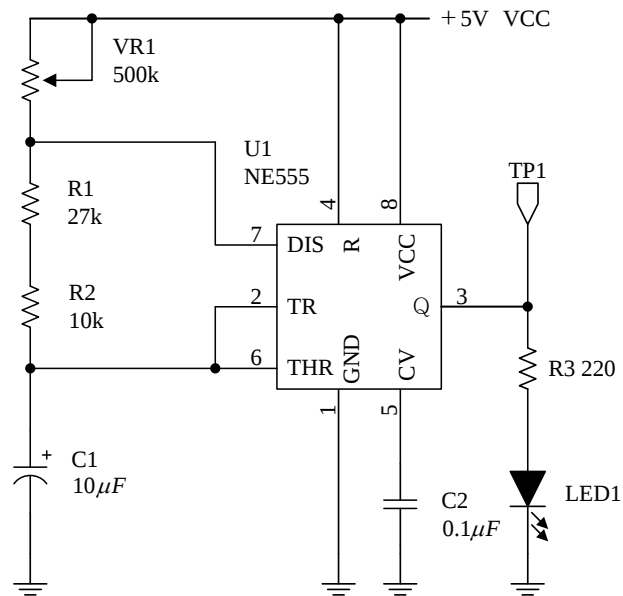


- Time/div :
- Volt/div :
- 주파수 :
- 전압( $V_{p-p}$ ) :

MEMO

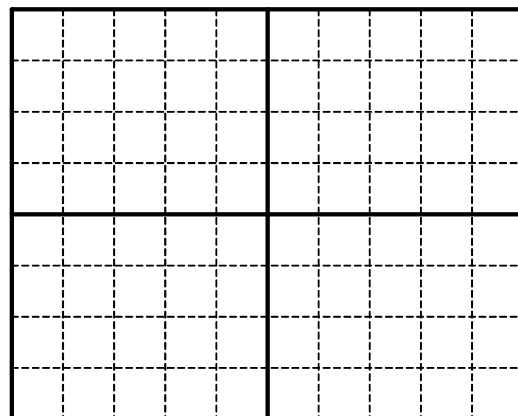
4-4-2. NE555 를 이용한 구형파 발행회로

- 다음 회로를 Bread board 를 이용하여 설계하시오.



- 오실로스코프를 이용하여 TP 를 측정하고 주파수와 전압을 측정하시오.

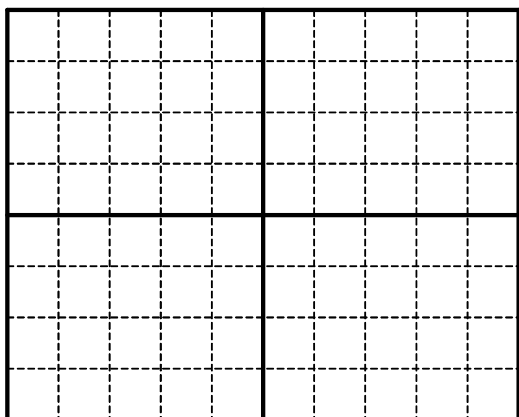
- 오실로스코프 파형(TP)



- Time/div :
- Volt/div :
- 주파수 :
- 전압( $V_{p-p}$ ) :

– 위 회로에서 VR1 의 저항값이 최대가 되도록 조정 한 후 오실로스코프를 이용하여 TP 를 측정하시오.

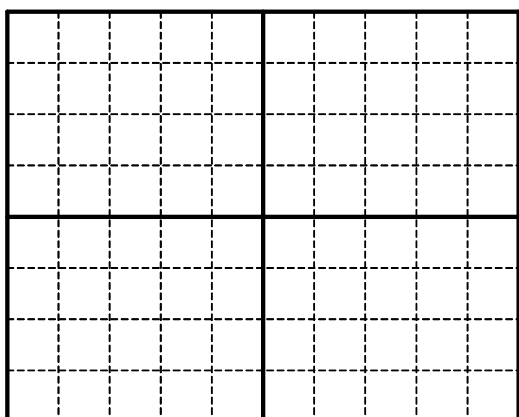
– 오실로스코프 파형(TP)



- Time/div :
- Volt/div :
- 주파수 :
- 전압( $V_{p-p}$ ) :

– 위 회로에서 VR1 의 저항값이 최소가 되도록 조정 한 후 오실로스코프를 이용하여 TP 를 측정하시오.

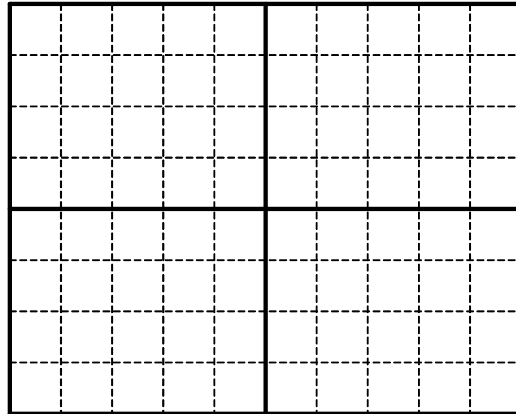
– 오실로스코프 파형(TP)



- Time/div :
- Volt/div :
- 주파수 :
- 전압( $V_{p-p}$ ) :

MEMO

- 위 회로에서 C1 을  $0.1\mu F$  으로 설계한 후 오실로스코프를 이용하여 TP 를 측정하시오.
- 오실로스코프 파형(TP)



- Time/div :
- Volt/div :
- 주파수 :
- 전압( $V_{p-p}$ ) :

## CHAPTER 5. 정보통신회로설계

MEMO

|   |          |     |           |
|---|----------|-----|-----------|
| 1 | 통신회로응용실습 | 회로명 | BCD 카운터회로 |
|---|----------|-----|-----------|

### \* 실습목표 :

- BCD 카운터 회로의 원리를 이해한다.
- NE555와 IC7490의 동작을 이해한다.

### \* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명     | 실습명                | BCD 카운터회로 |    |    |
|----------|---------|--------------------|-----------|----|----|
|          |         | 규격                 | 단위        | 수량 | 비고 |
| 1        | IC      | NE555              | 개         | 1  |    |
| 2        | IC      | SN74LS92           | 개         | 1  |    |
| 3        | IC 소켓   | 14핀                | 개         | 1  |    |
| 4        | IC 소켓   | 8핀                 | 개         | 1  |    |
| 5        | 저항      | 150Ω, 1/4W         | 개         | 4  |    |
| 6        | 저항      | 220Ω, 1/4W         | 개         | 1  |    |
| 7        | 저항      | 10kΩ, 1/4W         | 개         | 1  |    |
| 8        | 저항      | 27kΩ, 1/4W         | 개         | 1  |    |
| 9        | 저항      | 100kΩ, 1/4W        | 개         | 1  |    |
| 10       | 마일러 콘덴서 | 0.1μF (104)        | 개         | 1  |    |
| 11       | 전해콘덴서   | 10μF, 16V          | 개         | 1  |    |
| 12       | 누름버튼스위치 | ON-OFF(2P)용        | 개         | 1  |    |
| 13       | LED     | 중형(적2, 녹1, 황1, 백1) | 개         | 5  |    |

MEMO

\* 관계지식

1. BCD 회로 동작 그림 1은 NE555를 이용하여 구형파 신호를 발생한 후 IC7490 으로 신호를 전송하여 BCD 카운터 동작을 수행한 후 LED를 이용하여 출력을 표시하는 BCD 카운터회로의 개념도 이다.

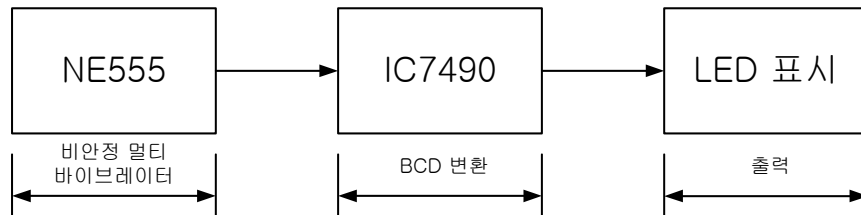


그림 1. BCD 카운터회로 동작원리

2. 그림 2는 회로 동작에서 타이머 IC NE555는 외부적으로 2번핀과 6번핀이 직접 연결되면 비안정 멀티바이브레이터로서 동작을 한다. 발진 주파수  $f = 1/T = 1.44 / \{(SVR + R_1) + 2R_2\}C_1[\text{Hz}]$  이다.

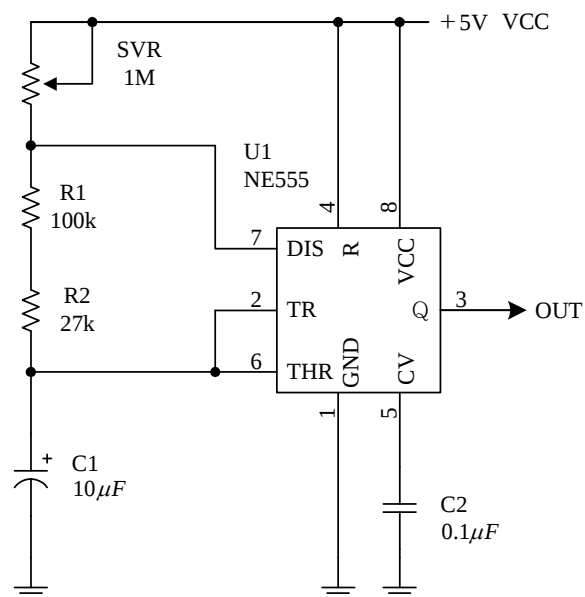


그림 2. NE555를 이용한 구형파 발생 회로

### 3. 가변저항(SVR) 변화에 따른 발진주파수

- SVR 1M 일 때 발진 주파수  $f = 1/T = 1/7.997[\text{sec}] = 0.125[\text{Hz}]$
- SVR 0 일 때 발진 주파수  $f = 1/T = 1/1.067[\text{sec}] = 0.937[\text{Hz}]$
- 결과적으로 가변저항 SVR을 가변 시키면 TP<sub>1</sub>의 출력은 약 0.125 ~ 0.937[Hz]의 구형파 출력이 나타난다. TP를 오실로 스코프로 측정하려면 가변저항 SVR을 최소값으로 돌려놓고 측정한다.

4. IC 7490은 2진 카운터와 5진 카운터를 내장하고 있는 회로이다. 외부적으로 1번핀과 12번핀이 연결되면 10진 카운터로서 동작한다. TP의 출력이 14핀으로 인가되면 출력(Q<sub>A</sub> ~ Q<sub>D</sub>)은 BCD값으로 나타난다. 또한 IC 7490 으로부터 출력되는 신호가 High Level 일 때 LED<sub>1</sub> ~ LED<sub>4</sub>가 점등된다.

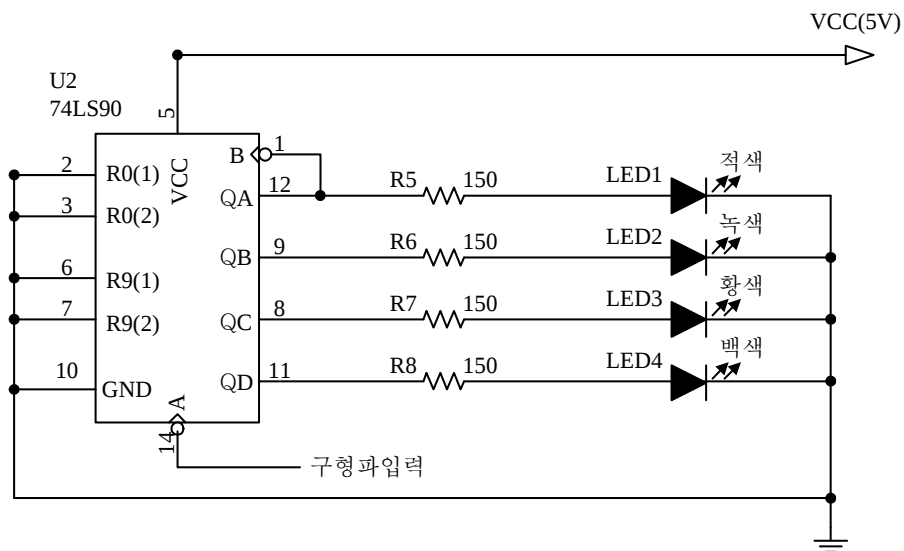


그림 3. IC 7490을 이용한 BCD 카운터 회로

MEMO

5. BCD 카운터회로의 타임차트

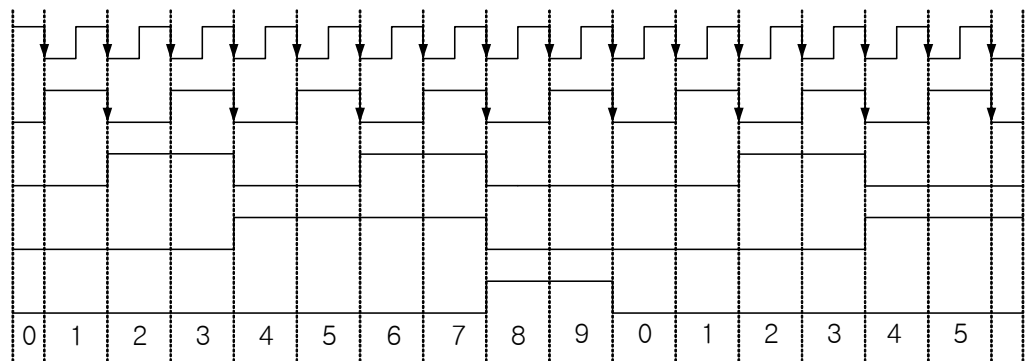


그림 4. IC 7490을 이용한 BCD 동작특성

## 6. LED 점등상태

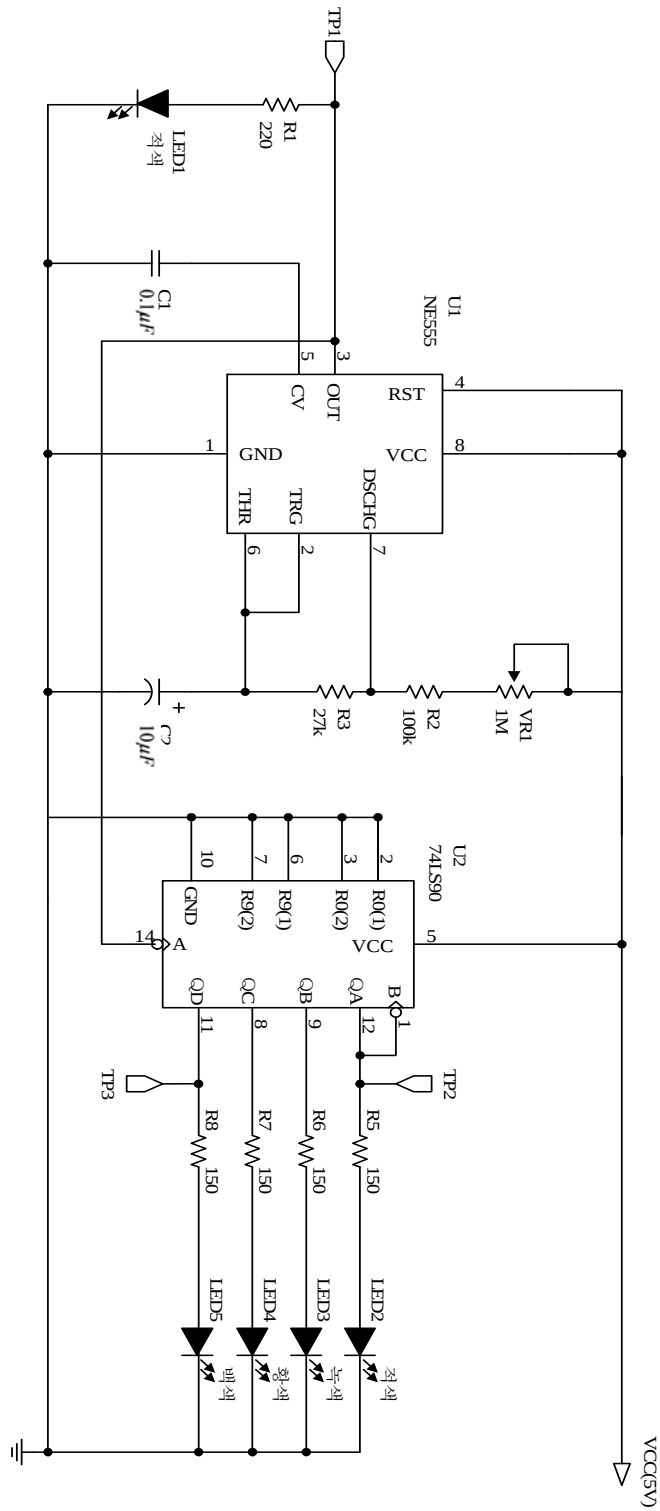
표 1. BCD 카운터 동작에 따른 LED 상태표

| 클릭수    | LED1 | LED2 | LED3 | LED4 |
|--------|------|------|------|------|
| CLR/PR | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 1      | 1    | 0    | 0    | 0    |
| 2      | 0    | 1    | 0    | 0    |
| 3      | 1    | 1    | 0    | 0    |
| 4      | 0    | 0    | 1    | 0    |
| 5      | 1    | 0    | 1    | 0    |
| 6      | 0    | 1    | 1    | 0    |
| 7      | 1    | 1    | 1    | 0    |
| 8      | 0    | 0    | 0    | 1    |
| 9      | 1    | 0    | 0    | 1    |

\* 실습회로도

MEMO

MEMO



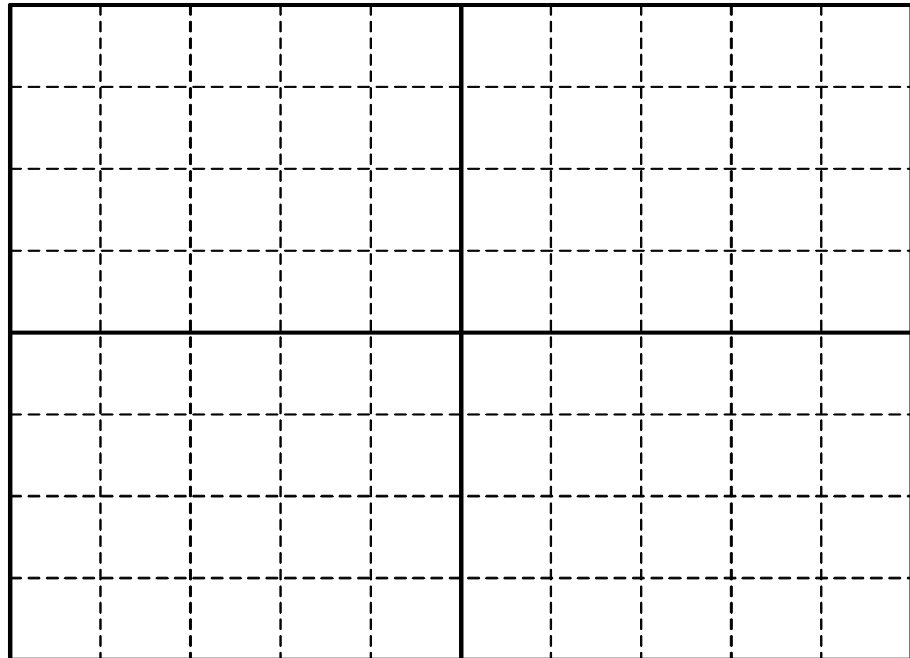
\* 회로설계 및 동작시험

1. 가변저항(SVR)의 값을 변화했을 때 LED1 의 점멸동작 상태를 확인하고 측정점 TP에 오실로스코프를 연결하고 SVR을 조정하면서 그 출력파형이 가장 적합하게 나타나도록 하면 그 출력파형은 어떤 파형이며, 주파수는 얼마 정도가 되는가?
2. LED1~4의 점멸순서가 BCD 출력과 같도록 하고 그 점멸상태와 BCD 코드 변환표를 작성하시오.
3. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

\* 회로측정 결과

MEMO

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

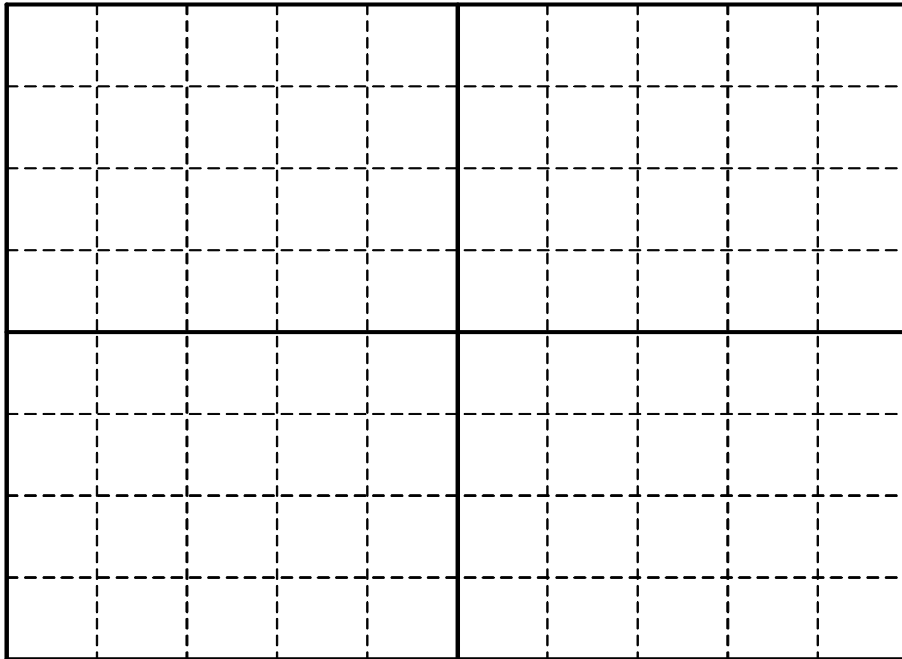
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

