



4 BIPOLAR JUNCTION TRANSISTORS

- 📌 조장 : 20046095 이의진
- 📌 조원 : 20026993 이민석
- 📌 20045855 김도현
- 📌 20046094 이영진
- 📌 20065828 김대동



4 BIPOLAR JUNCTION TRANSISTORS

- 4.1 트랜지스터의 구조 및 기본동작
- 4.2 트랜지스터 파라미터 및 전압, 전류 정의
- 4.3 트랜지스터의 컬렉터 특성
- 4.4 트랜지스터 증폭기
- 4.5 트랜지스터 스위치

4.1 트랜지스터의 구조 및 기본동작

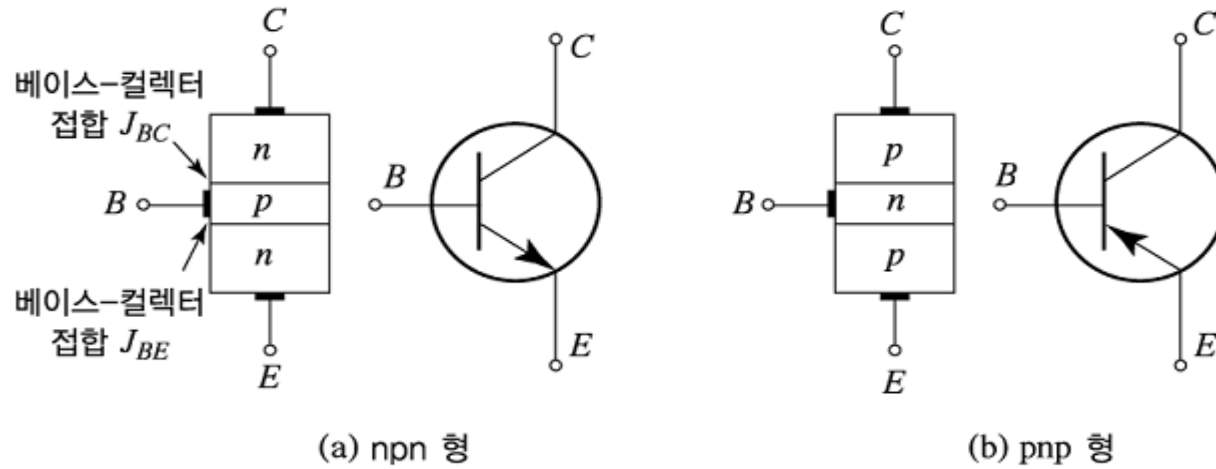
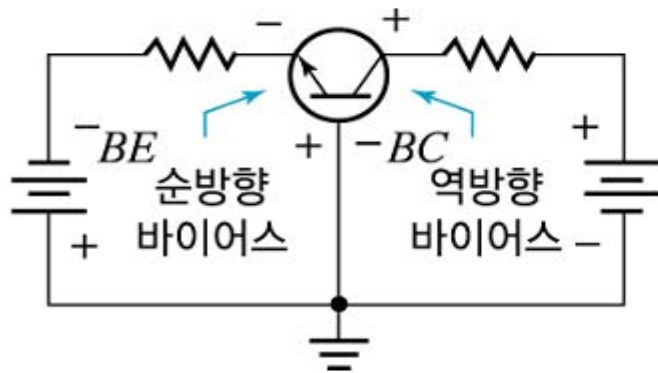


그림 4-1. 바이폴라 트랜지스터의 구조 및 심벌

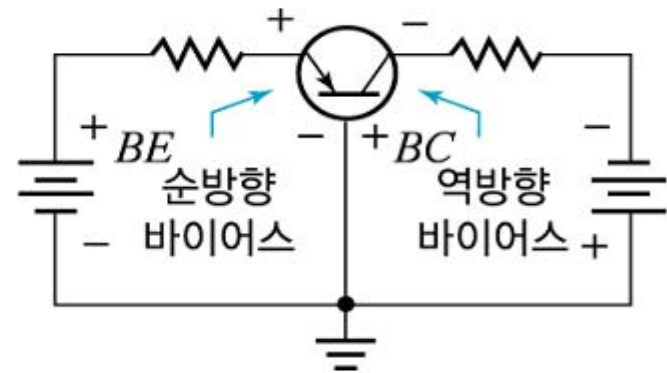
바이폴라(Bipolar) : 트랜지스터의 도전형상에 기여하는 캐리어가 자유전자(-)와 정공(+)이라는 사실로부터 부르는 용어

베이스-에미터 접합 J_{BE} : 순방향 바이어스

베이스-컬렉터 접합 J_{BC} : 역방향 바이어스



(a) npn 형



(b) pnp 형

그림 4-2. 바이폴라 트랜지스터의 바이어스

■ npn 트랜지스터의 전류의 흐름 : 에미터에서 방출하는 전자들 중 극히 일부는 베이스단자를 통해 빠져나가고 나머지 거의 대부분의 전자들이 컬렉터 단자에 모인다. 바이폴라 트랜지스터의 전류기준방향을 기억하는 방법은 npn이던 pnp이던 상관없이 트랜지스터의 에미터 화살표 방향과 동일하게 에미터 전류를 정의하고, 나머지 베이스 전류와 컬렉터 전류는 $I_E = I_B + I_C$ 의 관계가 성립하도록 정하면 된다.

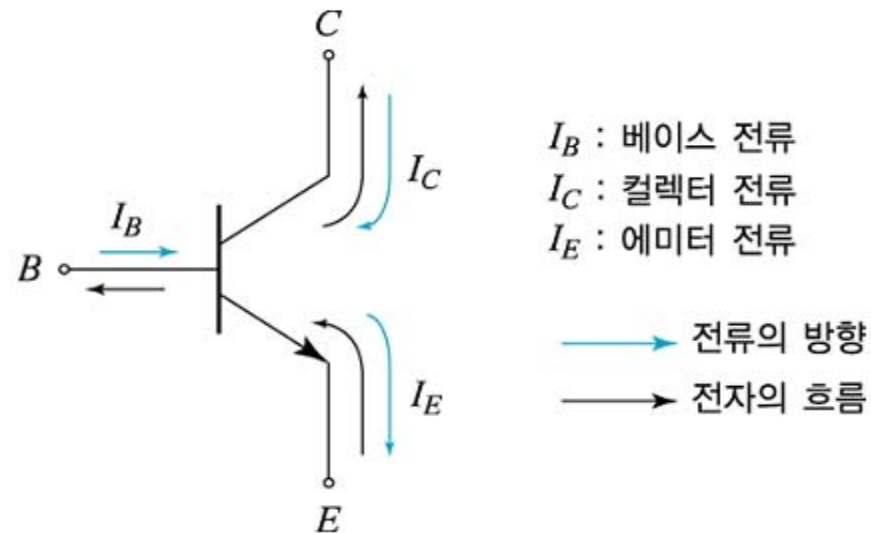


그림 4-3 npn 트랜지스터에서의 전류방향

4.2 트랜지스터 파라미터 및 전압, 전류 정의

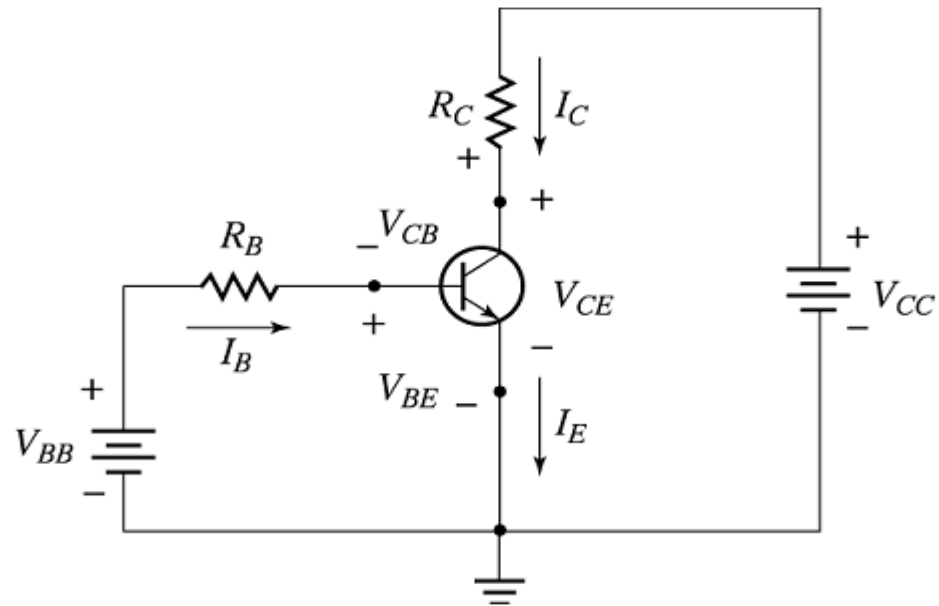


그림 4-4. npn 트랜지스터의 전압, 전류 정의

I_E : 직류 베이스 전류, I_C : 직류 컬렉터 전류, I_E : 직류 에미터 전류

V_{BE} : 에미터에 대한 베이스에서의 직류전압

V_{CB} : 베이스에 대한 컬렉터에서의 직류전압

V_{CE} : 에미터에 대한 컬렉터에서의 직류전압

V_{BB} : 베이스-에미터 접합을 순방향으로 바이어스 $\therefore V_{BE} \cong 0.7V$

V_{CC} : 베이스-컬렉터 접합을 역방향으로 바이어스

베이스 루프를 흐르는 전류 $I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$

컬렉터-에미터 양단전압 V_{CE} : $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

컬렉터-베이스 양단전압 V_{CB} : $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$

직류전류이득(DC Current Gain) $\beta_{DC} \triangleq \frac{I_C}{I_B} = \frac{\text{출력 전류}}{\text{입력 전류}}$