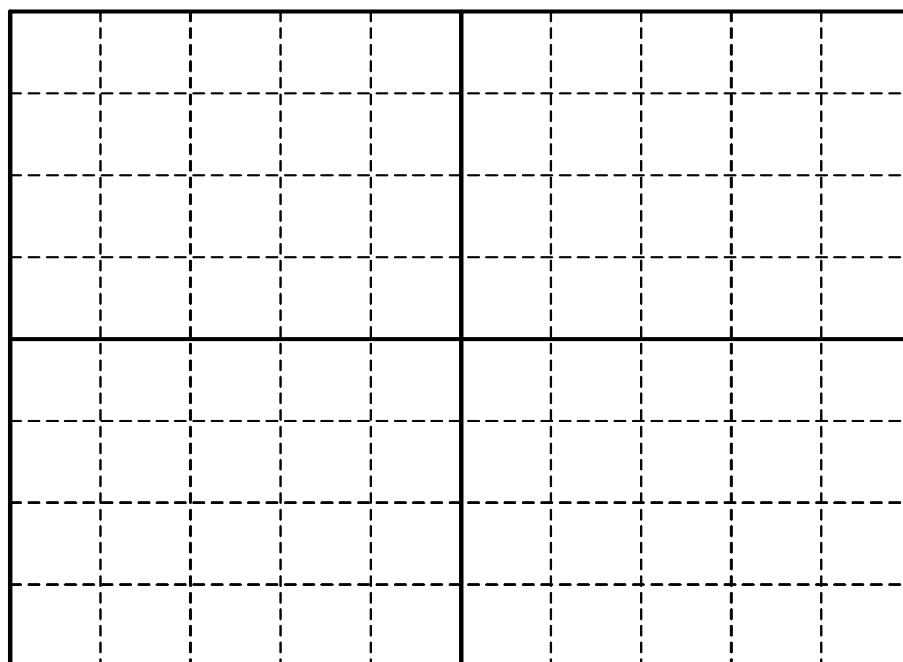
2. TP(Test Point) 2



- Time/div :
- Volt/div :
- Period :
- Frequency :
- $V_{P-P}$  :

### 3. TP(Test Point) 3

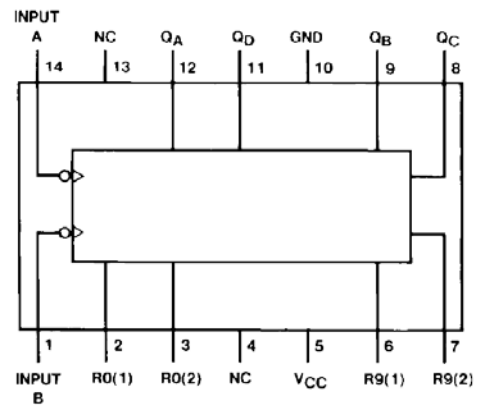
MEMO



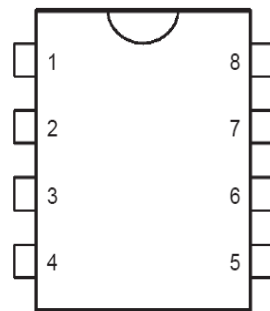
- Time/div :
- Volt/div :
- Period :
- Frequency :
- $V_{P-P}$  :

# \* IC Pin 에 대한 입·출력

## ◆ 7490



## ◆ NE 555



- 1 - GND
- 2 - Trigger
- 3 - Output
- 4 - Reset
- 5 - Control voltage
- 6 - Threshold
- 7 - Discharge
- 8 - VCC

MEMO

| 2 | 통신회로응용실습 | 회로명 | DEVIDER 회로 |
|---|----------|-----|------------|
|---|----------|-----|------------|

\* 실습목표 :

- 분주회로의 원리를 이해한다.
- 비동기식 카운터 회로의 동작을 이해한다.

\* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명     | 실습명                 | DEVIDER 회로 |    |    |
|----------|---------|---------------------|------------|----|----|
|          |         | 규격                  | 단위         | 수량 | 비고 |
| 1        | IC      | 74LS04              | 개          | 1  |    |
| 2        | IC      | 74LS90              | 개          | 1  |    |
| 3        | IC      | NE555               | 개          | 1  |    |
| 4        | LED     | 녹색                  | 개          | 1  |    |
| 5        | LED     | 백색                  | 개          | 1  |    |
| 6        | LED     | 적색                  | 개          | 1  |    |
| 7        | LED     | 황색                  | 개          | 1  |    |
| 8        | 스위치     | 3P/토글형, 소형          | 개          | 2  |    |
| 9        | 저항      | 18k $\Omega$ , 1/4W |            | 1  |    |
| 10       | 저항      | 330 $\Omega$ , 1/4W |            | 4  |    |
| 11       | 저항      | 5k $\Omega$ , 1/4W  |            | 1  |    |
| 12       | 저항      | 1k $\Omega$ , 1/4W  |            | 1  |    |
| 13       | 콘덴서     | 0.01 $\mu$ F (103)  |            | 1  |    |
| 14       | 콘덴서     | 0.47 $\mu$ F (474)  |            | 1  |    |
| 15       | 콘덴서(전해) | 47 $\mu$ F, 25V     |            | 2  |    |

## \* 관계지식

1. 그림 1은 NE555를 이용하여 구형파 신호를 발생한 후 IC7490 으로 신호를 전송하여 DEVIDER를 수행한 후 LED 출력 동작을 위하여 7404를 이용하여 신호를 반전시킨 후 LED로 회로의 동작 상태를 표시하기위한 DEVIDER 회로의 개념도 이다.

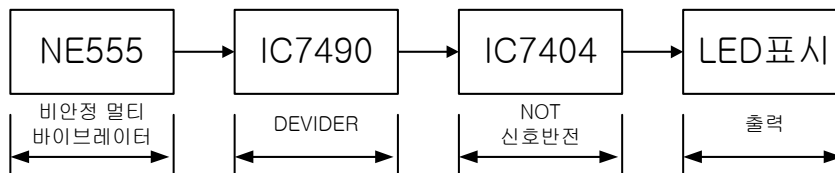


그림 1. DEVIDER 회로 동작원리

2. 그림 2는 회로 동작에서 타이머 IC NE555는 외부적으로 2번핀과 6번핀이 직접 연결되면 비안정 멀티바이브레이터로서 동작을 한다. 발진 주파수  $f = 1/T = 1.44 / \{(SVR + R_1) + 2R_2\}C_1[\text{Hz}]$  이다.

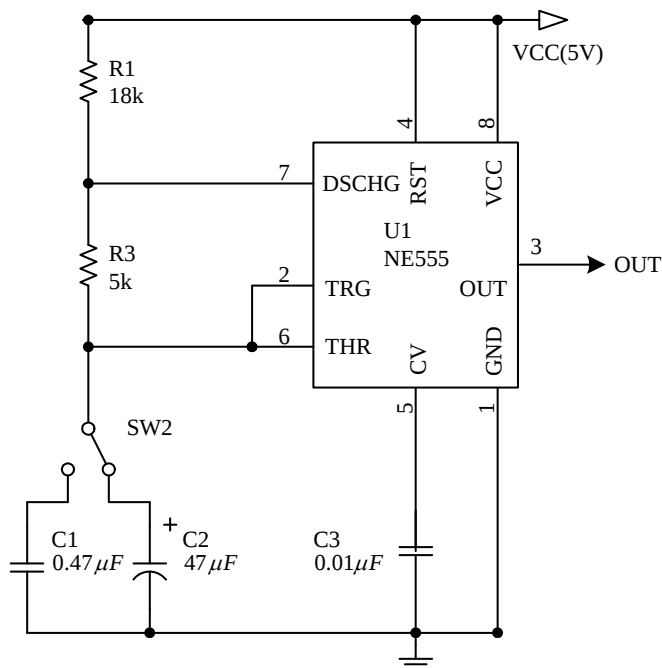


그림 2. NE555를 이용한 구형파 발생 회로

MEMO

3. NE555 회로 구성에 따른 발진주파수

-  $R_1$  과  $R_2$  가 각각 18k 와 5k 일 때 발진 주파수는 SVR을 사용하지 않으므로 발진 주파수  $f = 1/T = 1.44 / \{(SVR + R_1) + 2R_2\}C[Hz]$ 에 의해 콘덴서  $C_1$  과  $C_2$  에 의해 결정된다. 따라서  $SW_2$  가  $C_1$  과 연결되었을 경우 와  $C_2$  와 연결되었을 경우의 주파수차는 콘덴서가 가지는 용량의 만큼 차이가 발생되게 된다.

4. IC 7490은 DEVIDER(분주) 내장하고 있는 회로이다. 외부적으로 14번 핀으로 구형파가 입력되면 12번 핀 QA를 통하여 입력펄스의 1/2 에 해당하는 분주 신호를 출력하게 된다. 또한 QB는 QA 출력신호에 대비한 1/2 의 분주신호를 출력하게 된다. 이때 12번 핀이 1번 핀으로 입력되면서 QC와 QD 또한 분주동작을 수행하게 된다.

5. IC 7404는 IC 7490으로부터 출력되는 신호를 반전시켜 출력되는 신호가 High Level 일 때 LED<sub>1</sub> ~ LED<sub>4</sub>가 점등 되도록 한다.

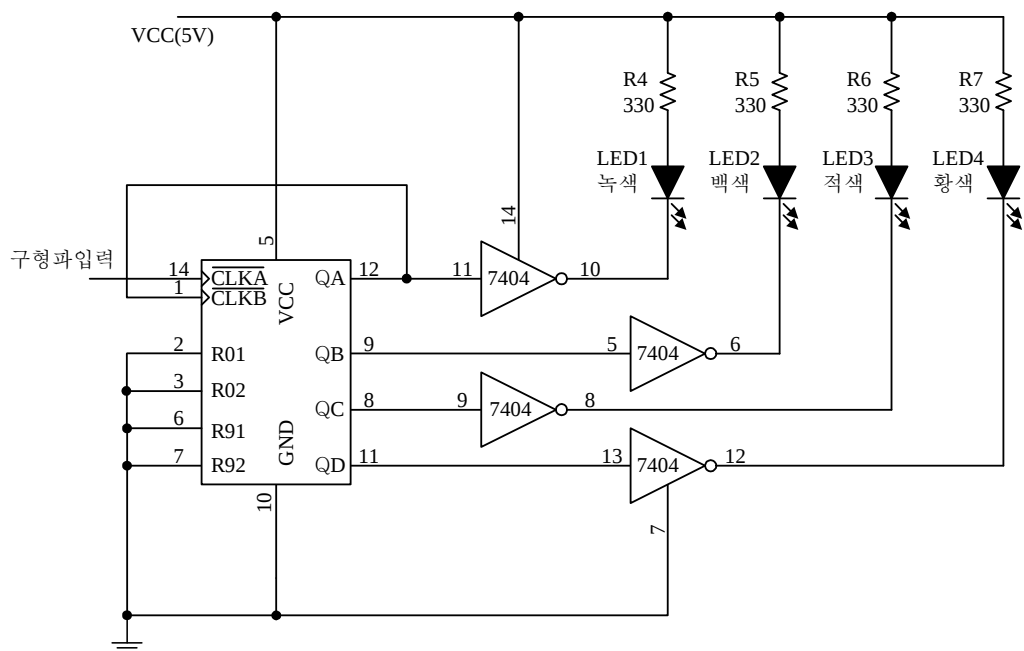


그림 3. IC 7490을 이용한 DEVIDER 회로

## 6. DEVIDER 회로의 타임차트

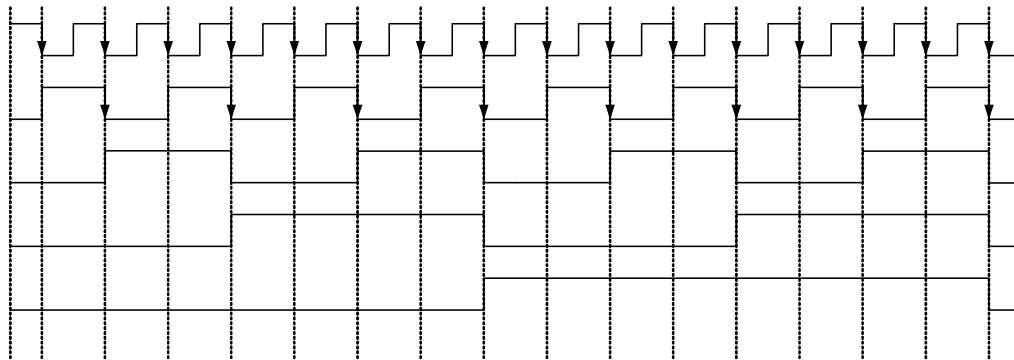


그림 4. IC 7490를 이용한 DEVIDER 동작특성

## 7. LED 점등상태

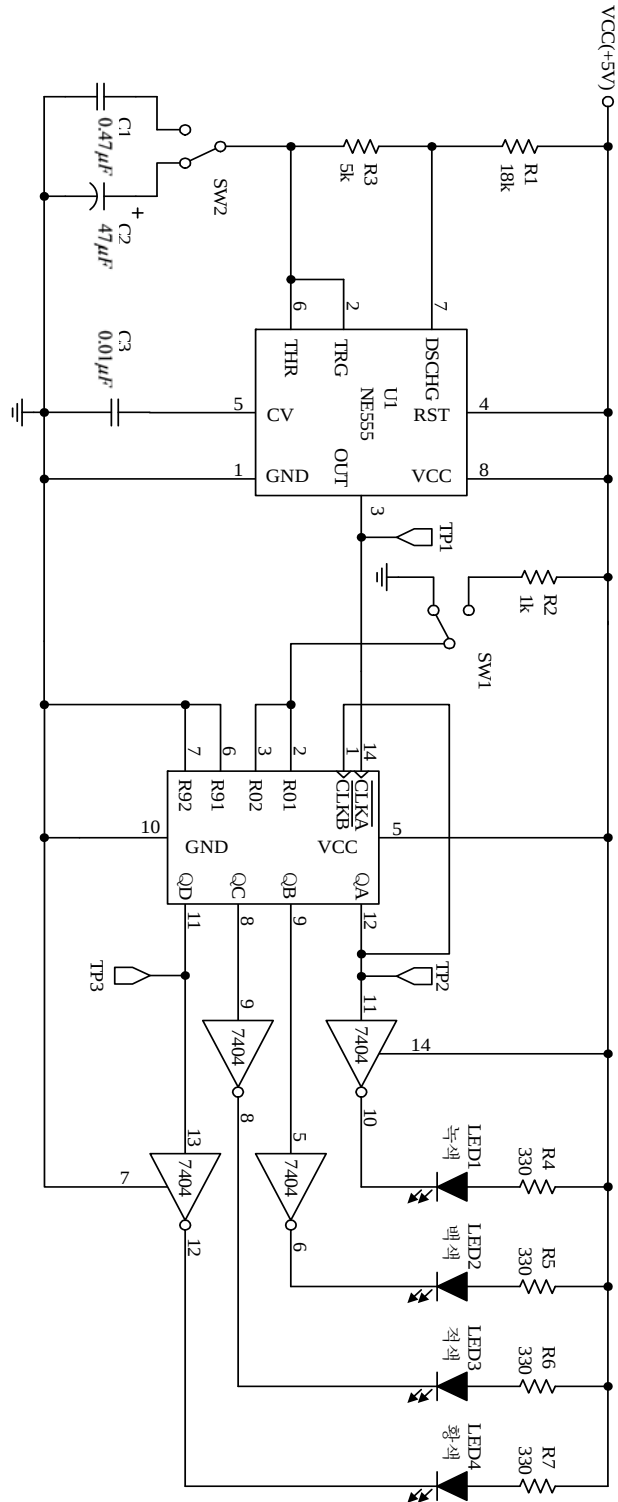
표 1. DEVIDER 동작에 따른 LED 상태표

| 클릭수    | LED1 | LED2 | LED3 | LED4 |
|--------|------|------|------|------|
| CLR/PR | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 1      | 1    | 0    | 0    | 0    |
| 2      | 0    | 1    | 0    | 0    |
| 3      | 1    | 1    | 0    | 0    |
| 4      | 0    | 0    | 1    | 0    |
| 5      | 1    | 0    | 1    | 0    |
| 6      | 0    | 1    | 1    | 0    |
| 7      | 1    | 1    | 1    | 0    |
| 8      | 0    | 0    | 0    | 1    |
| 9      | 1    | 0    | 0    | 1    |

MEMO

MEMO

\* 실습회로도



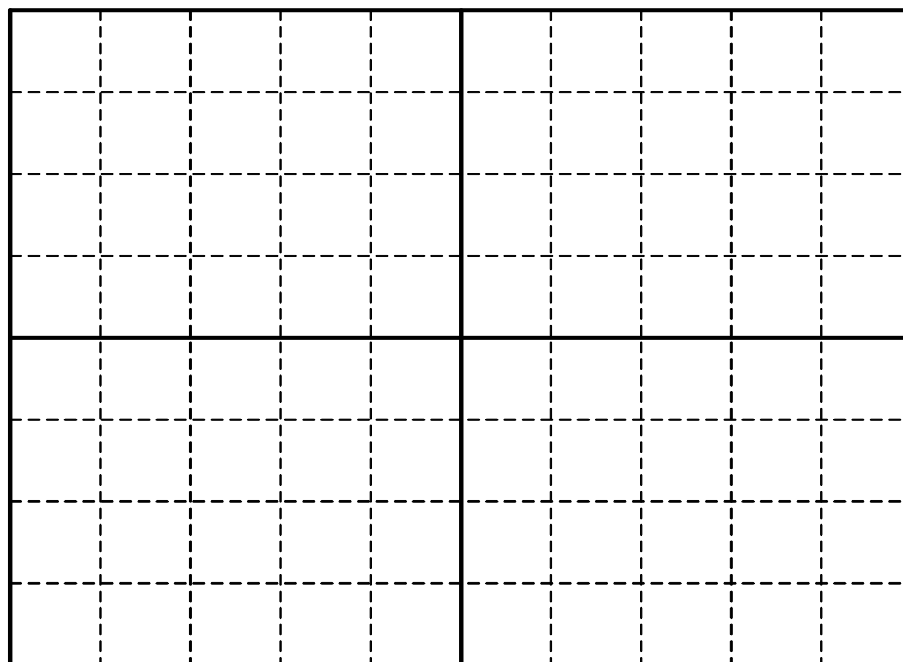
### \* 회로설계 및 동작시험

1. SW1을 C1과 C2의 위치로 변환시 IC NE555의 3번에서 발생 주파수의 차이를 확인하시오.
2. SW1을 C2 위치에 놓고 SW2를 ON/OFF 교번 동작 시 LED의 점등 상태를 확인하시오.
3. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

MEMO

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



–  $C_1$  과  $C_2$  일 때 각각 연결했을 경우에 대하여 결과를 완성하시오.

– Time/div :

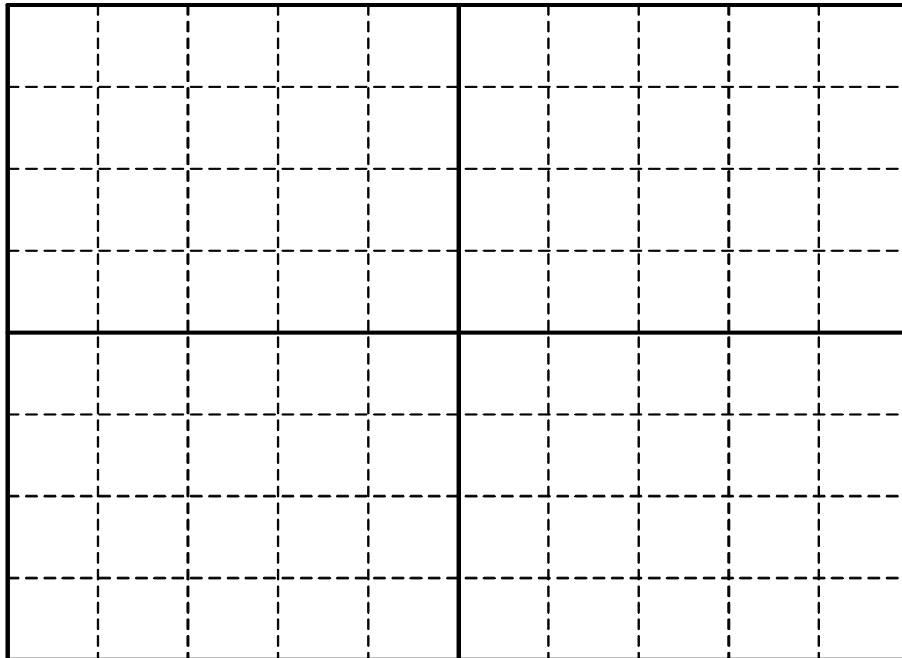
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

## 2. TP(Test Point) 2



–  $C_1$  과  $C_2$  일 때 각각 연결했을 경우에 대하여 결과를 완성하시오.

– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

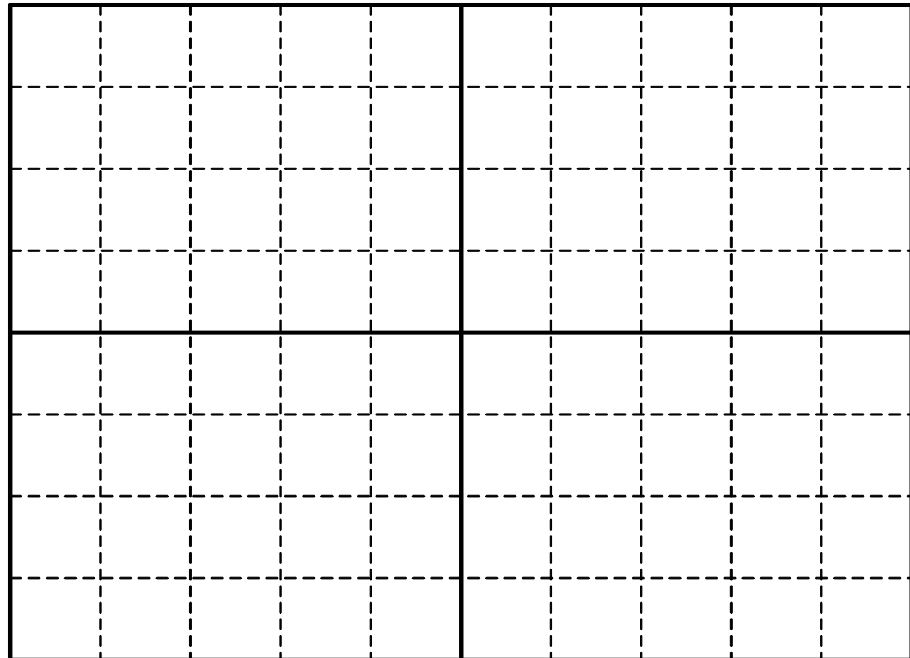
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

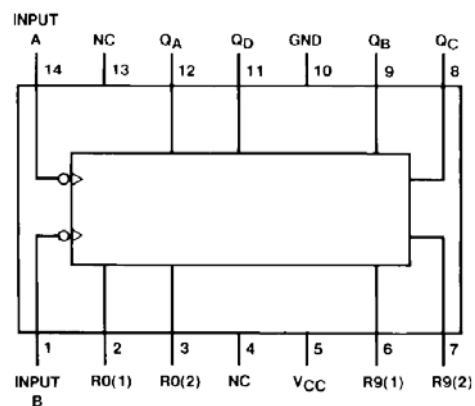
3. TP(Test Point) 3



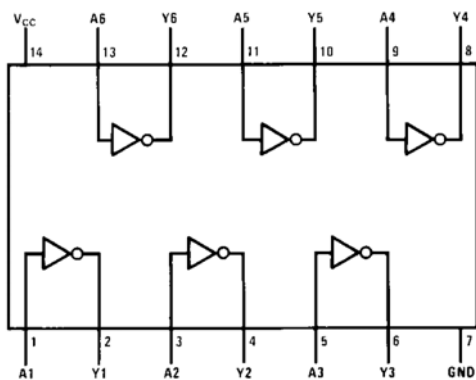
- $C_1$  과  $C_2$  일 때 각각 연결했을 경우에 대하여 결과를 완성하시오.
- Time/div :
- Volt/div :
- Period :
- Frequency :
- $V_{P-P}$  :

# \* IC Pin 에 대한 입·출력

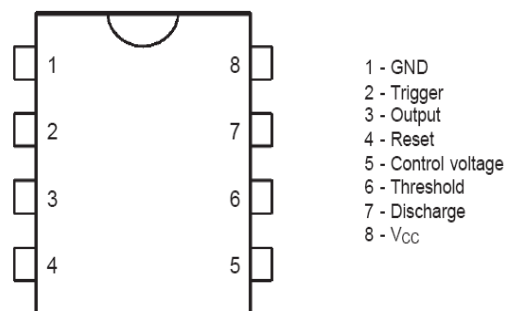
## ◆ 7490



## ◆ 7404



## ◆ NE 555



MEMO

|   |          |     |       |
|---|----------|-----|-------|
| 3 | 통신회로응용실습 | 회로명 | 카운터회로 |
|---|----------|-----|-------|

\* 실습목표 :

- 카운터회로의 원리를 이해한다.
- 비동기식 카운터 회로의 동작을 이해한다.

\* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명     | 실습명             | 카운터회로 |    |    |
|----------|---------|-----------------|-------|----|----|
|          |         | 규격              | 단위    | 수량 | 비고 |
| 1        | IC      | SN74LS76        | 개     | 2  |    |
| 2        | IC      | NE555           | 개     | 1  |    |
| 3        | LED     | 소형(적2,황1,녹1,백1) | 개     | 5  |    |
| 4        | 저항      | 330Ω, 1/4W      | 개     | 4  |    |
| 5        | 저항      | 470Ω, 1/4W      | 개     | 1  |    |
| 6        | 저항      | 10kΩ, 1/4W      | 개     | 1  |    |
| 7        | 저항      | 27kΩ, 1/4W      | 개     | 1  |    |
| 8        | 가변저항    | 500kΩ, 1/4W     | 개     | 1  |    |
| 9        | 마일러 콘덴서 | 0.1μF (104)     | 개     | 1  |    |
| 10       | 전해 콘덴서  | 10μF            | 개     | 1  |    |
| 11       | 누름버튼스위치 | non-locking 형   | 개     | 1  |    |

### \* 관계지식

- 그림 1은 NE555를 이용하여 구형파 신호를 발생한 후 IC7476 JK F/F 으로 신호를 전송하여 16진 카운터를 수행한 후 LED를 이용하여 회로의 동작 상태를 표시하기 위한 카운터회로의 개념도 이다.

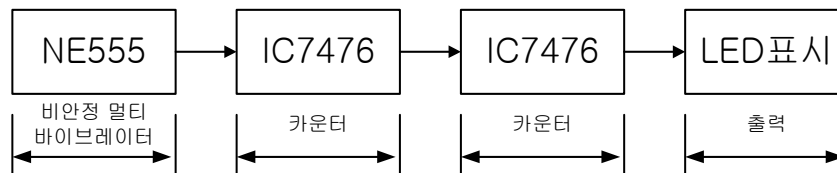


그림 1. 카운터회로 동작원리

- 그림 2는 회로 동작에서 타이머 IC NE555는 외부적으로 2번핀과 6번핀이 직접 연결되면 비안정 멀티바이브레이터로서 동작을 한다. 발진 주파수  $f = 1/T = 1 / \{(SVR + R_1) + 2R_2\}C_1[\text{Hz}]$  이다.

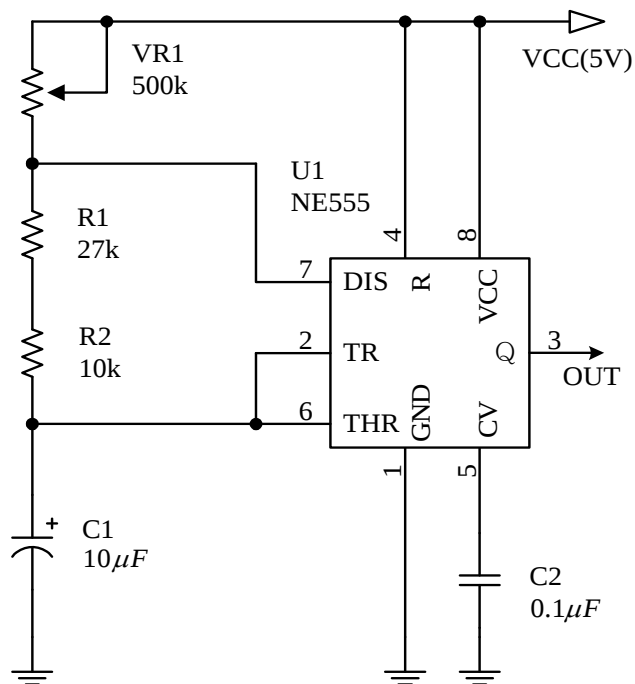


그림 2. NE555를 이용한 구형파 발생 회로

MEMO

3. NE555 회로 구성에 따른 발진주파수

-  $R_1$  과  $R_2$  가 각각 100k 와 27k 일 때 발진 주파수는 SVR 500k 를 사용하여 가변시켰을 경우 발진 주파수  $f = 1/T = 1 / \{ (SVR + R_1) + 2R_2 \} C [Hz]$  에 의해서 콘덴서  $C_1$  과  $C_2$  에 의해 결정된다. 따라서  $SW_2$  가  $C_1$  과 연결되었을 경우 와  $C_2$  와 연결되었을 경우의 주파수차는 콘덴서가 가지는 용량의 만큼 차이가 발생되게 된다.

4. IC 7476은 2개의 JK F/F을 내장하고 있는 회로이다. IC 7476의 4, 16, 9, 12 번 핀에 High Level을 입력하게 되면 JK F/F은 토글링 기능을 수행하게 된다 이것은 2진 분주와 동일한 기능을 수행하며, 15번 핀에서는 1번핀으로 입력된 구형파 신호의 2배에 해당하는 시간의 주기를 갖는 신호를 출력하며, 14번 핀에서는 15번 핀 신호의 반전된 신호를 출력한다. 또한, 11번 핀에서는 15번 핀으로부터 입력받은 신호의 2배에 해당하는 시간의 주기를 출력하므로 주파수 측면에서는 2배의 분주된 주파수를 출력하게 된다. 이러한 특성을 이용하여 16진 카운터 기능을 수행하게 된다.

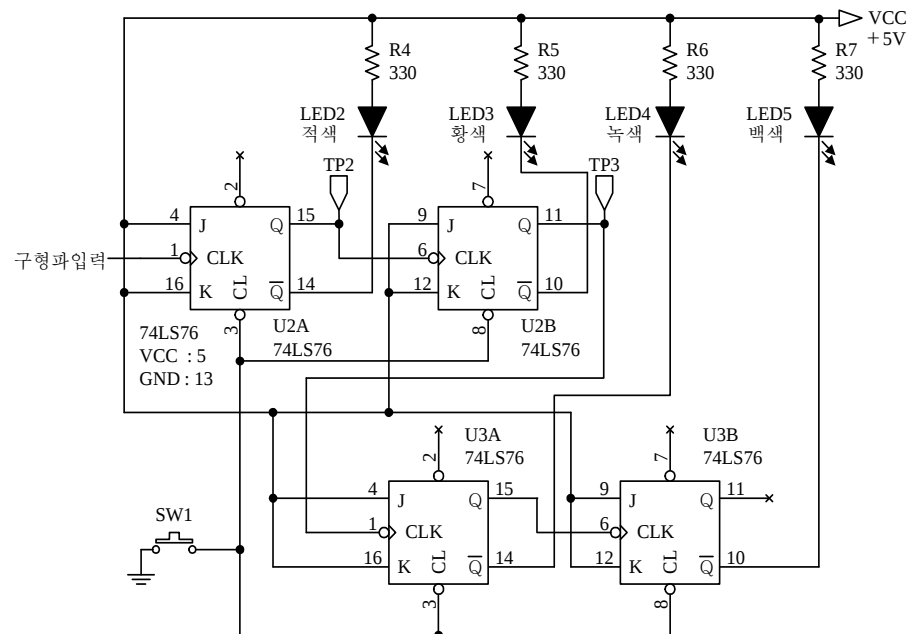


그림 3. IC 7476을 이용한 카운터회로

## 6. 카운터회로의 타임차트

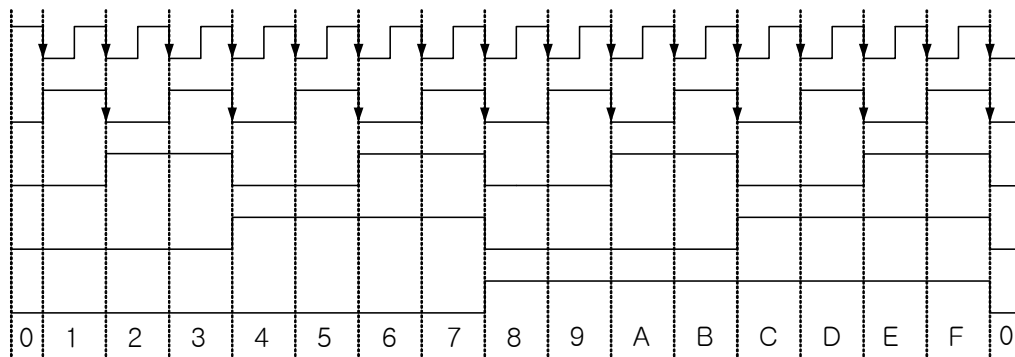


그림 4. IC 7476을 이용한 카운터 동작특성

## 7. LED 점등상태

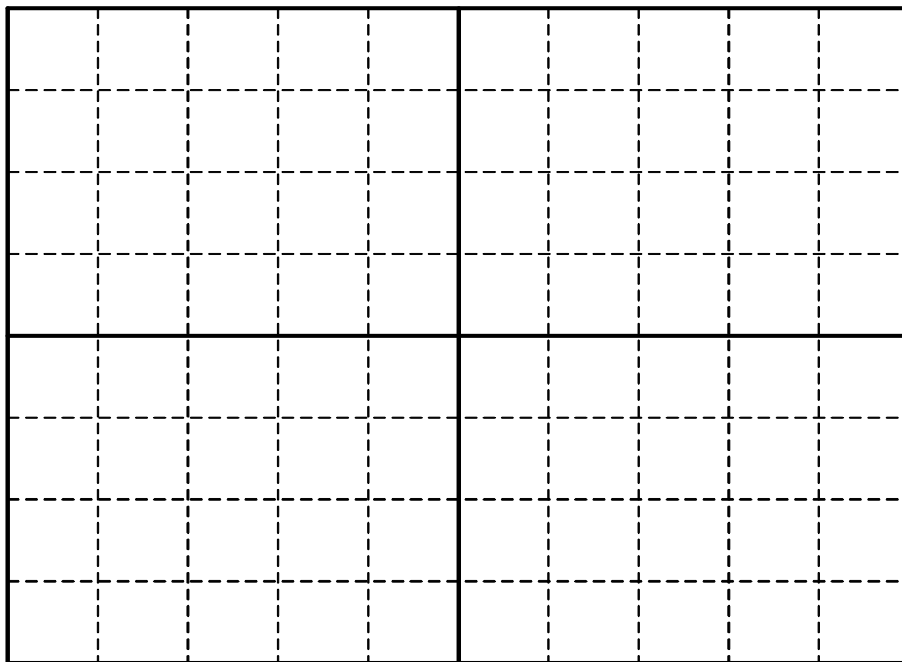
표 1. DEVIDER 동작에 따른 LED 상태표

| 클릭수    | LED1 | LED2 | LED3 | LED4 |
|--------|------|------|------|------|
| CLR/PR | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 1      | 1    | 0    | 0    | 0    |
| 2      | 0    | 1    | 0    | 0    |
| 3      | 1    | 1    | 0    | 0    |
| 4      | 0    | 0    | 1    | 0    |
| 5      | 1    | 0    | 1    | 0    |
| 6      | 0    | 1    | 1    | 0    |
| 7      | 1    | 1    | 1    | 0    |
| 8      | 0    | 0    | 0    | 1    |
| 9      | 1    | 0    | 0    | 1    |
| 10     | 0    | 1    | 0    | 1    |
| 11     | 1    | 1    | 0    | 1    |
| 12     | 0    | 0    | 1    | 1    |
| 13     | 1    | 0    | 1    | 1    |
| 14     | 0    | 1    | 1    | 1    |
| 15     | 1    | 1    | 1    | 1    |

[illegible]

## \* 회로측정 결과

### 1. TP(Test Point) 1



–  $C_1$  과  $C_2$  일 때 각각 연결했을 경우에 대하여 결과를 완성하시오.

– Time/div :

– Volt/div :

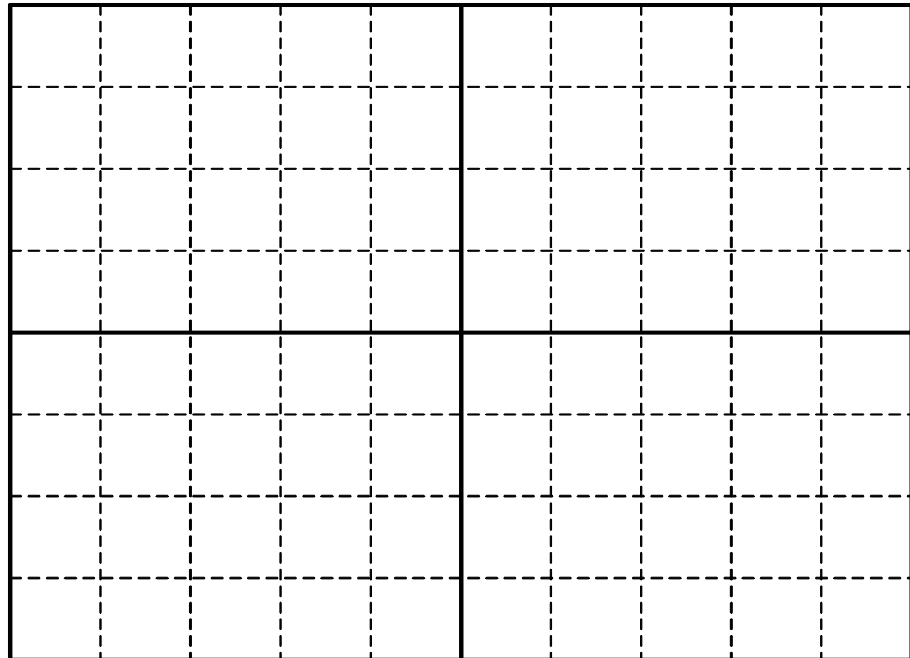
– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

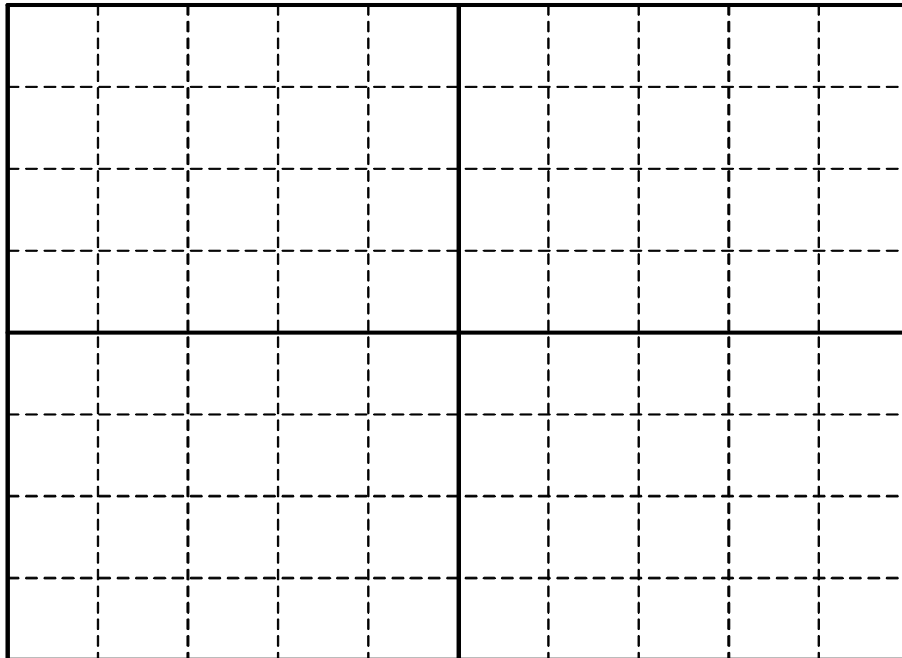
2. TP(Test Point) 2



- $C_1$  과  $C_2$  일 때 각각 연결했을 경우에 대하여 결과를 완성하시오.
- Time/div :
- Volt/div :
- Period :
- Frequency :
- $V_{P-P}$  :

### 3. TP(Test Point) 3

MEMO



–  $C_1$  과  $C_2$  일 때 각각 연결했을 경우에 대하여 결과를 완성하시오.

– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

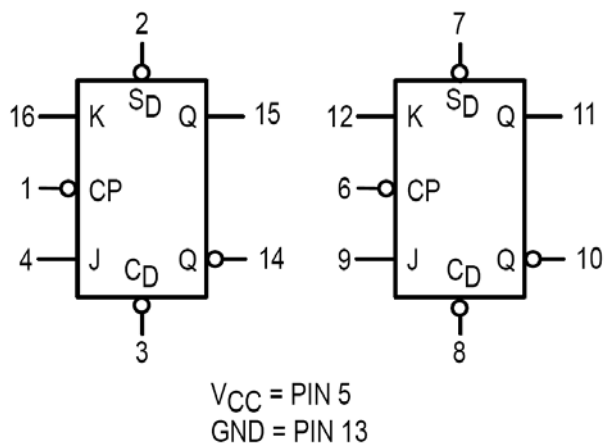
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

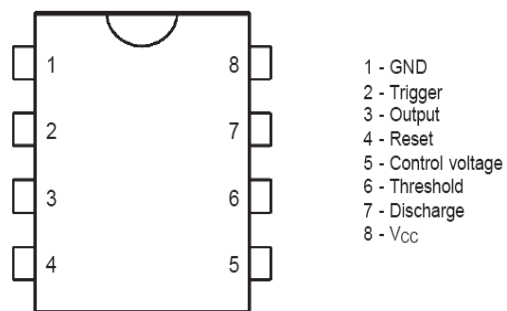
MEMO

\* IC Pin 에 대한 입·출력

◆ 7476



◆ NE 555



| 4 | 통신회로응용실습 | 회로명 | 순차점멸회로 |
|---|----------|-----|--------|
|---|----------|-----|--------|

**\* 실습목표 :**

- 시프트레지스터의 원리를 이해한다.
- 존슨 카운터의 동작을 이해한다.