트랜지스터 직류 알파 $\alpha_{DC} \triangleq \frac{I_C}{I_E}$: 에미터에서 방출된 전자가 컬렉터에 얼마나

많은 양이 모여 있는지를 나타내는 개념

■ 트랜지스터 직류알파 및 직류베타와의 상관관계

트랜지스터의 전류 관계식 $I_E = I_B + I_C$ 에서 양변을 I_C 로 나누면 다음과 같다.

$$\frac{I_E}{I_C} = \frac{I_B}{I_C} + \frac{I_C}{I_C} = \frac{I_B}{I_C} + 1$$

$\beta_{DC} \triangleq I_C/I_B$, $\alpha_{DC} \triangleq I_C/I_E$ 관계식 대입

$$\frac{1}{\alpha_{DC}} = \frac{1}{\beta_{DC}} + 1 \quad \therefore \beta_{DC} = \frac{\alpha_{DC}}{1 - \alpha_{DC}}$$

4.3 트랜지스터의 컬렉터 특성

컬렉터 특성곡선 : 베이스전류 I_B 를 매개변수로 하여 컬렉터전류 I_C 와 컬렉터-에미터 양단전압 V_{CE} 와의 상관관계를 정량적으로 나타낸 것으로 트랜지스터의 동작영역을 구분하는데 중요한 지표로 이용

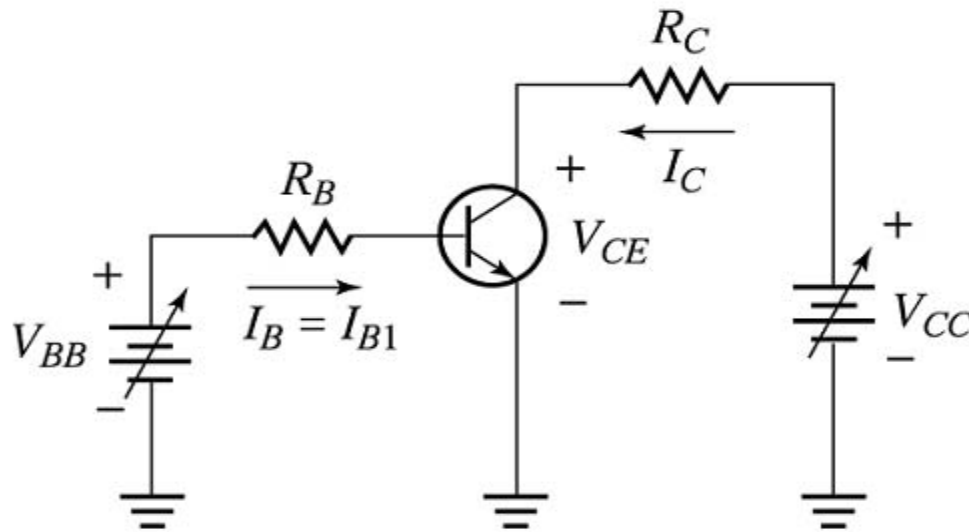


그림 4-5. 컬렉터 특성곡선을 얻기 위한 트랜지스터 회로

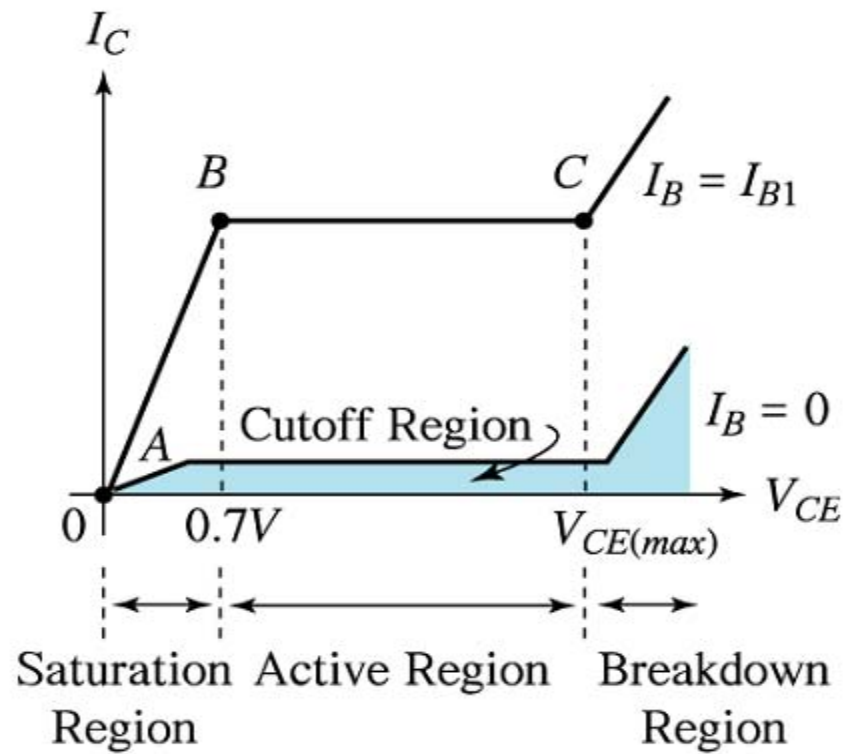


그림 4-6. 컬렉터 특성곡선 및 트랜지스터 동작영역

① 동작점 A

$V_{CC} = 0$ 으로 놓고 V_{BB} 를 적당한 값으로 설정하면 이때 베이스 루프내에는 전류 I_{B1} 이 흐른다. J_{BC} 와 J_{BE} 는 각각 순방향으로 바이어스 되어 베이스단에 대략 0.7V의 전압이 나타나게 된다.