**\* 실습 사용부품**

| 일련<br>번호 | 재료명   | 실습명         | 순차점멸회로 |     |    |
|----------|-------|-------------|--------|-----|----|
|          |       | 규격          | 단위     | 수량  | 비고 |
| 1        | IC    | 4011        | 개      | 1   |    |
| 2        | IC    | 4017        | 개      | 1   |    |
| 3        | LED   | 소형(적,황,녹,백) | 개      | 각 2 |    |
| 4        | LED   | 소형(청색)      | 개      | 1   |    |
| 5        | 저항    | 470Ω, 1/4W  | 개      | 1   |    |
| 6        | 저항    | 1kΩ, 1/4W   | 개      | 1   |    |
| 7        | 저항    | 4.7kΩ, 1/4W | 개      | 1   |    |
| 8        | 저항    | 6.8kΩ, 1/4W | 개      | 1   |    |
| 9        | 저항    | 470kΩ, 1/4W | 개      | 2   |    |
| 10       | 전해콘덴서 | 1μF         | 개      | 2   |    |

MEMO

### \* 관계지식

1. 순차점멸회로 동작 그림 1은 IC 4011 이용하여 펄스 신호를 발생한 후 IC 4017 로 신호를 전송하여 존슨 카운터 동작을 수행한 후 LED를 이용하여 출력을 표시하는 존슨 카운터를 이용한 순차점멸회로의 개념도 이다.



그림 1. 순차점멸회로의 동작원리 개념도

### 2. 시프트레지스터의 개요

- 레지스터의 특수한 종류의 하나인 시프트(shift)레지스터는 직렬 전송회로와 병렬 전송회로의 인터페이스에서 병렬로 입력되는 데이터를 직렬로, 직렬로 입력되는 데이터를 병렬로 변환하는 기능을 수행한다. 또한 시프트레지스터는 기억되어 있는 데이터를 2의 배수로 곱하거나 나누는 연산기능으로도 사용된다. 모든 데이터는 처리되기 전에 한 레지스터에 표시되어야 한다. 예를 들면, 두 수를 곱할 경우, 두 수는 레지스터에 각각 저장되어 있어야 한다. 그리고 곱한 결과도 한 레지스터에 저장된다.

### 3. MC 4011

- 전원을 넣으면 약간의 특성 차이 때문에 어느 한쪽이 먼저 동작한다. 그림 2에서 b 가 High, c 가 Low 라면 실선 방향으로 전류가 흘러 콘덴서 C에는 Vcc까지 충전한다. 이 전압은 Threshold 전압 이상이 되어 더 이상 변화가 없다. 이결과로 콘덴서 충전하는 그림 3의 실선 방향으로 방전한다.
- 회로의 발진을 위한 회로의 시상수  

$$T = 2.2RC[\text{sec}],$$

$$T = 2.2 \times 470k \times 1\mu F = 1.34[\text{sec}]$$
- 발진주파수는 다음과 같다.  

$$f = 1/T = 1/034[\text{sec}] = 0.967[\text{Hz}]$$

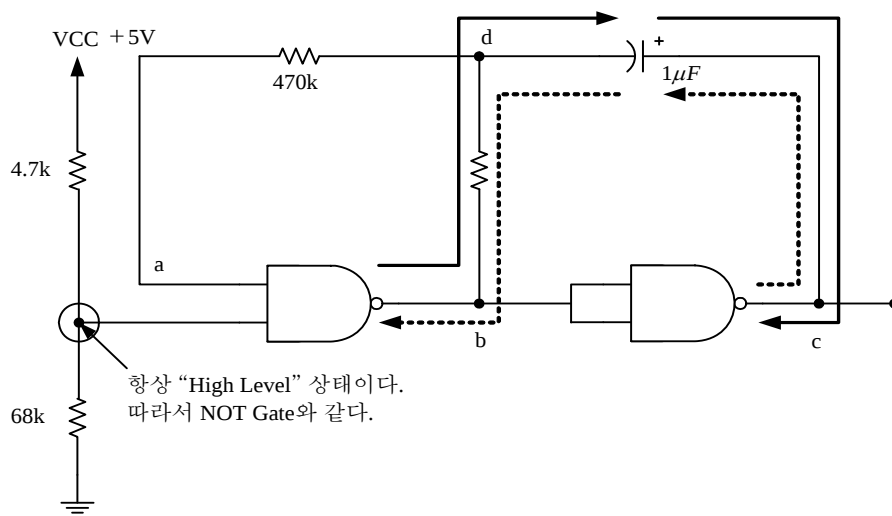


그림 2. 2단 인버터형 멀티바이브레이터(1)

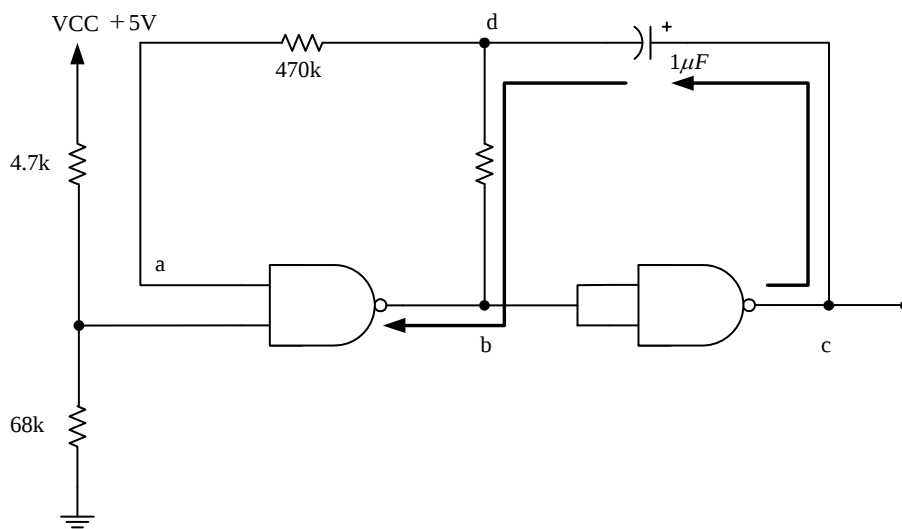


그림 3. 2단 인버터형 멀티바이브레이터(2)

4. 동작상태 앞서 설명한 바와 같이 IC 4011은 2단 인버터형 비안정 멀티바이브레이터로서 그림 4에서 NAND Gate 1의 입력단 저항  $R_1$ 과  $R_2$ 는 전압 분배되어 있다. 따라서 회로의 전압  $V$ 는 다음의 식으로 정의 된다.

$$V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{cc} = \frac{68k}{4.7k + 68k} \times 5V = 4.67V$$

MEMO

5. MC 4017 존슨카운터

- 일반적으로 디바이더(Divider)라고도 하며, 시프트레지스터를 중심으로 하여 구성된 것이다. 다른 점은 최종 단의 출력  $\overline{Q}$  ( $\overline{Q}$ 가 얻어지지 않을 때의 Q의 부정)를 맨 앞단의 단자로 되돌리는 것뿐이다.(그림 4 참조)

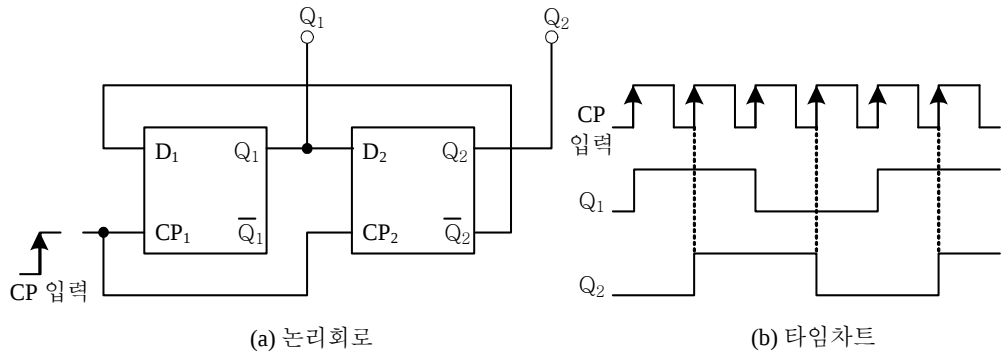


그림 4. 존슨 카운터의 논리 회로와 타임 차트

- 전단을 리셋(reset)하면 앞단의 입력은 "H"로 각 단의 출력은 모두 "L" 상태로 된다. 여기서 CP에 시프트 펄스를 가하면 각 단의 출력은 타임차트와 같이 변화하여 간다.

-  $\overline{Q_2} = H$  라면  $D_1$ 을 경유하여 FF-2로 돌아오는데 시프트 펄스 2개 분의 시간이 요하게 되고,  $\overline{Q_2} = L$ 로 반전하면  $Q_2$ 는 "H"가 되므로  $D_1$ 을 경유하여 시프트 펄스 2개만큼 지연되어  $Q_2$ 로 돌아 간다. 따라서 시프트 펄스 4개째(FF 단수의 2배)에서  $Q_2$  및  $\overline{Q_2}$ 는 1사이클을 종료하게 된다.

6. 순차점멸카운터 동작은 그림 5의 IC 4017에 의해 존슨 카운터로 시프트레지스터 형식으로 동작한다. 현재 회로는 CK(CLOCK) 입력을 사용하고 있으므로 출력  $Q_0 \sim Q_8$ 는 CK가 Low에서 High Level로 바뀔 때 해당하는 출력을 각각 하게 된다. 또한 정상카운터가 되려면 CLOCK/ENABLE이 Low 상태일 때 진행되며 최종 출력  $Q_8$ 이 CLEAR와 연결되어 있어 High Level이 되면 Reset되어  $Q_0$ 가 출력된다. 따라서 CLOCK에 따라  $Q_0 \cdot \dots \cdot Q_7 \cdot Q_0 \cdot \dots \cdot$ 순으로 진행된다.

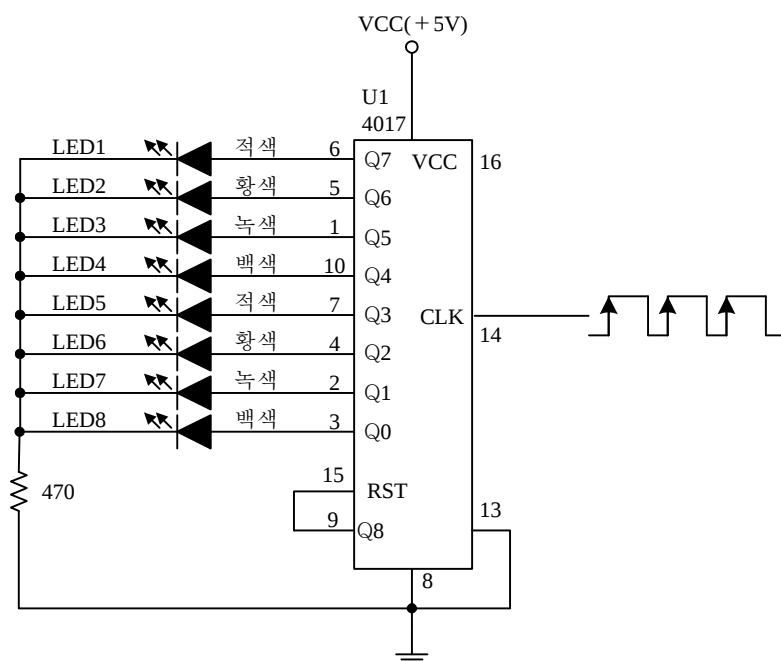


그림 5. IC 4017의 시프트레지스터 회로도

## 6. 순차점멸회로 LED 동작특성

표 1. 순차점멸회로 동작에 따른 LED 상태표

| CLOCK | Q <sub>0</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>2</sub> | Q <sub>3</sub> | Q <sub>4</sub> | Q <sub>5</sub> | Q <sub>6</sub> | Q <sub>7</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|       | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | L <sub>3</sub> | L <sub>4</sub> | L <sub>5</sub> | L <sub>6</sub> | L <sub>7</sub> | L <sub>8</sub> |
| 1     | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 2     | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 3     | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 4     | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 5     | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 0              |
| 6     | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              | 0              |
| 7     | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 0              |
| 8     | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1              |
| 9     | 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |

MEMO

7. 순차점멸회로 동작 타이밍 차트

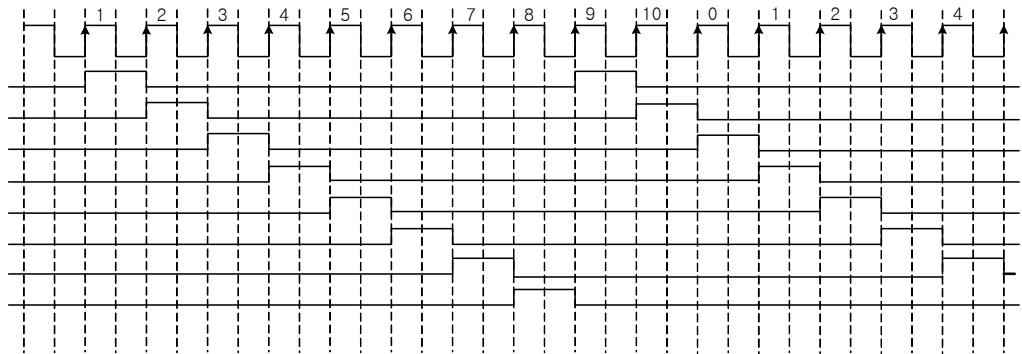
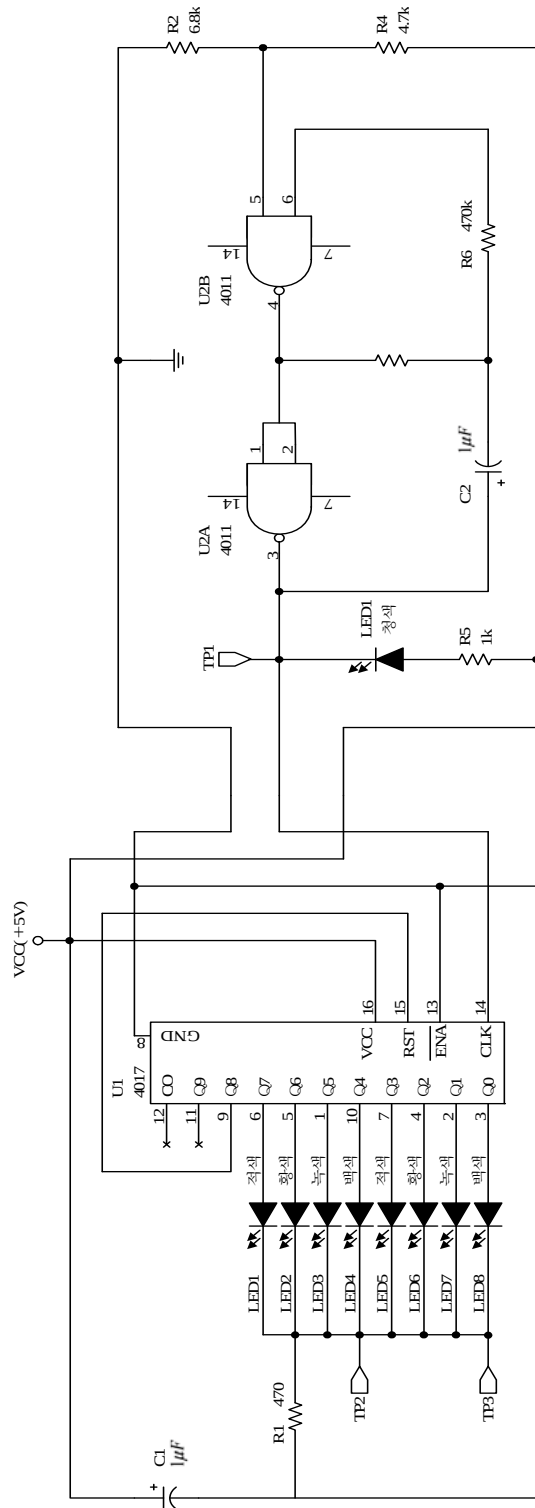


그림 6. IC 순차점멸회로 동작특성

\* 실습회로도



MEMO

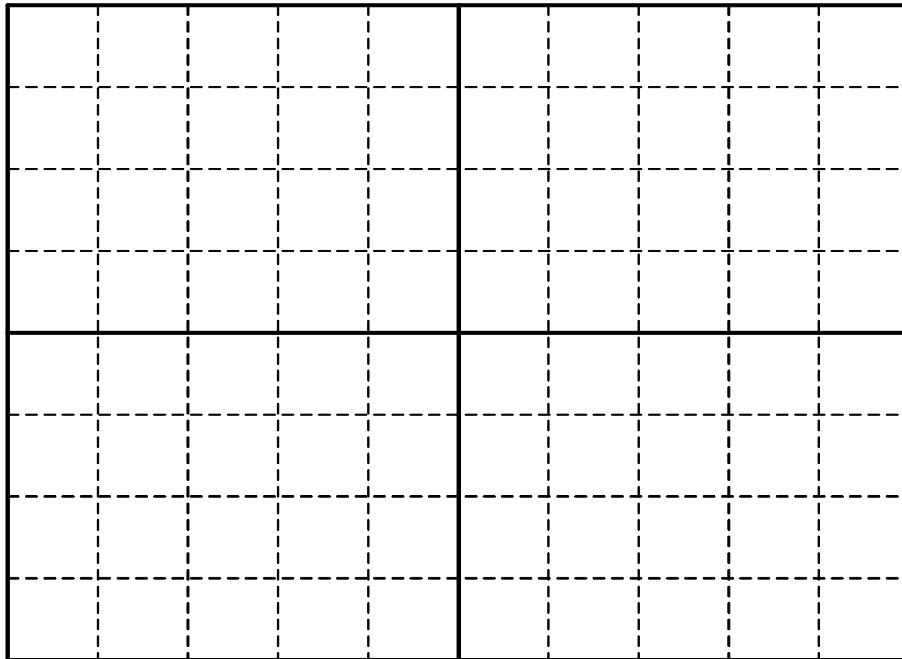
MEMO

\* 회로설계 및 동작시험

1. TP에서 발생하는 CLOCK 주파수와 LED 동작 상태를 확인하시오.
2. IC 4017에 접속된 LED 8개의 점멸 동작 상태를 확인하시오.
3. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

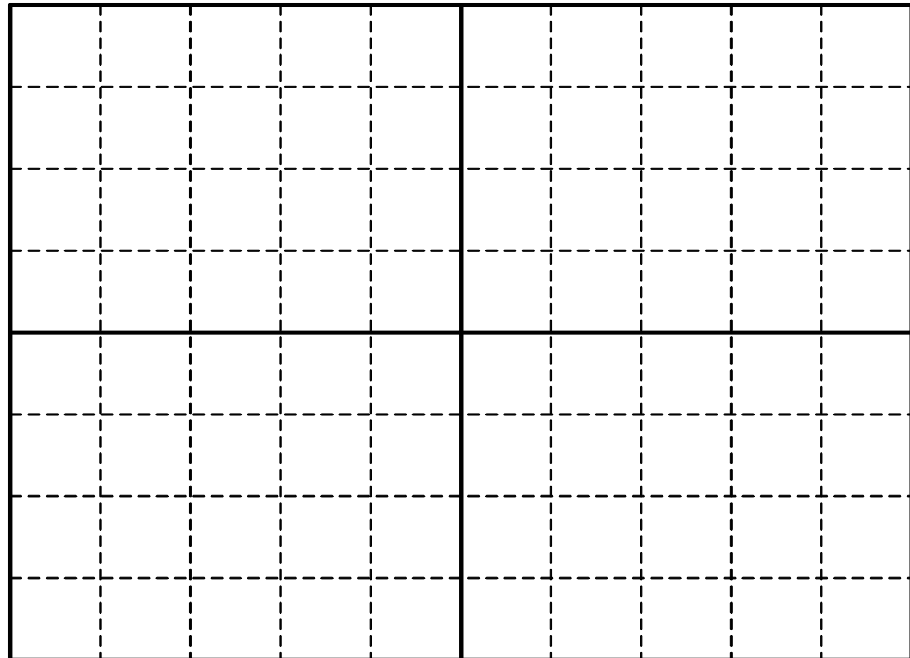
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

2. TP(Test Point) 2



– Time/div :

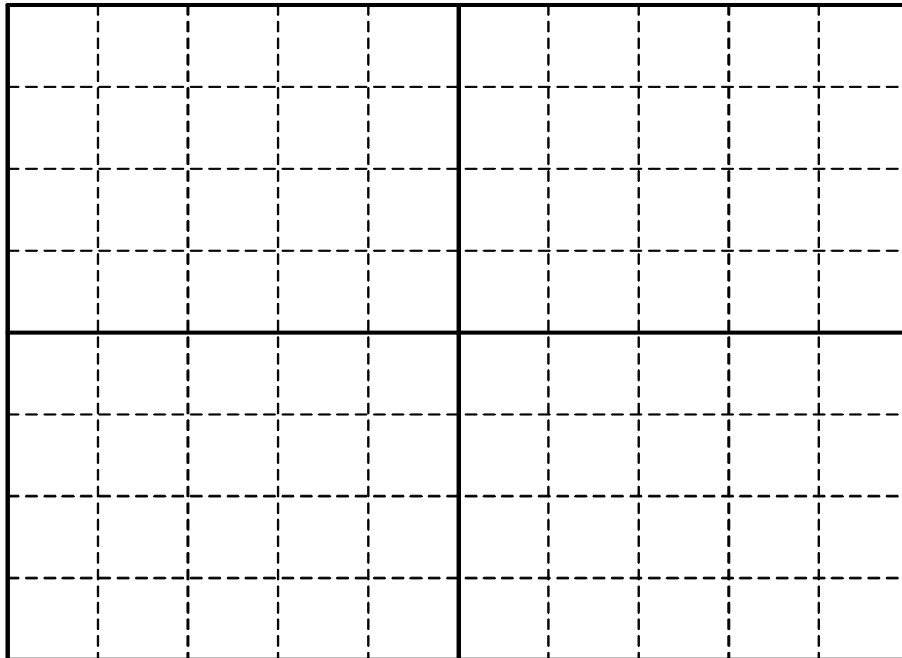
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

### 3. TP(Test Point) 3



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

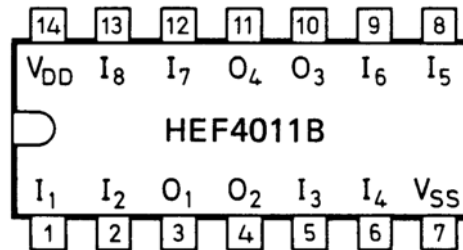
–  $V_{P-P}$  :

MEMO

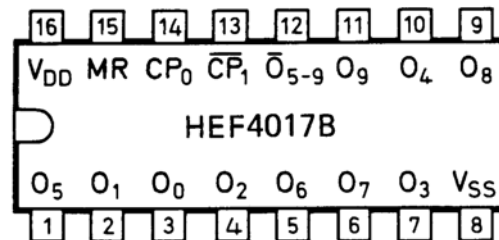
MEMO

\* IC Pin 에 대한 입·출력

◆ 4011



◆ 4017



|   |          |     |          |
|---|----------|-----|----------|
| 5 | 통신회로응용실습 | 회로명 | DATA검색회로 |
|---|----------|-----|----------|

**\* 실습목표 :**

- 10진 카운터 회로의 원리를 이해하고 7-세그먼트를 이용한 데이터 검색에 대한 원리를 이해한다.
- NE555와 IC7490 및 IC 7447, 7-세그먼트 Decoder/Driver의 동작을 이해한다.

**\* 실습 사용부품**

| 일련<br>번호 | 재료명         | 실습명                  | DATA검색 |    |    |
|----------|-------------|----------------------|--------|----|----|
|          |             | 규격                   | 단위     | 수량 | 비고 |
| 1        | 7세그먼트 디스플레이 | FND507               | 개      | 1  |    |
| 2        | IC          | SN74LS47             | 개      | 1  |    |
| 3        | IC          | SN74LS90             | 개      | 1  |    |
| 4        | IC          | NE555                | 개      | 1  |    |
| 5        | LED         | 적2, 녹1, 황1, 백1       | 개      | 5  |    |
| 6        | 가변저항        | 500k $\Omega$        | 개      | 1  |    |
| 7        | 스위치         | 소형, 2P/푸시 버튼형        | 개      | 1  |    |
| 8        | 저항          | 300k $\Omega$ , 1/4W | 개      | 2  |    |
| 9        | 저항          | 330 $\Omega$ , 1/4W  | 개      | 12 |    |
| 10       | 콘덴서         | 0.01 $\mu$ F (103)   | 개      | 1  |    |
| 11       | 콘덴서         | 0.68 $\mu$ F (684)   | 개      | 1  |    |

MEMO

\* 관계지식

- 그림 1은 NE555를 이용하여 구형파 신호를 발생한 후 IC7490 으로 신호를 전송하여 BCD 카운터 동작을 수행한 후 LED를 이용하여 출력을 표시하는 BCD 카운터회로부와 IC 7447 Decoder 동작을 이용하여 7-세그먼트로 숫자를 표시하는 DATA검색회로의 개념도 이다.

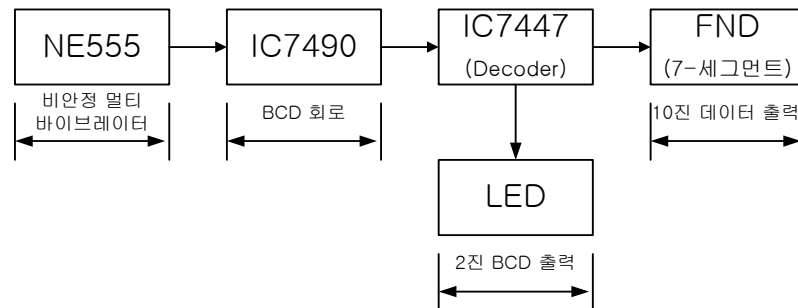


그림 1. DATA검색회로 원리 개념도

- 그림 2는 회로 동작에서 타이머 IC NE555는 외부적으로 2번핀과 6번핀이 직접 연결되면 비안정 멀티바이브레이터로서 동작을 한다. 발진 주파수  $f = 1/T = 1.44 / \{(SVR + R_1) + R_2\} C_1 [Hz]$  이다.

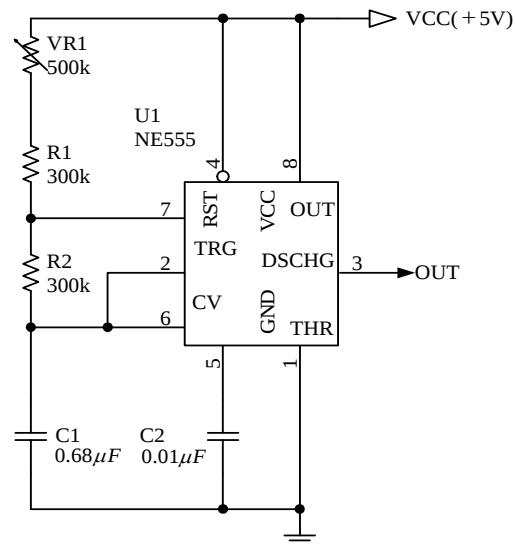


그림 2. NE555를 이용한 구형파 발생 회로

### 3. 동기식과 비동기식 카운터 동작

- 순차회로는 동기식 순차회로와 비동기식 순차회로로 구분할 수 있다. 동기식회로는 구성에 사용되는 모든 플립플롭들이 하나의 공통 클럭을 동시에 공급받도록 구성된 회로를 말하며, 비동기식 순차회로는 플립플롭들이 서로 다른 클럭을 사용하는 형태로 구성된 회로를 말한다.

- 그림 3은 동기식 카운터를 보여주는 개념도이며, 그림 4는 비동기식 카운터를 보여주는 개념도 이다.

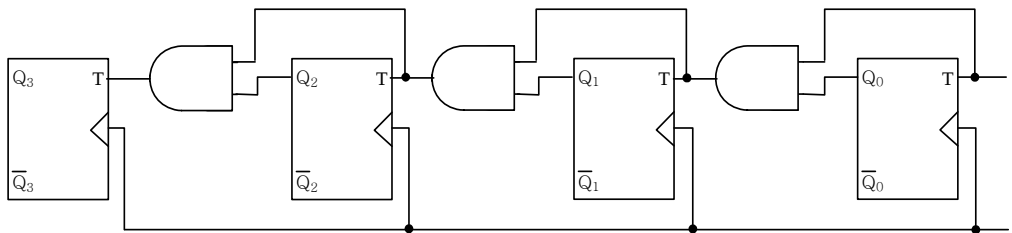


그림 3. 동기식 카운터(T/FF)

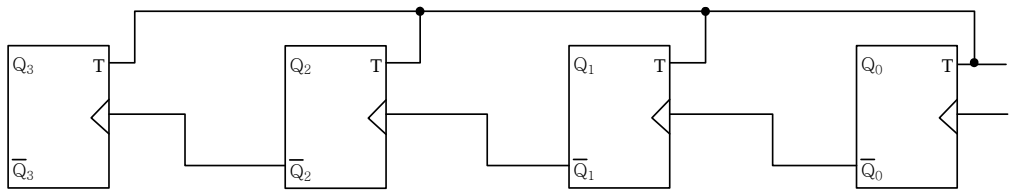


그림 4. 비동기식 카운터(T/FF)

4. IC 7490은 2진 카운터와 5진 카운터를 내장하고 있는 회로이다. 외부적으로 1번핀과 12번핀이 연결되면 10진 카운터로서 동작한다. TP의 출력이 14핀으로 인가되면 출력( $Q_A \sim Q_D$ )은 BCD값으로 나타난다. 또한 IC 7490 으로부터 출력되는 신호가 High Level 일 때 LED<sub>1</sub> ~ LED<sub>4</sub>가 점등된다. 그림 5는 IC 7490을 이용한 BCD 카운터의 동작을 위한 회로이며 그림 6은 카운터 동작에 따른 타임 차트를 나타내고 있다.

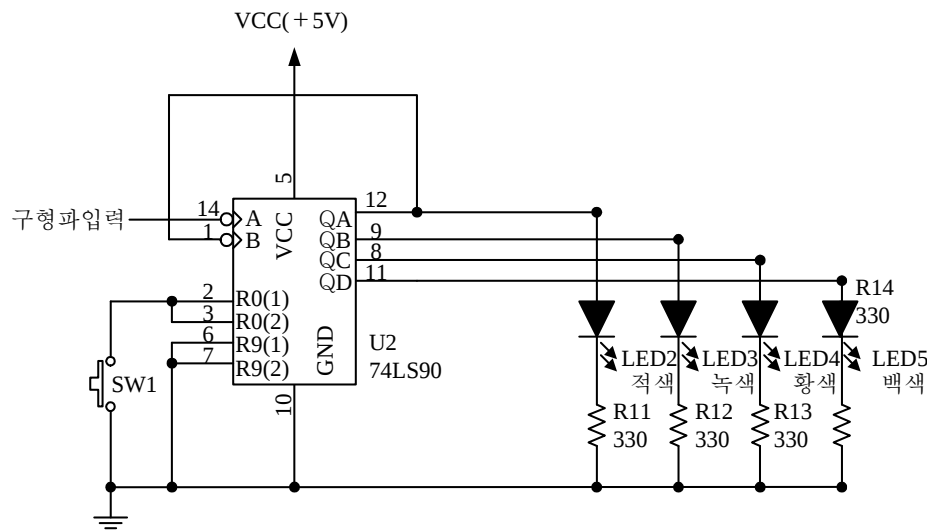


그림 6. IC 7490의 BCD 카운터회로

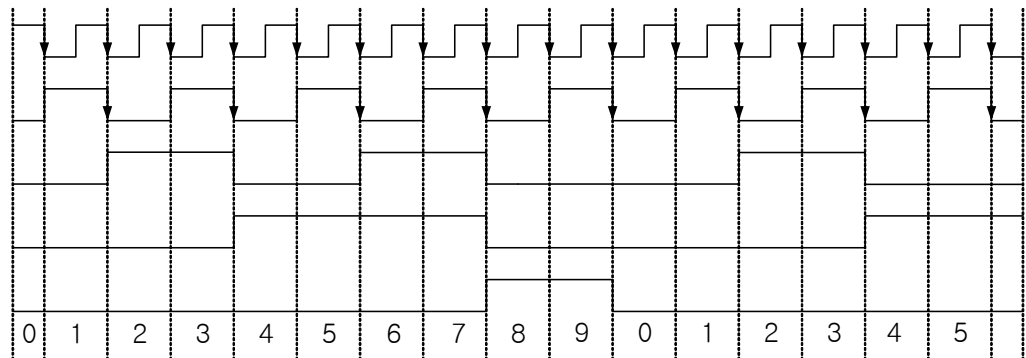


그림 6. IC 7490의 BCD 카운터 동작 특성

##### 5. IC 7447(BCD To 7-Segment Decoder/Driver)

- 74LS47은 저전력 쇼트키 BCD-7 세그먼트 디코더/드라이버로서, NAND 게이트, 입력버퍼 및 7개의 AND-OR-INVERT 게이트로 구성된다. 이 디코더/드라이버는 "L" 액티브로 되어 있어 높은 싱크 전류출력에 의해 직접 표시 등을 드라이브할 수 있다.

- 7개의 NAND 게이트와 하나의 드라이버가 쌍으로 접속되어 있어 BCD 데이터와 그 보수를 7개의 디코딩 AND-OR-INVERT 게이트에 이용할 수 있다. 나머지의 NAND 게이트와 3개의 입력 버퍼는 램프 테스트, 블래킹 일력/리플블래킹 출력 및 리플 블래킹 입력을 제공한다.

- IC 7447은 IC 7490의 BCD 출력을 받아 10진수로 해독하는 Decoder IC이다. 입력을 High Level로 받아 출력을 Low Level로 한다. IC 7447은 Anode Common 7-Segment를 구동시키는 Decoder IC 이다.

- IC 7447 과 7-세그먼트를 이용한 DATA 검색회로는 그림 7과 같다. IC 7447 디코더는 입력으로 IC 7490을 통해 생성된 BCD 카운터 신호를 입력받아 7-세그먼트를 이용해 숫자를 표기하기 위해 7개의 신호를 출력한다.

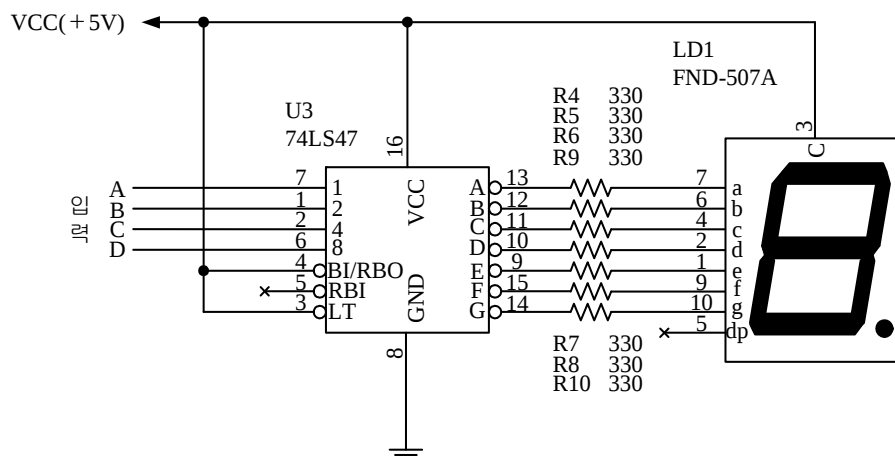


그림 7. IC 7447을 이용한 DATA 검색회로

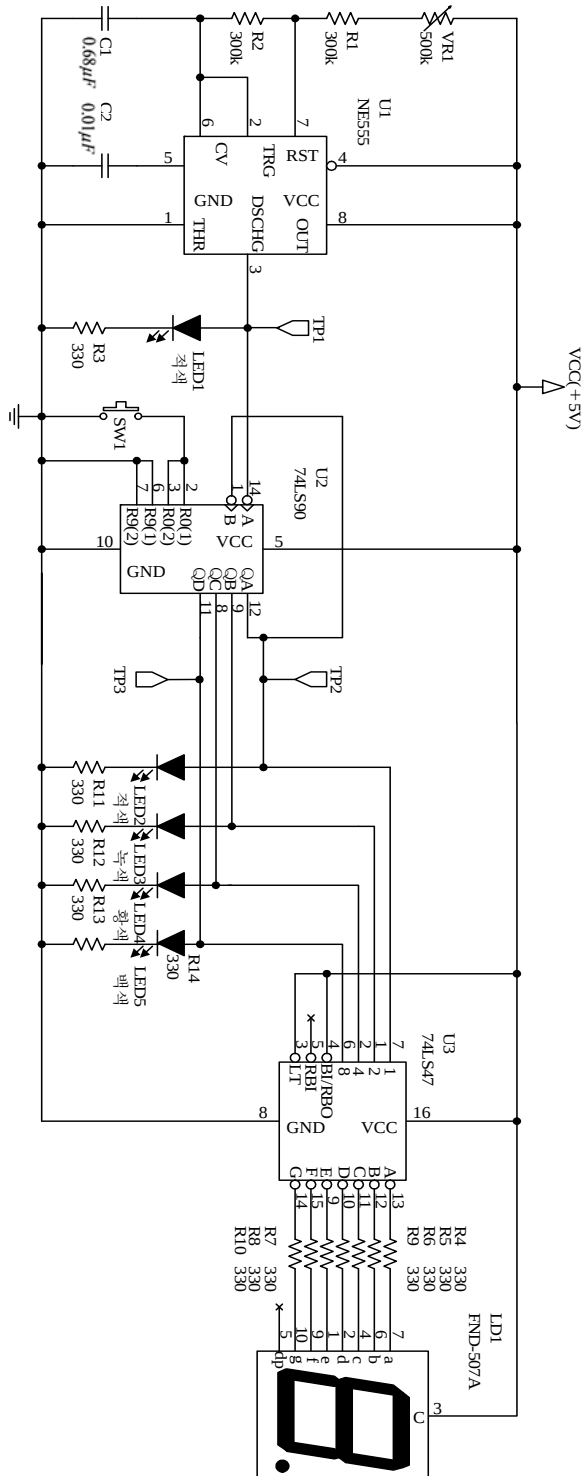
#### 6. DATA 검색회로의 전체동작

- NE555(비안정 멀티바이브레이터)에서 출력된 구형파 신호를 IC 7490에 입력(14번핀)을 받아 10진 BCD 카운터로 동작한다. 이때 LED는 BCD code로 출력하고 출력된 신호는 다시 IC 7447에 전송되어 7-세그먼트를 10진 카운터로 표시하도록 해준다. 표 1은 LED와 FND의 동작상태를 동시에 나타내고 있다.

MEMO

| 입력    | 출력             |                |                |                |          |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| CLOCK | LED 동작         |                |                |                | FND 동작   |
|       | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>4</sub> | D <sub>5</sub> |          |
| 0     | OFF            | OFF            | OFF            | OFF            | <b>0</b> |
| 1     | ON             | OFF            | OFF            | OFF            | <b>1</b> |
| 2     | OFF            | ON             | OFF            | OFF            | <b>2</b> |
| 3     | ON             | ON             | OFF            | OFF            | <b>3</b> |
| 4     | OFF            | OFF            | ON             | OFF            | <b>4</b> |
| 5     | ON             | OFF            | ON             | OFF            | <b>5</b> |
| 6     | OFF            | ON             | ON             | OFF            | <b>6</b> |
| 7     | ON             | ON             | ON             | OFF            | <b>7</b> |
| 8     | OFF            | OFF            | OFF            | ON             | <b>8</b> |
| 9     | ON             | OFF            | OFF            | ON             | <b>9</b> |

## \* 실습회로도



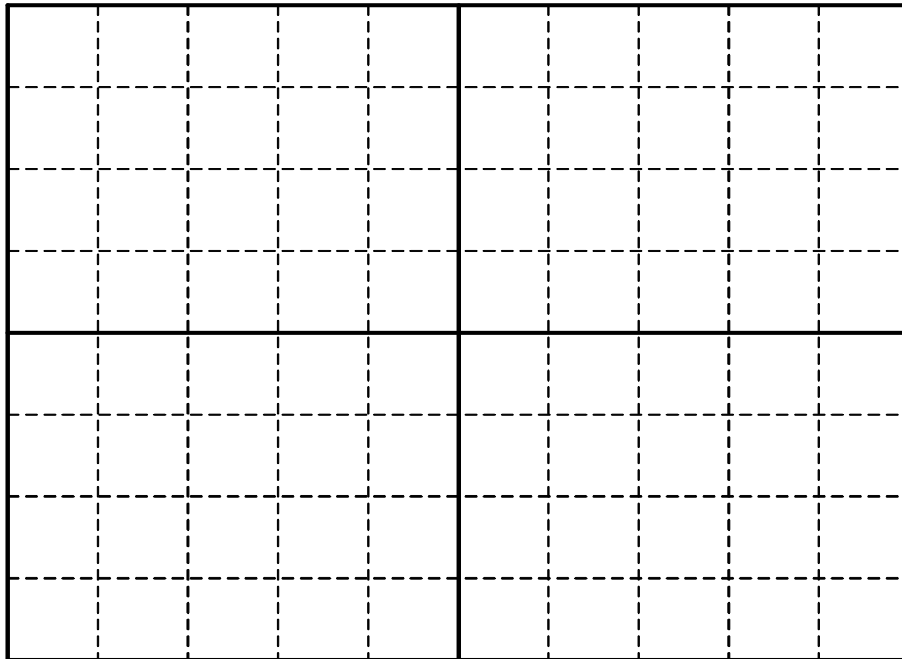
MEMO

\* 회로설계 및 동작시험

1. NE555 3번 핀 출력이 2[Hz] 정도가 되도록 가변저항(SVR)을 조정하여, 그 출력을 확인하시오.
2. SW(스위치) ON시 LED D<sub>2</sub> ~D<sub>4</sub>와 FND 동작 상태를 확인하시오.
3. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

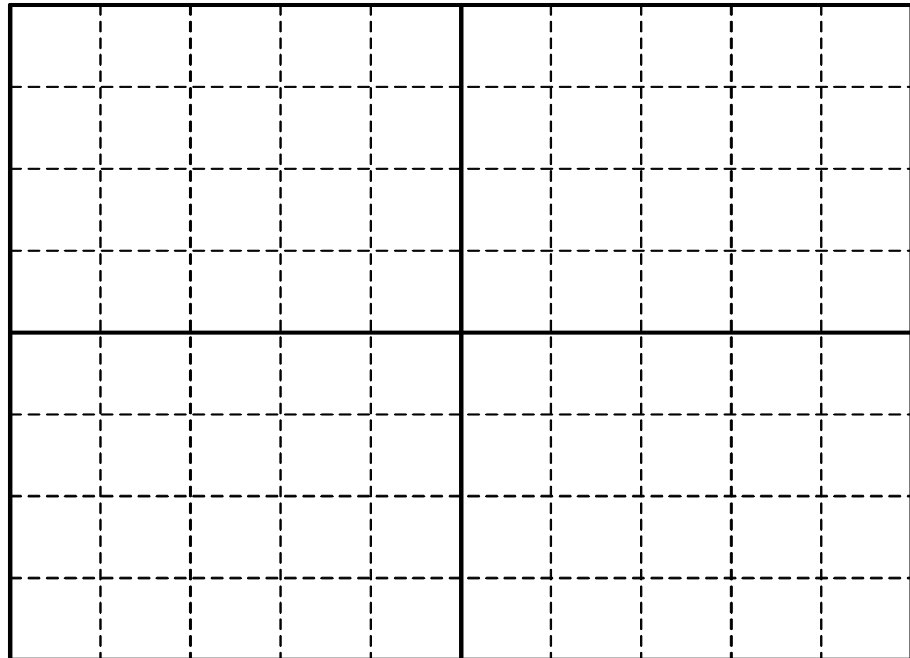
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

2. TP(Test Point) 2



– Time/div :