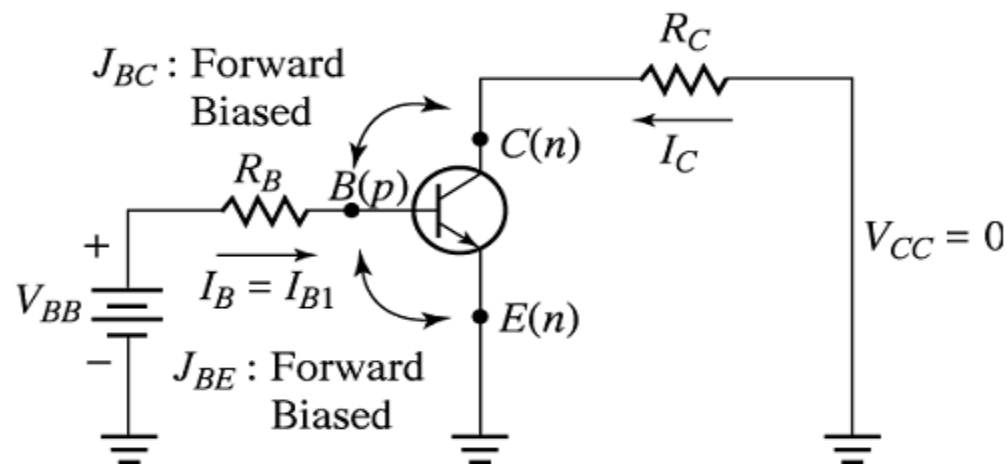


그림 4-7. 동작점 A에서의 트랜지스터 회로

② 동작구간 A-B : 포화영역(Saturation Region)

동작점 A 상태에서 V_{BB} 는 고정된 값으로 놓고 (즉 $I_B = I_{B1}$ 으로 고정) V_{CC} 값을 0 에서 대략 0.7V 정도까지 점차로 증가시키면 컬렉터전류도 V_{CC} 값의 증가에 비례하여 점점 증가한다. 이때 V_C 는 0.7V보다 작은 상태를 유지하므로 J_{BC} 는 여전히 순방향 바이어스 상태임에 주의하라. 결국 동작구간 A-B사이에서는 J_{BC} 와 J_{BE} 가 각각 순방향 바이어스 상태를 유지하기 때문에 V_{CC} 의 증가 (즉, V_{CE} 의 증가)에 따라 컬렉터 전류도 증가하는 양상을 보이게 된다.

③ 동작 구간 B-C : 활성 영역(Action Region)

J_{BE} : 순방향 바이어스 상태 J_{BC} : 역방향 바이어스 상태

따라서 V_{CC} 가 계속 증가 (즉 V_{CE} 가 계속 증가)하더라도 컬렉터전류는 더 이상 증가하지 못하고 거의 일정한 값을 유지하게 되므로 베이스전류와 컬렉터전류사이에는 $I_C = \beta_{DC} I_B$ 의 관계가 성립한다.

④ 동작점 C 이후 : 항복 영역(Breakdown Region)

V_{CC} 가 계속 증가(즉, V_{CE} 가 계속 증가)하여 J_{BC} 가 과도하게 역방향으로 바이어스 되면 항복(Breakdown)현상이 일어나 과도한 역방향 전류가 순간적으로 흘러 트랜지스터 소자를 파괴하게 된다.

⑤ 차단영역(Cutoff Region)

V_{BB} 를 0 으로 하여 베이스전류 I_B 를 0 으로 고정시킨 후 V_{CC} 를 계속 증가시키면 J_{BE} 와 J_{BC} 가 모두 역방향으로 바이어스 되어 있기 때문에 컬렉터 전류는 약간의 누설전류 외에는 거의 흐르지 않게 된다.

■ 직류 부하선(DC Load Line) : $I_C R_C + V_{CE} - V_{CC} = 0$ (컬렉터루프 방정식)