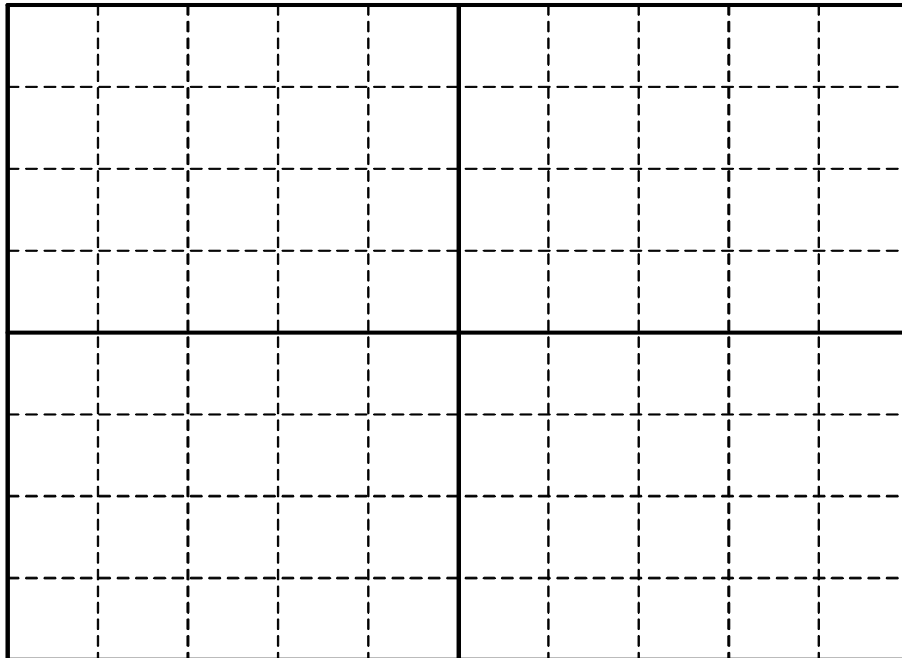
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

### 3. TP(Test Point) 3



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

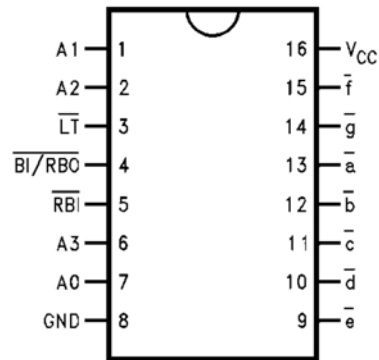
–  $V_{P-P}$  :

MEMO

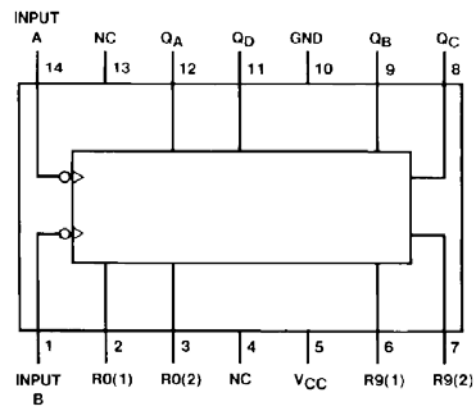
MEMO

\* IC Pin 에 대한 입·출력

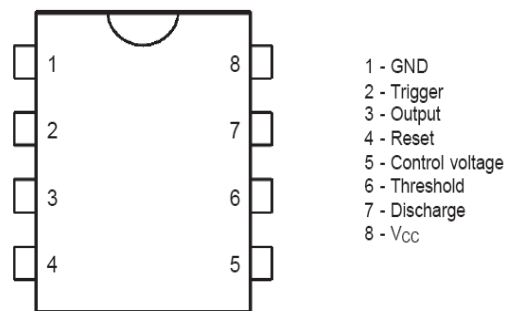
◆ 7447



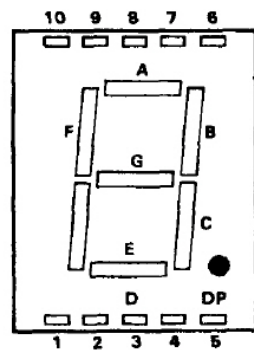
◆ 7490



◆ NE 555



◆ FND 507



**Pin FND507/567**

- 1 Segment E
- 2 Segment D
- 3 Common Anode
- 4 Segment C
- 5 Decimal Point
- 6 Segment B
- 7 Segment A
- 8 Common Anode
- 9 Segment F
- 10 Segment G

MEMO

MEMO

|   |          |     |          |
|---|----------|-----|----------|
| 6 | 통신회로응용실습 | 회로명 | 함수신호발생회로 |
|---|----------|-----|----------|

\* 실습목표 :

- 함수신호발생회로의 원리를 이해한다.
- OP-Amp를 이용한 적분회로의 원리를 이해한다.

\* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명 | 작품명<br>규격            | 함수 신호 발생회로조립 및<br>측정 |    |    |
|----------|-----|----------------------|----------------------|----|----|
|          |     |                      | 단위                   | 수량 | 비고 |
| 1        | IC  | MC1458               | 개                    | 2  |    |
| 2        | 저항  | 100k $\Omega$ , 1/4W | 개                    | 5  |    |
| 3        | 저항  | 10k $\Omega$ , 1/4W  | 개                    | 5  |    |
| 4        | 저항  | 27k $\Omega$ , 1/4W  | 개                    | 1  |    |
| 5        | 콘덴서 | 0.001 $\mu$ F (102)  | 개                    | 1  |    |
| 6        | 콘덴서 | 0.01 $\mu$ F (103)   | 개                    | 1  |    |
| 7        | 콘덴서 | 0.1 $\mu$ F (104)    | 개                    | 1  |    |

## \* 관계지식

1. 함수 파형 발생기는 사인파, 삼각파, 구형파를 발생시켜 비교적 주파수가 낮고 전압이 높아 저주파대역에서 신호원으로 응용범위가 넓다. 또한 가청주파수 이하의 낮은 주파수로부터 가청주파수, 초음파 및 RF를 포함하고 있다. 그림 1은 OP-Amp로 구성된 함수 발생기 회로이다, 각단은 비안정멀티바이브레이터에 의하여 발전된 구형파 신호를 적분하여 삼각파 출력을 얻고 다시 적분하여 사인파로 변환하여 마지막 OP-Amp에서는 증폭을 하여 사인파로 출력을 얻게 되는 회로이다.

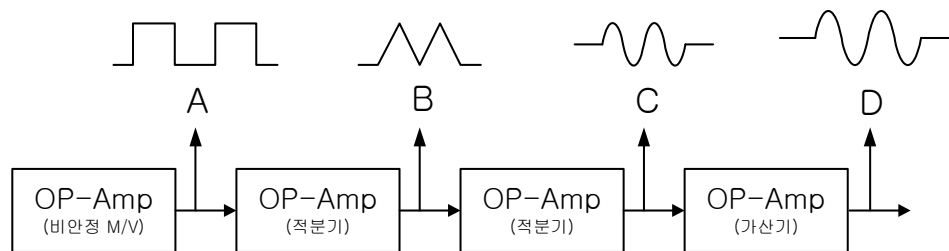


그림 1. OP-Amp 특성 측정 회로도

2. OP-Amp를 이용한 적분회로

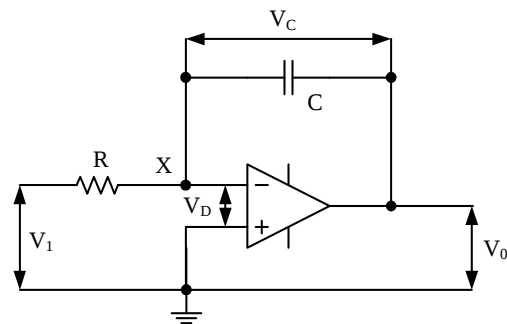
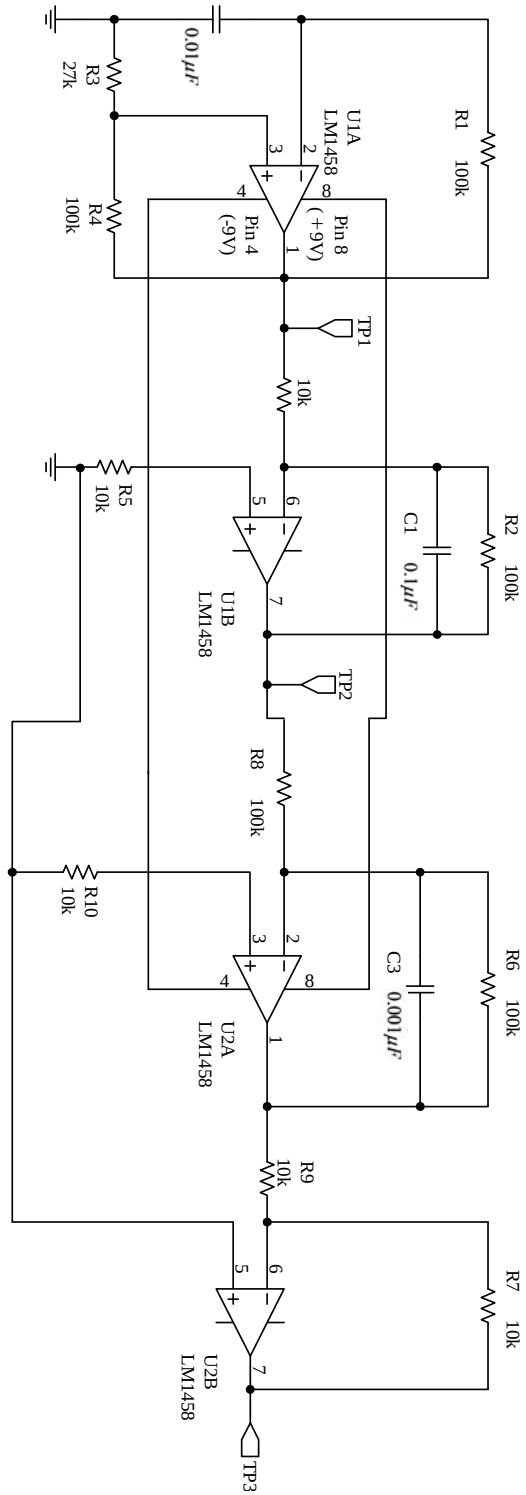


그림 2. OP-Amp를 이용한 적분회로

- 그림 2는 적분기의 입력에 펄스형의 전압을 주면 출력 전압은 C의 영향으로 입력과 같이 갑작스럽게 변하지 않고 입력이 극성에 따라 연속적으로 상승하든지 하강하는데 이 상승과 하강의 변화시간은 입력  $V_1$ 의 크기와 R-C값에 관계가 된다.
- R-C의 값이 클수록  $V_0$ 의 변화는 느리고 R-C의 값이 작을수록  $V_0$ 의 변화는 빠르다.
- $V_1$ 가 클수록  $V_0$ 의 변화는 빠르고  $V_1$ 가 작을수록  $V_0$ 의 변화는 느리다.
- 반전 증폭기는  $V_1$ 가(+)극성일 때  $V_0$ 는 하강하고  $V_1$ 가(-)극성일 때  $V_0$ 는 상승한다.

MEMO

\* 실습회로도



### \* 회로설계 및 동작시험

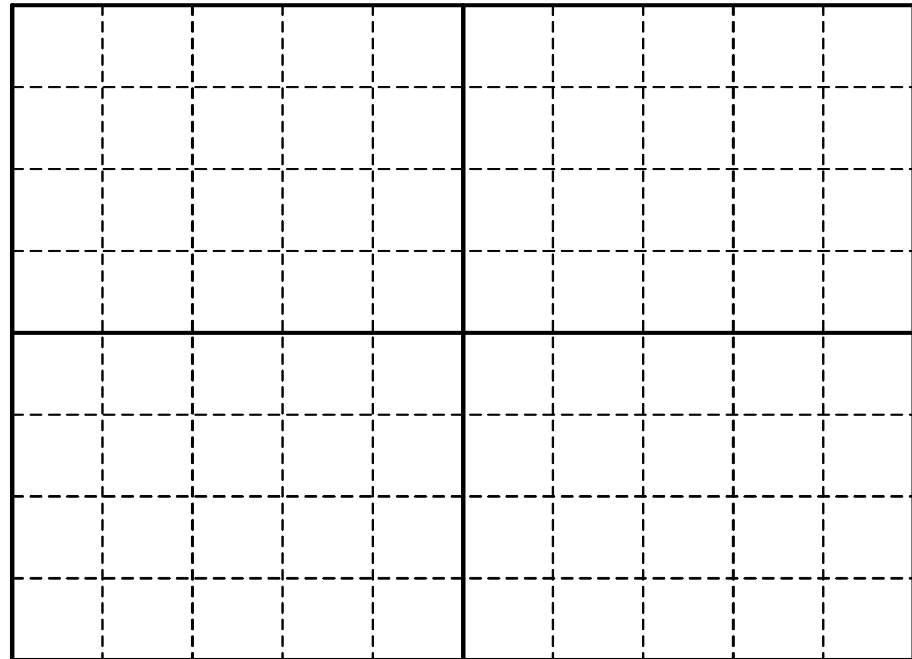
1. 함수발생회로를 설계하고 각 TP 단자를 측정하시오
2. 함수발생의 기본파형인 구형파, 삼각파, 정현파가 발생되는지 확인하시오.
3. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

MEMO

MEMO

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

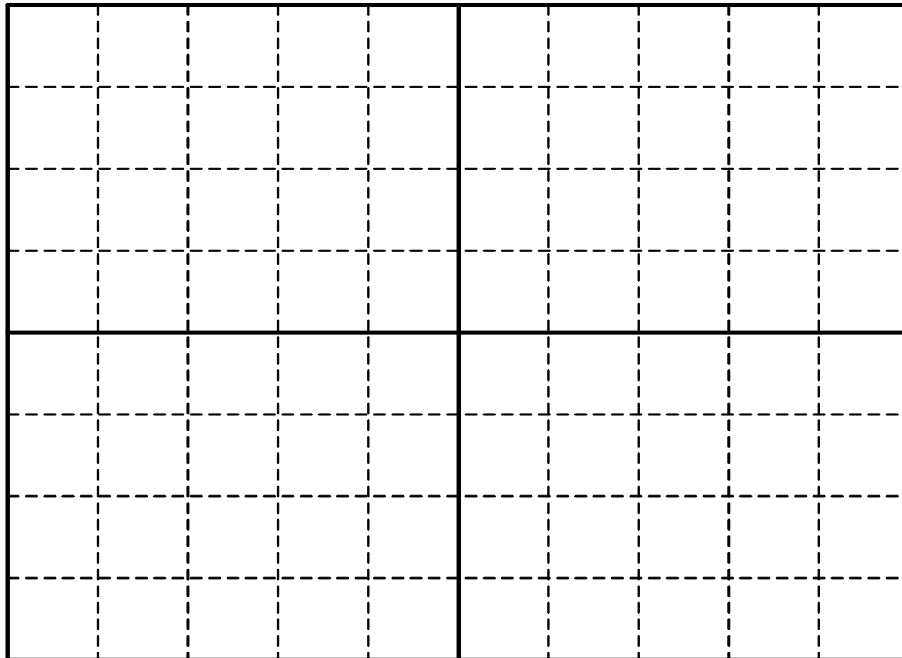
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

## 2. TP(Test Point) 2



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

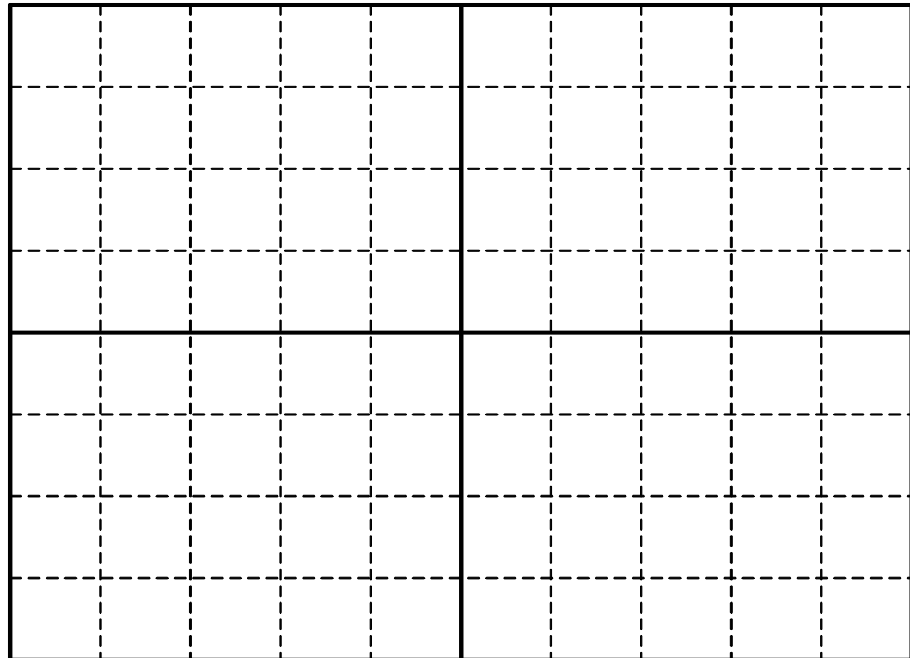
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

3. TP(Test Point) 3



– Time/div :

– Volt/div :

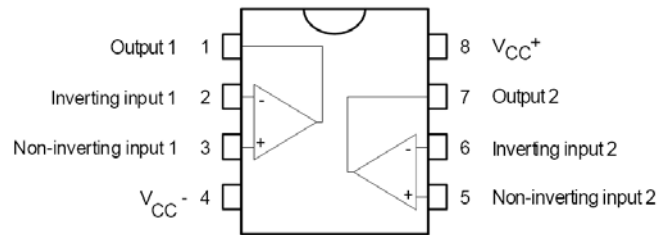
– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

## \* IC Pin 에 대한 입·출력

### ◆ 1458



MEMO

MEMO

|   |          |     |          |
|---|----------|-----|----------|
| 7 | 통신회로응용실습 | 회로명 | PWM 변조회로 |
|---|----------|-----|----------|

\* 실습목표 :

- PWM 변조회로의 제작원리를 이해한다.
- NAND Gate를 이용한 비안정 멀티바이브레이터의 원리를 이해한다.

\* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명     | 실습명                |    | PWM |    |
|----------|---------|--------------------|----|-----|----|
|          |         | 규격                 | 단위 | 수량  | 비고 |
| 1        | IC      | SN74LS73           | 개  | 1   |    |
| 2        | IC      | SN74LS00           | 개  | 1   |    |
| 3        | LED     | 소형(적2, 녹1, 황1, 백1) | 개  | 5   |    |
| 4        | 저항      | 220Ω, 1/4W         | 개  | 1   |    |
| 5        | 저항      | 1kΩ, 1/4W          | 개  | 2   |    |
| 6        | 저항      | 330Ω, 1/4W         | 개  | 4   |    |
| 7        | 전해콘덴서   | 470μF, 1/4W        | 개  | 2   |    |
| 8        | 누름버튼스위치 | ON-OFF(2P)용        | 장  | 1   |    |

## \* 관계지식

1. PWM(펄스 폭 변조)은 펄스 변조 방식의 일종으로 아날로그 정보신호의 진폭에 따라 펄스 폭을 변화시키기 위한 것으로서 파형 일그러짐의 영향을 받기 쉽다. 또한 신호레벨에 따라 펄스폭을 변화시킨다. 그림 1은 PWM 회로 블록도로서 발생된 펄스를 펄스폭을 변화 시키기위해 2분주, 4분주 할 수 있도록 하였다.