기울기 : $-\frac{1}{R_C}$ I_C 축 절편 : $\frac{V_{CC}}{R_C}$ V_{CE} 축 절편 : V_{CC}

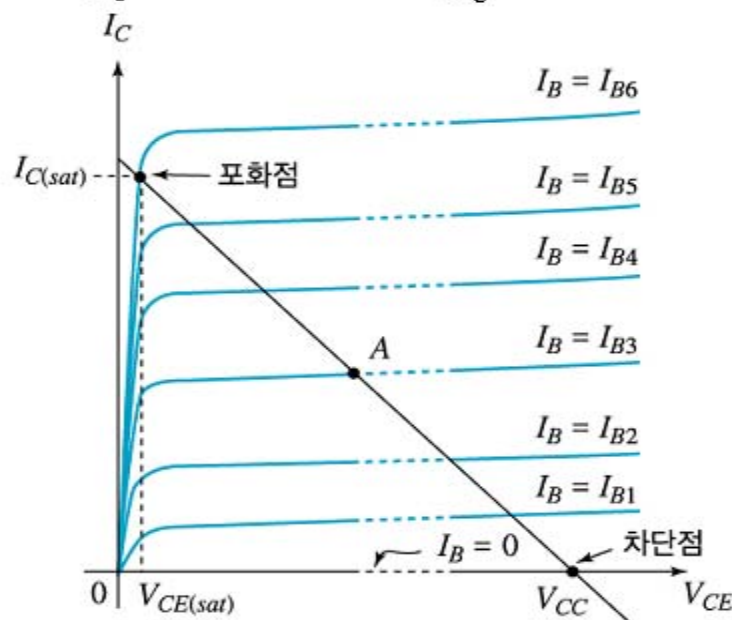


그림 4-8. 직류 부하선을 이용한 차단점과 포화점의 정의

베이스전류의 증가는 트랜지스터가 포화상태가 될 가능성을 높여준다는 사실이다. 예를 들어 점 A는 $I_B = I_{B3}$ 에 대해서는 활성영역에 위치하지만 I_B 를 점점 증가시켜 $I_B = I_{B6}$ 가 되면 트랜지스터는 포화상태가 된다. 이렇게 되면 I_B 를 계속 증가시켜도 컬렉터 전류 I_C 는 더 이상 증가되지 않는다.

4.4 트랜지스터 증폭기

교류전압 V_{in} 과 직류바이어스 전압 V_{BB} 가 동시에 인가되기 때문에 A점에서의 전압은 V_{BB} 를 중심으로 해서 움직이는 정현파 형태가 나타난다. 입력교류전압은 베이스 교류전류를 형성하고 이것은 더 큰 컬렉터 교류전류를 형성한다. 컬렉터 교류전류는 R_C 양단에 전압강하를 발생시키는데 컬렉터 전류가 변화하는 양상과 컬렉터전압이 변화하는 양상은 정반대라는 사실에 주목하라.

따라서 트랜지스터 증폭기란 입력측의 작은 베이스전류를 증폭하여 큰 컬렉터 전류를 만든 다음, 컬렉터 단(출력단)에 입력 교류 전압과는 위상이 반대인 큰 전압이 나타나도록 하는 회로로 이해할 수 있다.

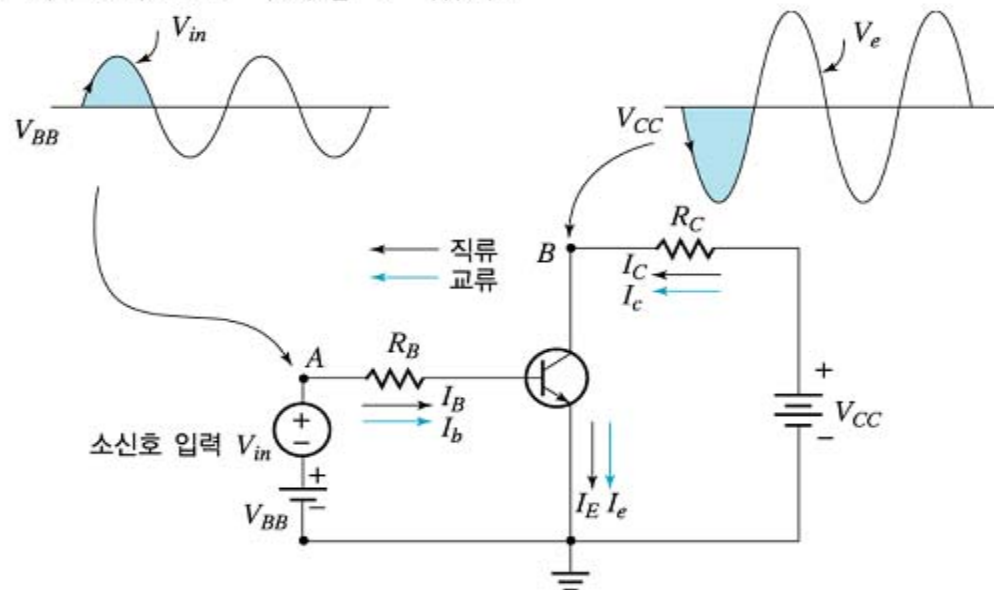


그림 4-9. 바이폴라 트랜지스터 증폭기의 기본회로

4.5 트랜지스터 스위치

트랜지스터의 주된 용용은 활성영역에서 동작하도록 바이어스를 걸러 교류신호를 증폭하는 것이지만, 트랜지스터를 포화영역과 차단영역에 교대로 동작하도록 바이어스를 걸어주면 전자 스위치(Electronic Switch)로 사용할 수 있다.