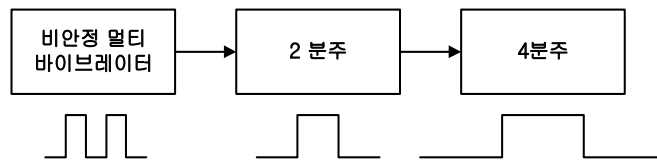


그림 1. PWM 회로 블록도

2. NAND Gate를 이용한 비안정 멀티바이브레이터
  - 회로의 동작은 그림 2 회로에서 TP의 전위가 Low 상태일 때 LED 가 점등되고 TP의 전위가 High 일 때 LED 가 소등된다.
  - 발진 주파수

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.693 \times 2 \times 470 \mu F \times 1 K \Omega} = \frac{1}{0.65 S} = 1.535 [Hz]$$

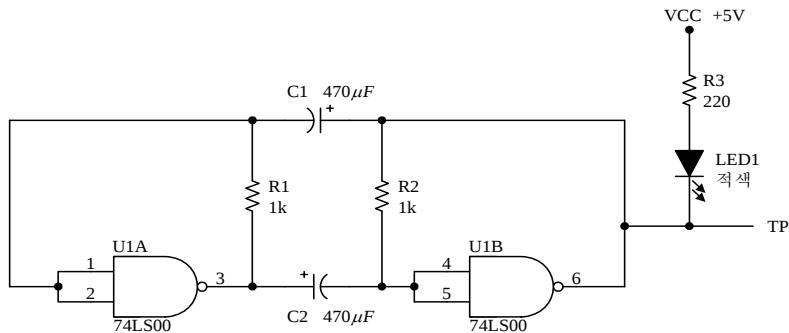
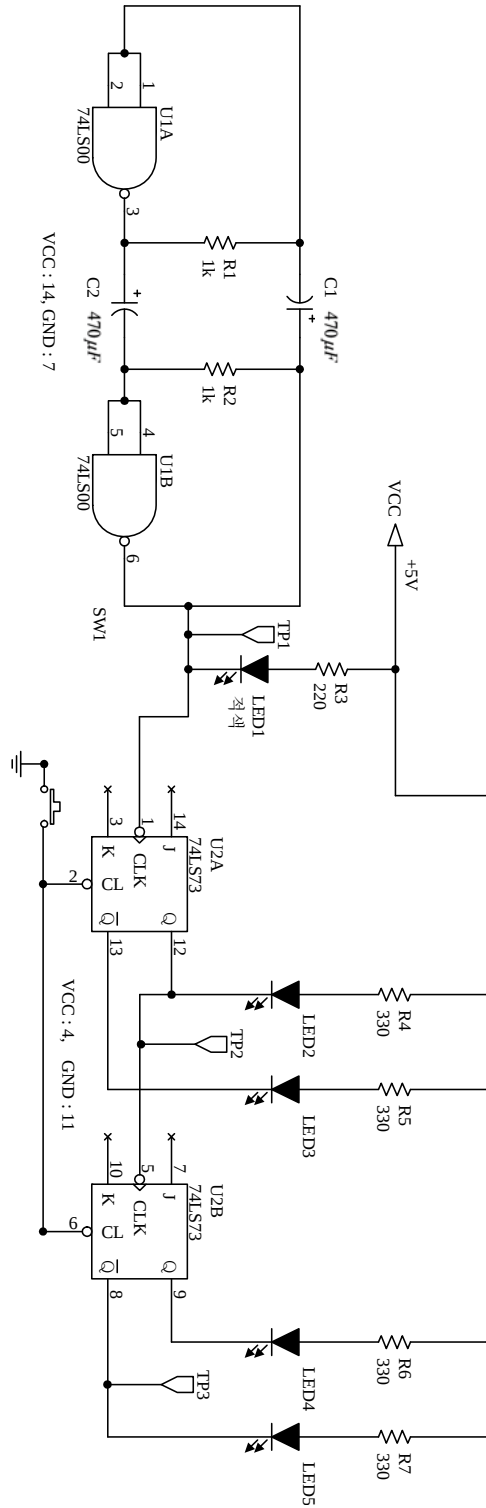


그림 2. 비안정 M/V 동작

MEMO

\* 실습회로도



### \* 회로설계 및 동작시험

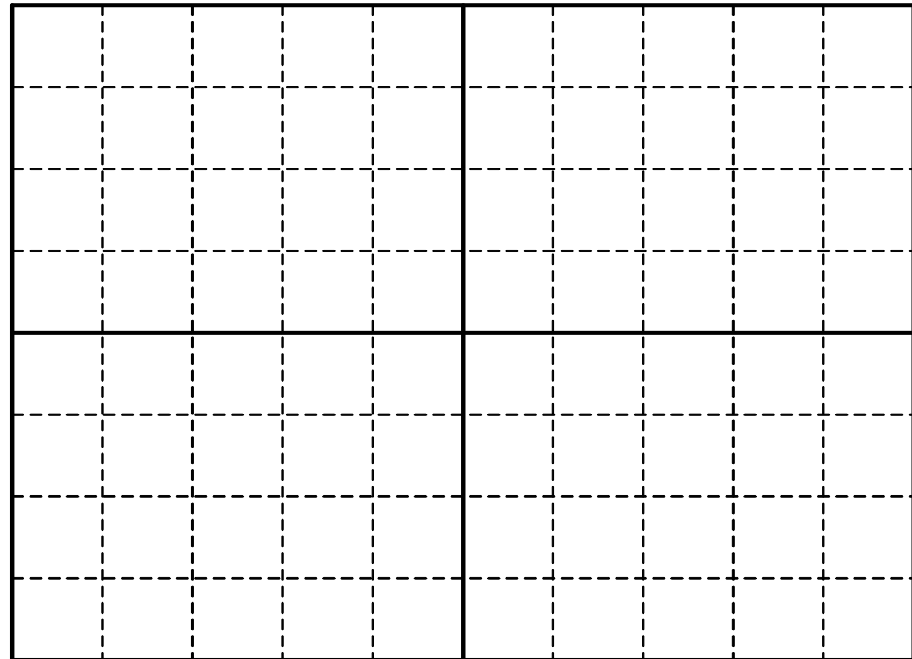
1. PWM 변조 회로를 설계하고 각 TP 단자를 측정하시오
2. PWM 발생회로의 펄스발생과 분주에 대하여 정확히 이해하시오.
3. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

MEMO

MEMO

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

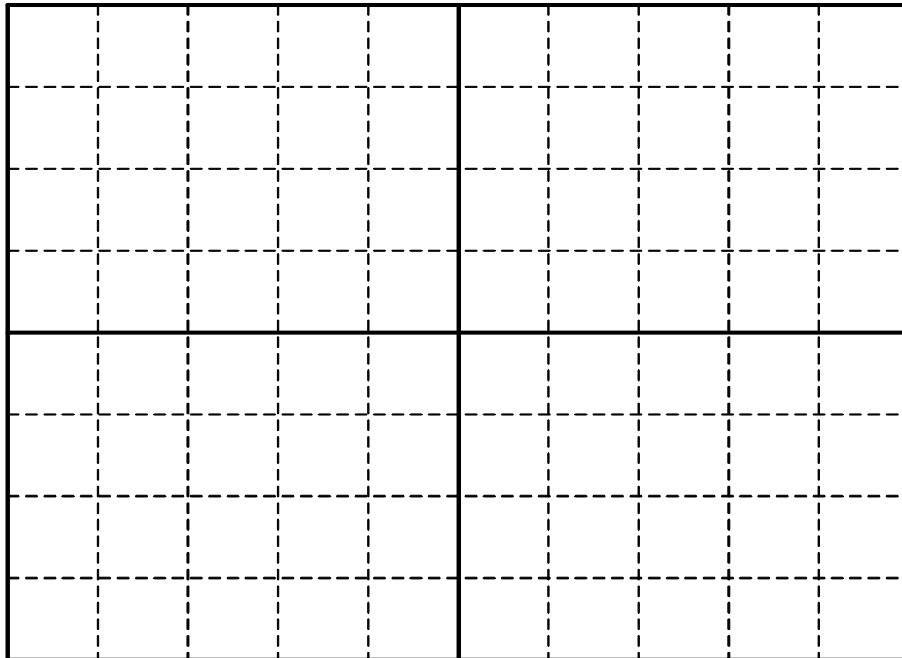
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

## 2. TP(Test Point) 2



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

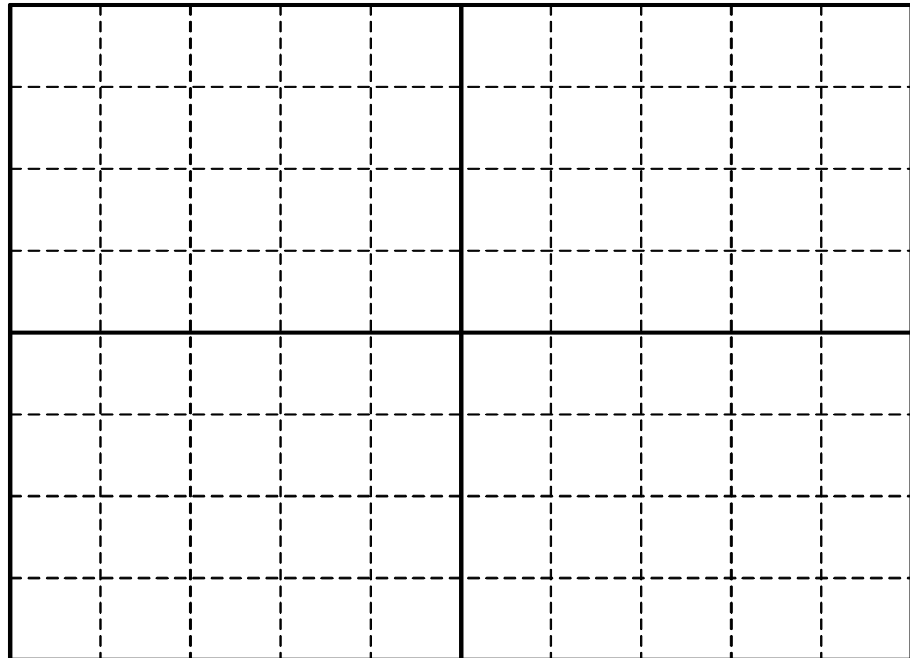
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

3. TP(Test Point) 3



– Time/div :

– Volt/div :

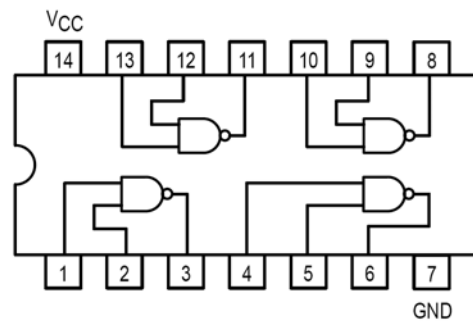
– Period :

– Frequency :

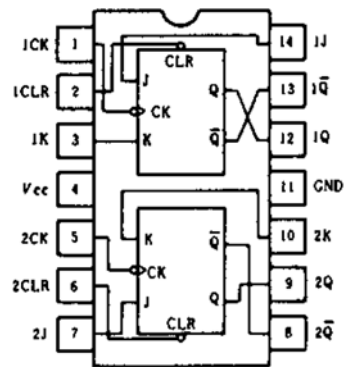
–  $V_{P-P}$  :

# \* IC Pin 에 대한 입·출력

## ◆ 7400



## ◆ 7473



MEMO

|   |          |     |          |
|---|----------|-----|----------|
| 8 | 통신회로응용실습 | 회로명 | PAM 변조회로 |
|---|----------|-----|----------|

\* 실습목표 :

- PAM 변조회로의 제작원리를 이해한다.
- PAM 변조의 개념과 원리를 이해한다.

\* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명  | 실습명           |    | PWM |  | 비고 |
|----------|------|---------------|----|-----|--|----|
|          |      | 규격            | 단위 | 수량  |  |    |
| 1        | IC   | NE555         | 개  | 1   |  |    |
| 2        | IC   | LF356         | 개  | 2   |  |    |
| 3        | 다이오드 | 1S1558        | 개  | 3   |  |    |
| 4        | 저항   | 510 $\Omega$  | 개  | 2   |  |    |
| 5        | 저항   | 220 $\Omega$  | 개  | 1   |  |    |
| 6        | 저항   | 1k $\Omega$   | 개  | 2   |  |    |
| 7        | 저항   | 1.5K $\Omega$ | 개  | 1   |  |    |
| 8        | 저항   | 10K $\Omega$  | 개  | 2   |  |    |
| 9        | 콘덴서  | 0.1 $\mu$ F   | 개  | 2   |  |    |
| 10       | 콘덴서  | 0.01 $\mu$ F  | 개  | 1   |  |    |
| 11       | 콘덴서  | 4.7 $\mu$ F   | 개  | 1   |  |    |

### \* 관계지식

1. 변조(modulation) : 고주파의 교류 신호를 저주파의 교류 신호에 따라 변화시키며 신호의 전송을 위해 반송파라고 하는 비교적 높은 주파수에 비교적 낮은 가청주파수를 포함시키는 과정.
2. PAM(펄스 진폭 변조) : 변조의 한 형태로 변조 신호가 표본화되고 정보의 각 요소가 다른 종류의 수많은 파동과 공백으로 이뤄지도록 표본이 정량화 되고 부호화 된다. 또한 신호 레벨에 따라 펄스의 진폭을 변화시킨다.

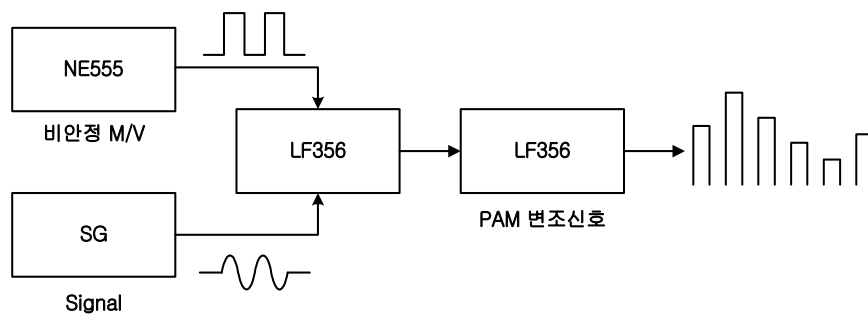


그림 1. PAM 변조회로 블럭도

[illegible]

## \* 회로설계 및 동작시험

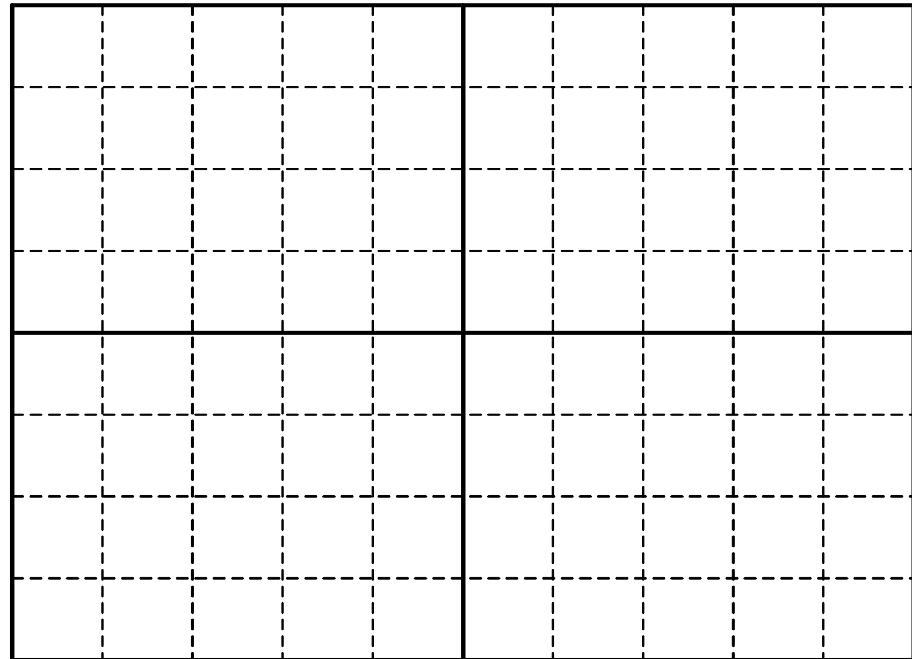
1. PAM 변조 회로를 설계하고 각 TP 단자를 측정하시오
2. PAM 변조회로의 변조원리와 사용목적에 대하여 정확히 이해하시오.
3. 함수발생기의 출력이 정현파 400[Hz], 10[Vp-p]로 조정하여 TP1에 연결하시오.
4. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

MEMO

MEMO

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

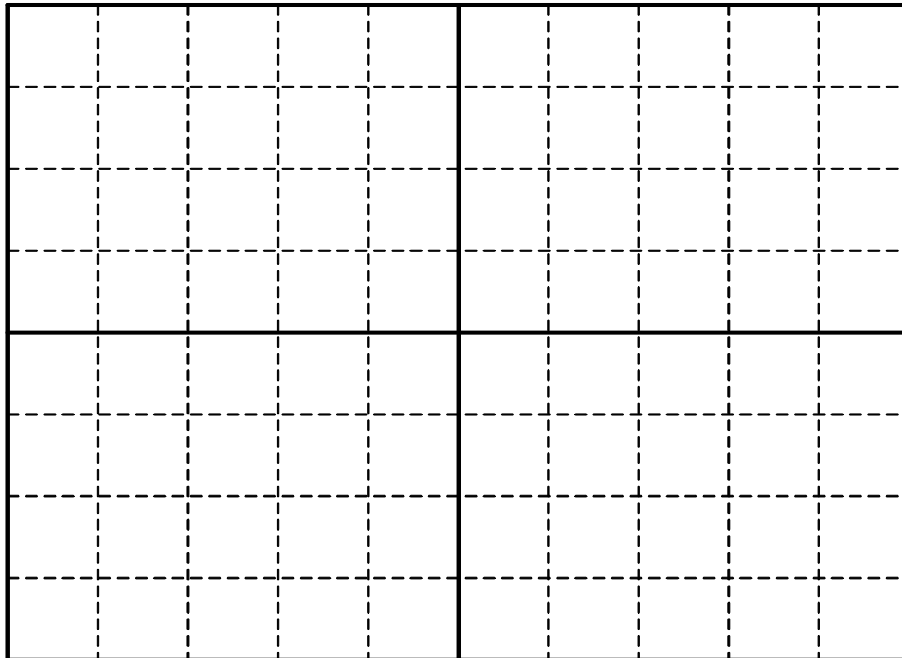
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

## 2. TP(Test Point) 2



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

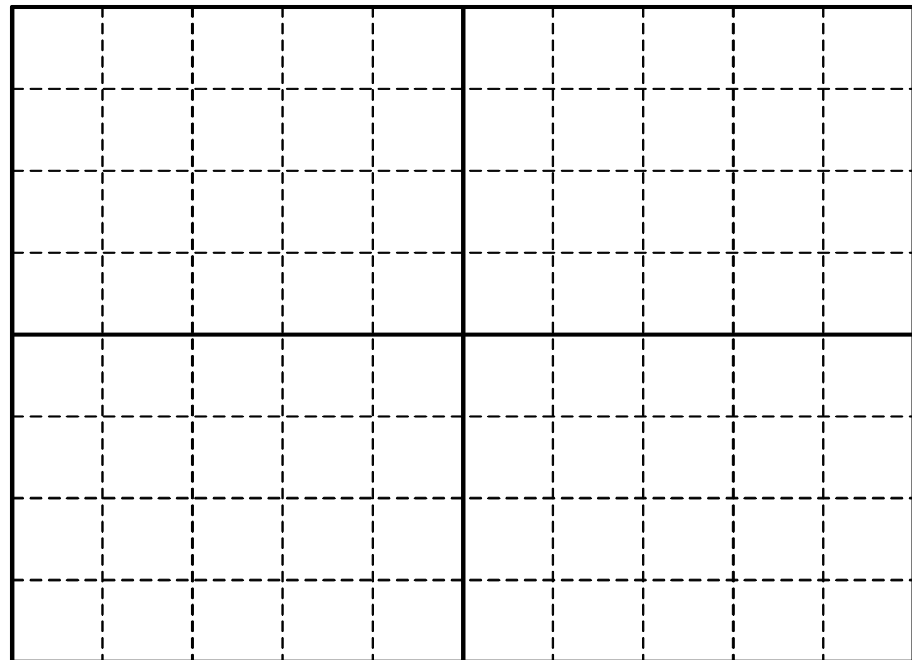
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

3. TP(Test Point) 3



– Time/div :

– Volt/div :

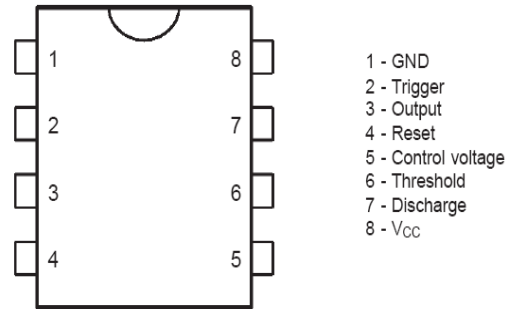
– Period :

– Frequency :

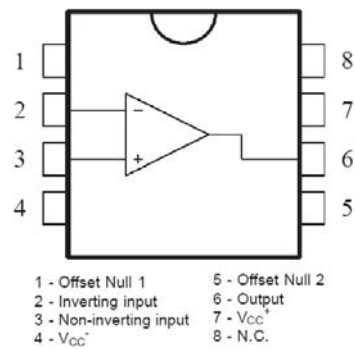
–  $V_{P-P}$  :

## \* IC Pin 에 대한 입·출력

### ◆ NE 555



### ◆ LF 356



MEMO

|   |          |     |          |
|---|----------|-----|----------|
| 9 | 통신회로응용실습 | 회로명 | A/D 변환회로 |
|---|----------|-----|----------|

\* 실습목표 :

- A/D 변환회로의 제작원리를 이해한다.
- A/D 변환의 개념과 원리를 이해한다.

\* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명   | 실습명                  | A/D 변환기 |    |    |
|----------|-------|----------------------|---------|----|----|
|          |       | 규격                   | 단위      | 수량 | 비고 |
| 1        | IC    | SN7473               | 개       | 2  |    |
| 2        | IC    | $\mu$ A741           | 개       | 1  |    |
| 3        | 트랜지스터 | 2SC1815              | 개       | 1  |    |
| 4        | 저항    | 1k $\Omega$ , 1/4W   | 개       | 1  |    |
| 5        | 저항    | 4.7k $\Omega$ , 1/4W | 개       | 1  |    |
| 6        | 저항    | 10k $\Omega$ , 1/4W  | 개       | 2  |    |
| 7        | 저항    | 2k $\Omega$ , 1/4W   | 개       | 1  |    |
| 8        | 저항    | 4k $\Omega$ , 1/4W   | 개       | 1  |    |
| 9        | 저항    | 8k $\Omega$ , 1/4W   | 개       | 2  |    |
| 10       | 다이오드  | 1N4148               | 개       | 1  |    |

### \* 관계지식

1. A/D 변환은 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환해 주는 장치이며, 자연계에 존재하는 신호는 대부분 시간에 따라 연속적으로 변화하는 아날로그 신호이기 때문에 제어기의 입력신호로 사용하기 위해서는 아날로그 값에 대응하는 디지털 신호로 변환이 이루어져야 한다.
2. A/D 변환회로 : 그림 1은 입력된 아날로그 신호를 구형파로 변환시킨 후 서로 다른 주기의 구형파를 생성 시킨 후 저항값을 이용하여 각각의 구형파에 레벨값을 부여 시킨 후 최종적으로 하나의 A/D 변환 파형을 만들어 내기위한 블록도 이다.