① 개방 스위치(Open Switch)

$$V_{BB} = 0 \quad \therefore I_B = 0 \quad (\text{트랜지스터는 차단상태})$$

따라서 컬렉터 전류는 거의 흐르지 않기 때문에 트랜지스터는 개방된 스위치로서 동작된다.

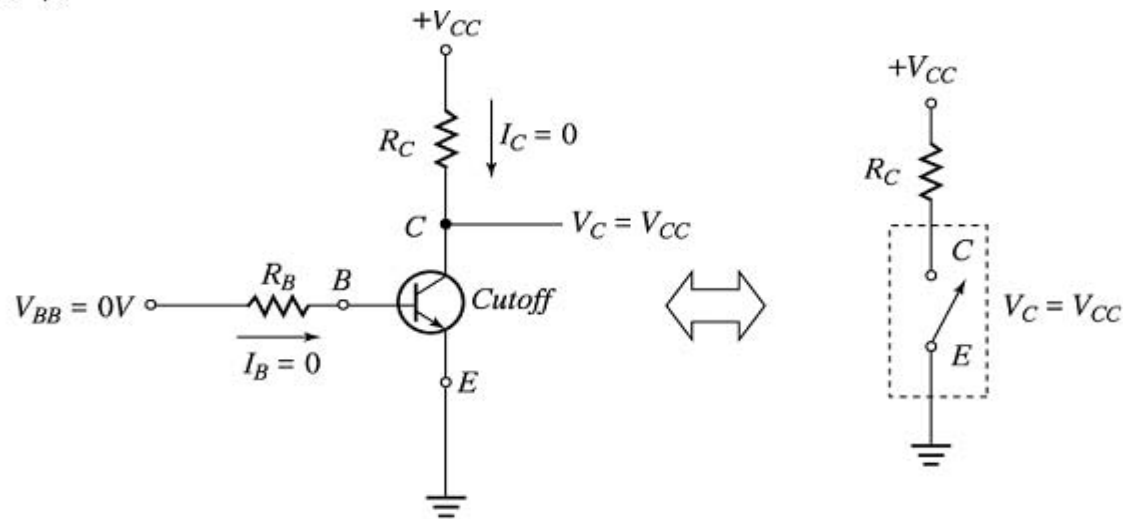


그림 4-10. 트랜지스터의 개방 스위치 동작

② 단락 스위치(Closed Switch)

충분히 큰 베이스전류 I_B 가 흐르도록 V_{BB} 를 인가 (트랜지스터는 포화상태)
따라서 컬렉터 루프에는 컬렉터 포화전류 $I_{C(sat)}$ 가 흐르는 때문에 트랜지스터는 단락 스위치로 동작된다.

컬렉터-에미터 양단 포화전압 : $V_{CE(sat)} = V_{CC} - I_{C(sat)}R_C \cong 0$

컬렉터 포화전류 : $I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C}$

트랜지스터를 포화를 위한 최소 베이스전류 : $I_{B(min)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{DC}}$

트랜지스터 포화조건 : $I_B \geq I_{B(min)}$

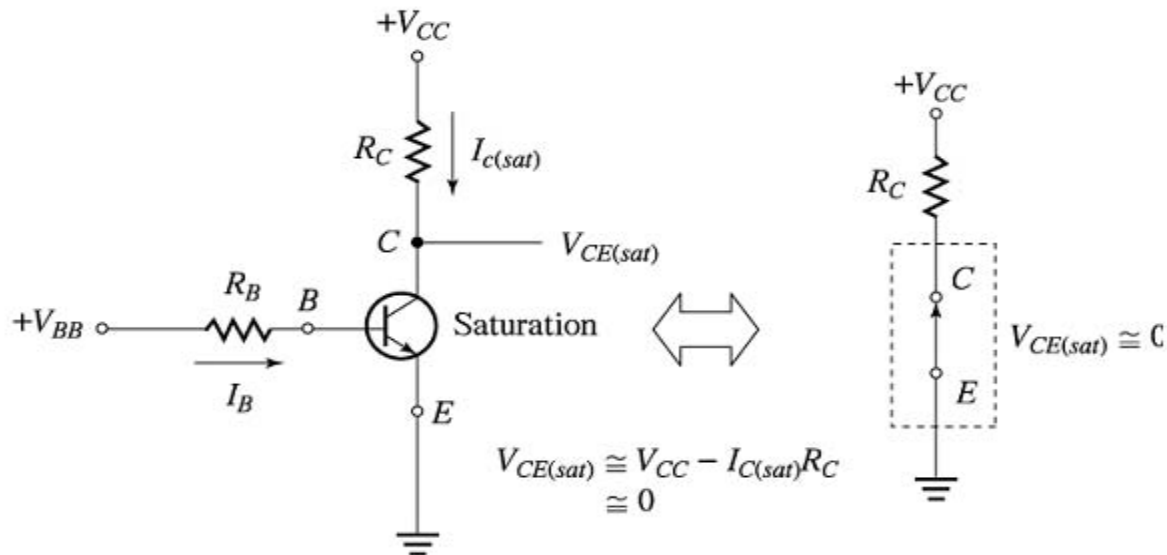


그림 4-11. 트랜지스터의 단락 스위치 동작

■ 트랜지스터 스위치를 이용한 LED를 점멸회로

$V_{in} = \text{High}$: 트랜지스터 포화(단락스위치) $\therefore \text{LED} = \text{ON}$

$V_{in} = 0$: 트랜지스터 차단(개방스위치) $\therefore \text{LED} = \text{OFF}$

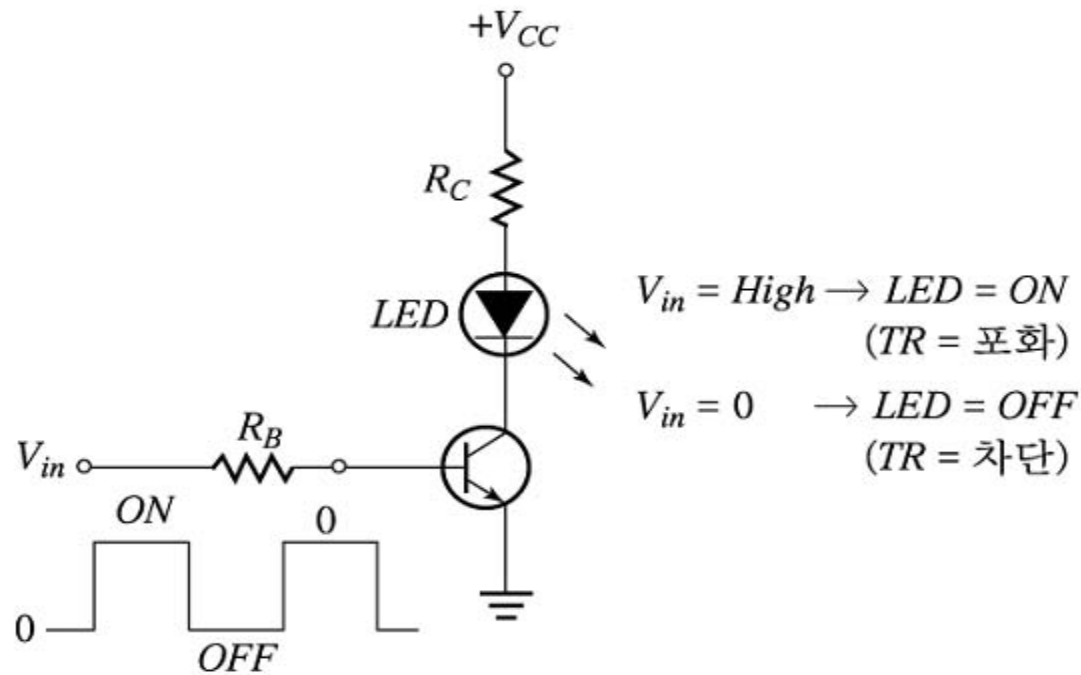


그림 4-12. 트랜지스터 스위치에 의한 LED 점멸

Transistor Type Number

- 트랜지스터의 명칭은 전자기기 제품 업체가 독자적으로 정한 것도 있으나 통일된 명칭으로서는 미국의 전자 공업회(EIA)의 명칭과 일본의 전자기계 공업회(CES) 표준 규격의 명칭이 일반적이다

EIA의 방식

- 명칭은 숫자 문자 숫자의 순으로 되어있다.
- 처음의 숫자는 PN접합의 수를 의미한다.
- 0일 때는 광 트랜지스터, 1일 때는 2극을,
2의 숫자일 때 3극의 트랜지스터를 나타낸다.
- 영문자 N은 반도체 제품을 나타내고 그 다음
숫자는 품종을 구별케 한다.
- <숫자 뒤에 영문자가 있을 경우 개량형임을 뜻한다.>

미국의 전자공업회<EIA>명칭

● 미국의 전자 공업회(EIA)의 명칭의 예

2 N 3 9 0 4, 2 N 3 9 0 4 A

2 N 3 9 0 6, 2 N 3 9 0 6 A

CES의 방식

- CES 방식은 숫자, S자, 문자, 숫자 순으로 되어 있는데 처음 숫자는 PN접합면의 수를 나타내는 것으로 1은 2극 (일반적으로 Diode), 2는 3극 트랜지스터임을 나타낸다. S 자는 반도체(Semi-Conductor) 제품임을 표시하며 그 다음 문자가 A 면 PNP 타입으로 고주파용, B 면 PNP 타입으로 저주파용, C 면 NPN 타입으로 고주파용, D 면 NPN 타입으로 저주파용, 임을 각각 나타내고 있다. 그리고 그다음의 숫자는 품종을 구별하는 등록 번호 이다.