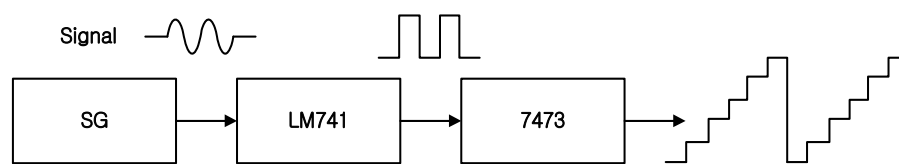
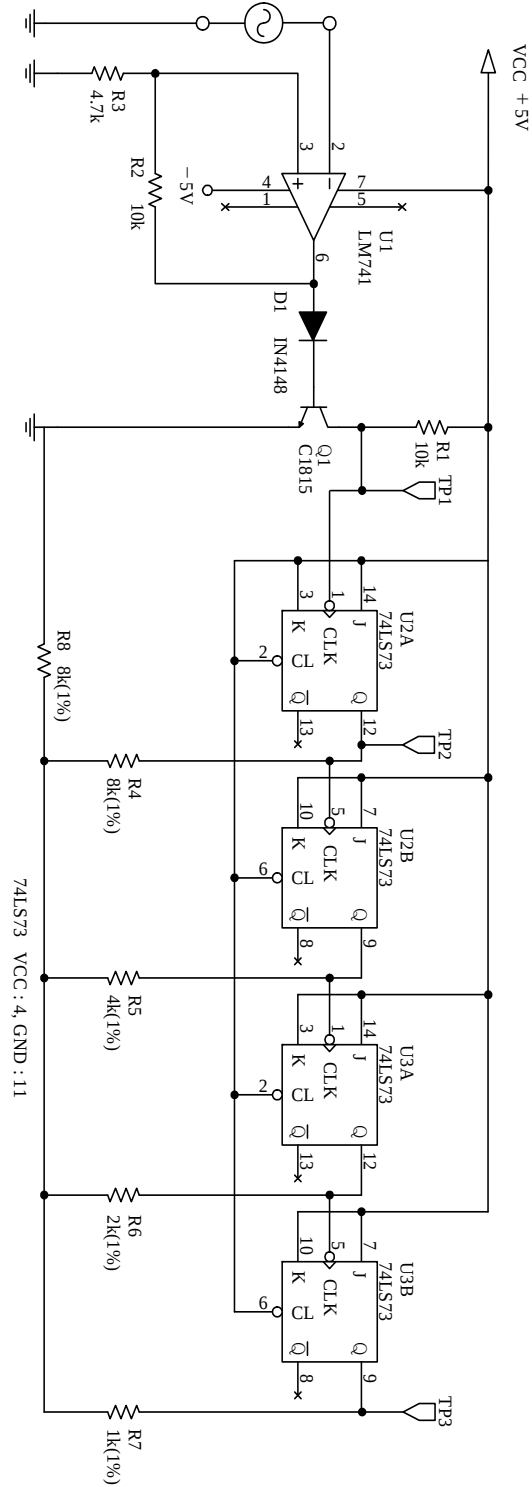


그림 1. A/D 변환회로 블록도

MEMO

\* 실습회로도



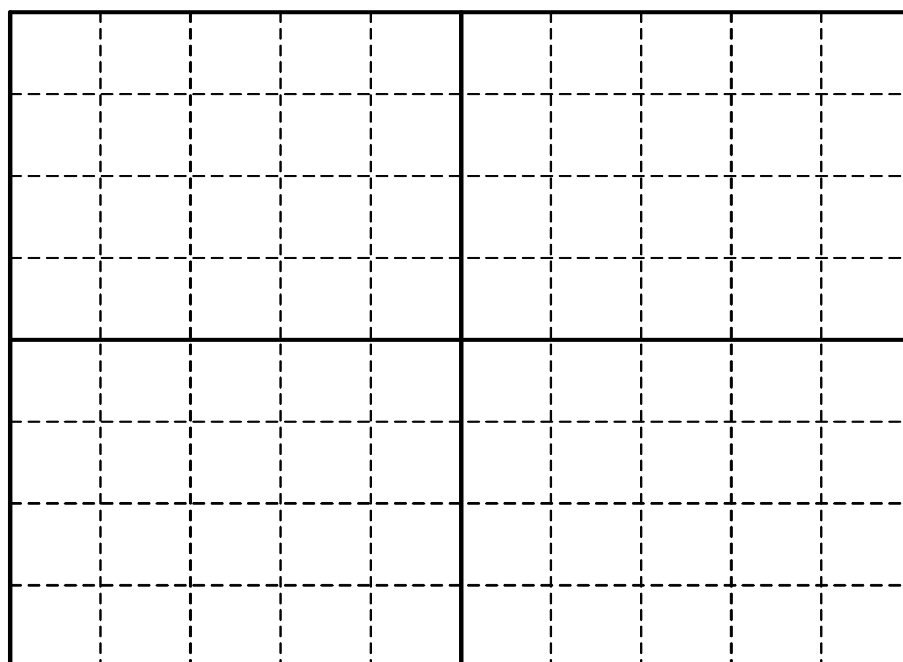
### \* 회로설계 및 동작시험

1. A/D 변환회로를 설계하고 각 TP 단자를 측정하시오
2. A/D 변환회로의 변조원리와 사용목적에 대하여 정확히 이해하시오.
3. 함수발생기의 출력이 정현파 1 ~ 5[KHz], 1 ~ 5[Vp-p]로 조정하여 입력단에 연결하시오.
3. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

MEMO

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

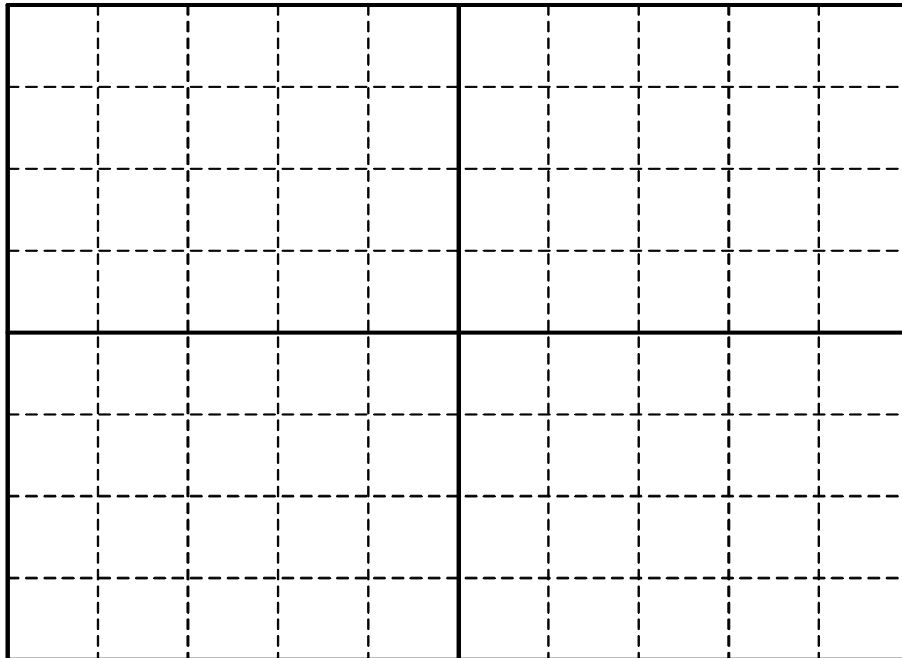
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

## 2. TP(Test Point) 2



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

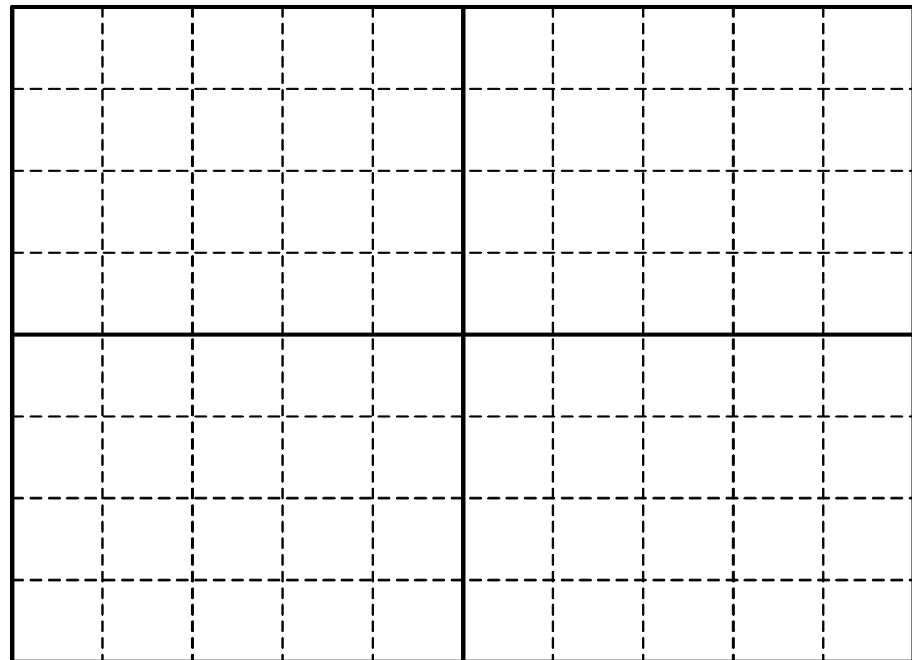
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

3. TP(Test Point) 3



– Time/div :

– Volt/div :

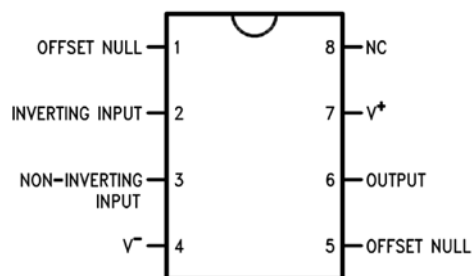
– Period :

– Frequency :

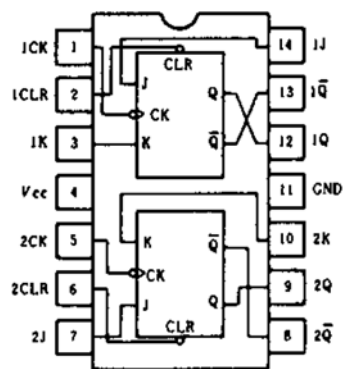
–  $V_{P-P}$  :

## \* IC Pin 에 대한 입·출력

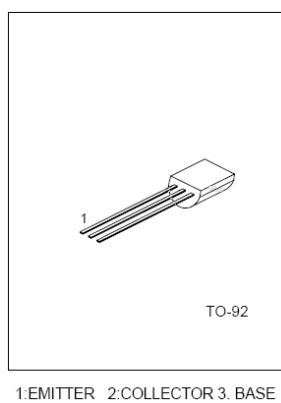
### ◆ 741



### ◆ 7473



### ◆ 2SC1815



MEMO

|    |          |     |          |
|----|----------|-----|----------|
| 10 | 통신회로응용실습 | 회로명 | ASK 변조회로 |
|----|----------|-----|----------|

\* 실습목표 :

- ASK 변조회로의 제작원리를 이해한다.
- ASK 변조회로의 개념과 원리를 이해한다.

\* 실습 사용부품

| 일련<br>번호 | 재료명 | 실습명                 | A/D 변환기 |    |    |
|----------|-----|---------------------|---------|----|----|
|          |     | 규격                  | 단위      | 수량 | 비고 |
| 1        | IC  | 74LS00              | 개       | 1  |    |
| 2        | IC  | 74LS86              | 개       | 1  |    |
| 3        | IC  | 74LS164             | 개       | 1  |    |
| 4        | IC  | 74LS90              | 개       | 2  |    |
| 5        | 저항  | 1k $\Omega$         | 개       | 2  |    |
| 6        | 콘덴서 | 0.1 $\mu F$ , (104) | 개       | 2  |    |
| 7        | 스위치 | 3핀슬라이드형             | 개       | 1  |    |

### \* 관계지식

1. ASK(Amplitude Shift Key)는 디지털 무선통신 시스템에서 효율적으로 신호를 전송하기 위해 사용되는 가장 기본적인 변조 방식이다. 디지털 클럭이 “0” 일 때는 신호를 보내지 않고, “1” 일 때는 신호를 보내는 형식의 On-Off Keying 과 같은 계열의 AM 디지털 전송 방법이다.
2. ASK 변환회로 : 그림 1은 입력된 구형파 신호를 7490 IC를 이용하여 분주시킨 후 74164 IC 와 7486 IC를 이용하여 불규칙한 형태의 구형파를 생성 시킨다. 이렇게 생성된 불규칙한 구형파와 신호 발생기로부터 입력되는 높은 주파수가 7400 IC를 통하여 하나의 ASK 변조파형으로 생성된다.

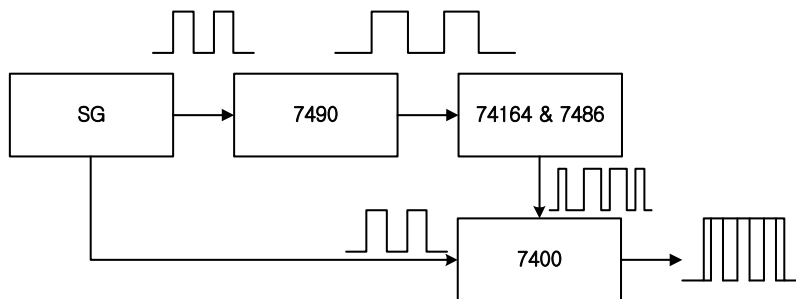
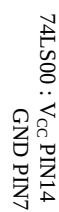


그림 1. ASK 변조회로 블록도

74LS164 : V<sub>CC</sub> PIN14  
GND PIN7



### \* 회로설계 및 동작시험

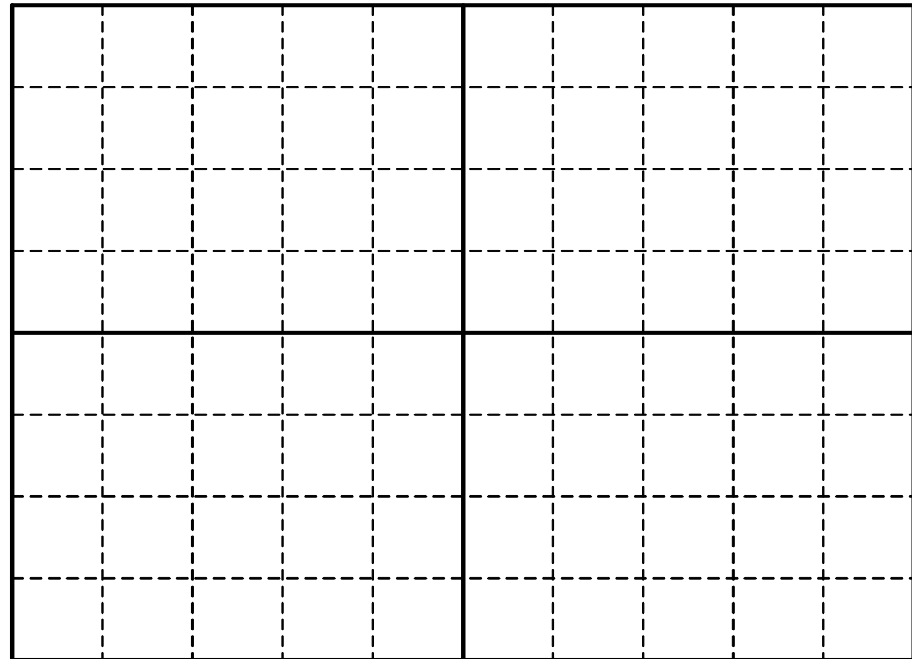
1. ASK 변조회로를 설계하고 각 TP 단자를 측정하시오
2. ASK 변조회로의 변조원리와 사용목적에 대하여 정확히 이해하시오.
3. 함수발생기의 출력이 구형파 200[KHz], 5[V<sub>p-p</sub>]로 조정하여 INPUT 에 연결하시오.
4. 회로설계 시 IC Data Sheet 의 Pin 입/출력 관계를 확인한 후 설계하시오.

MEMO

MEMO

\* 회로측정 결과

1. TP(Test Point) 1



– Time/div :

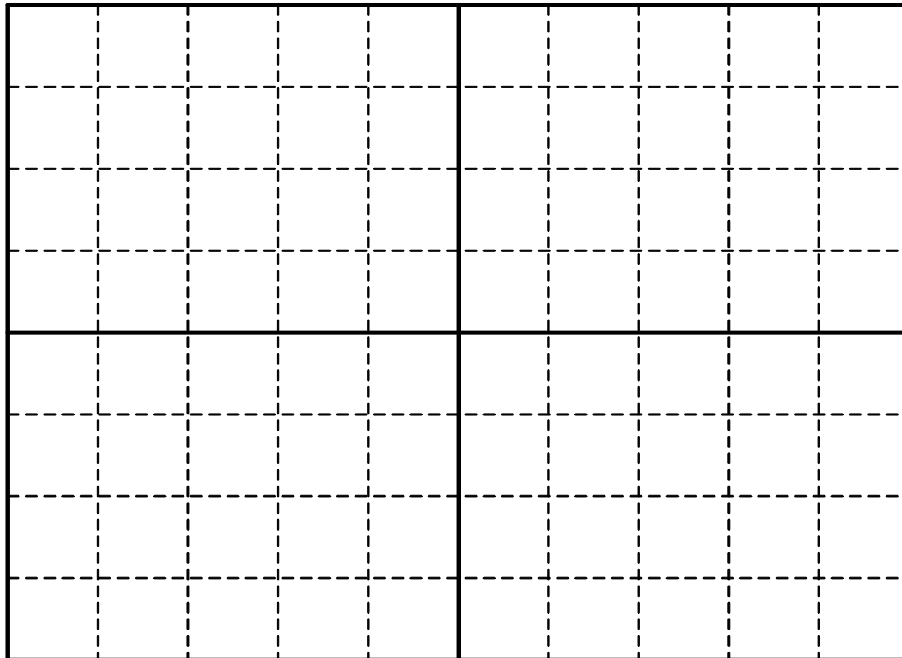
– Volt/div :

– Period :

– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

## 2. TP(Test Point) 2



– Time/div :

– Volt/div :

– Period :

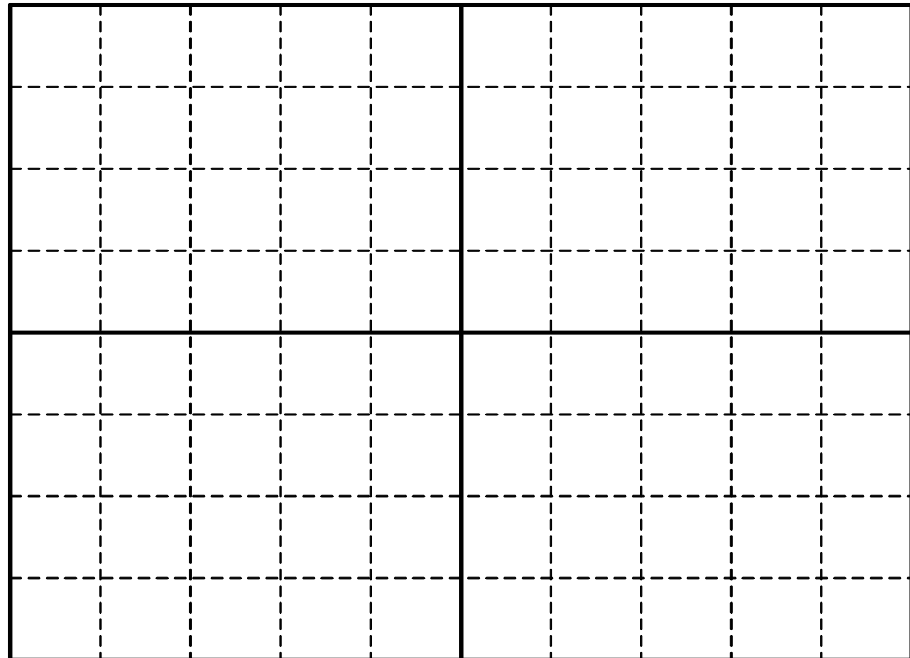
– Frequency :

–  $V_{P-P}$  :

MEMO

MEMO

3. TP(Test Point) 3



– Time/div :

– Volt/div :

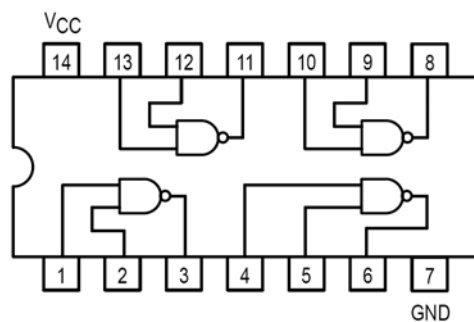
– Period :

– Frequency :

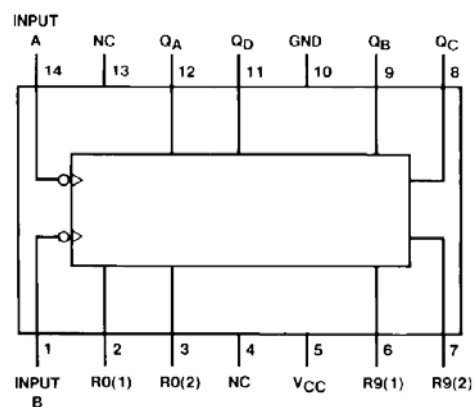
–  $V_{P-P}$  :

# \* IC Pin 에 대한 입·출력

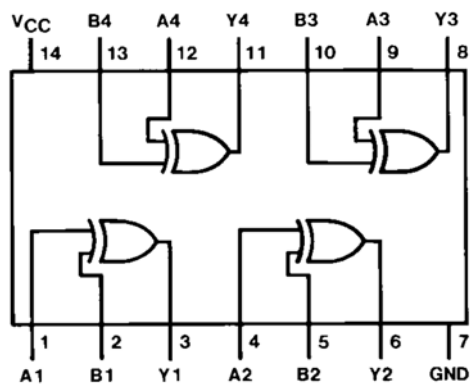
## ◆ 7400



## ◆ 7490



## ◆ 7486



MEMO

◆ 74164