일본의 전자기계공업회(CES)명칭

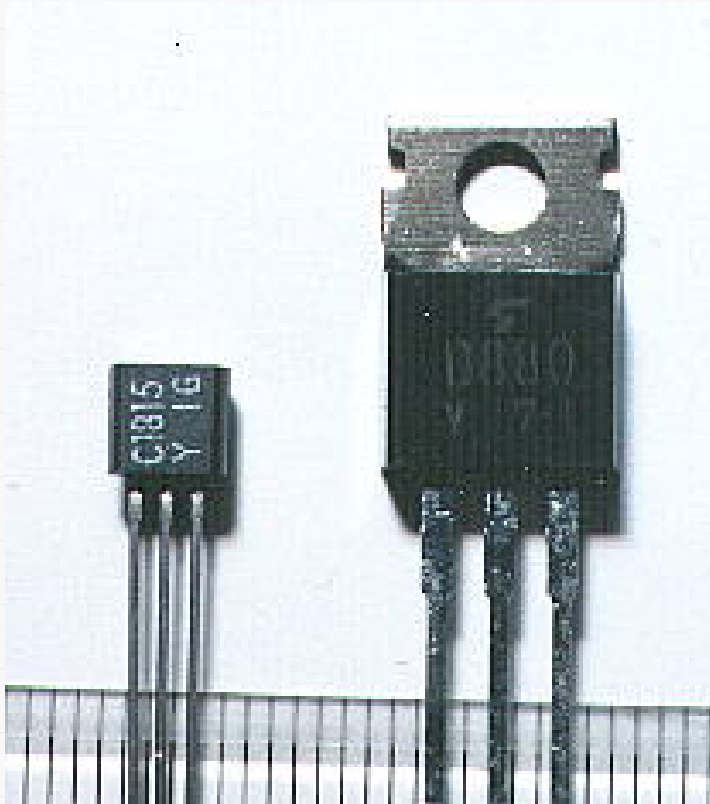
● 일본의 전자기계 공업회(CES)의 명칭의 예

2 S A 1 0 1 5, 2 S B 8 3 0

2 S C 1 8 1 5, 2 S D 8 8 0



문자	구조 및 용도
A	PNP트랜지스터, 고주파용
B	PNP트랜지스터, 저주파용
C	NPN트랜지스터, 고주파용
D	NPN트랜지스터, 저주파용
E	P 게이트 사이리스터
F	N 게이트 사이리스터
G	N 베이스 단일 접합 트랜지스터
H	P 채널 FET
I	N 채널 FET
J	3극 양방향 사이리스트



● 사진 좌측은 2SC1815 이라고 말하는 것이며, 디지털 회로에서는 많이 사용한다.

사진 우측은 2SD880 이고 큰 전류를 취급하고 싶은 때에 사용한다.

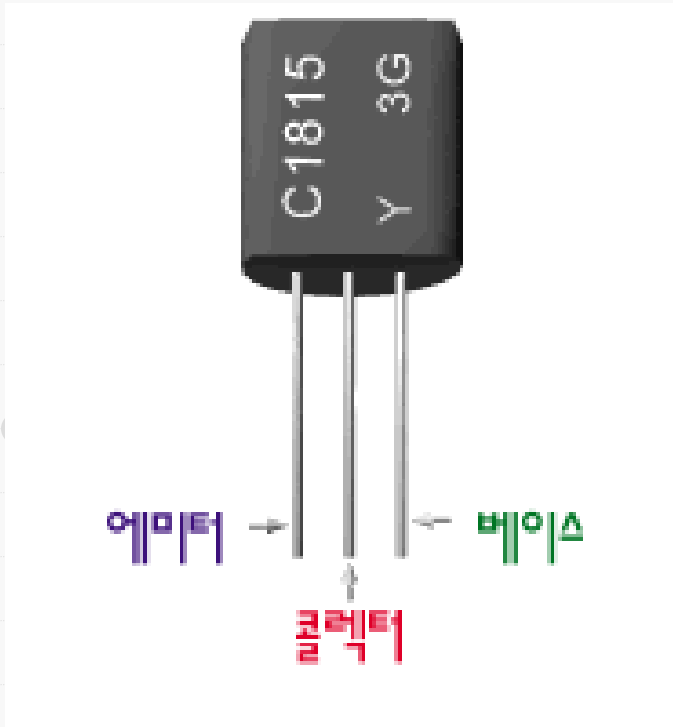
전기적 특성은 각각 아래와 같이 되어 있다.

기 호	2 S C 1 8 1 5	2 S D 8 8 0
VCEO(V)	50	60
IC(mA)	150	3A
PC(mW)	400	30W
hFE	70~700	60~300
fT(MH)	80	3

- ↳ VCEO : 베이스(B)을 오픈상태에서 콜렉터(C)과 에미터(E)에 걸리는 최대 전압.
(단지 VCE이라고 표현하는 경우도 있다)
- ↳ IC : 최대 콜렉터(C) 전류.
- ↳ PC : 주위 온도(Ta)=25℃ 로 유지하고 사용할수 있는 최대 콜렉터(C)손실(방열판 부착시)
- ↳ hFE : 에미터(E) 접지로 직류에 대한 전류 증폭 율. ($IC \div IB$)
- ↳ fT : 고주파 특성, 에미터 접지의 전류 증폭률이 1 (0dB) 이 되는 주파수.
fT = 고주파 hfe × 측정 주파수

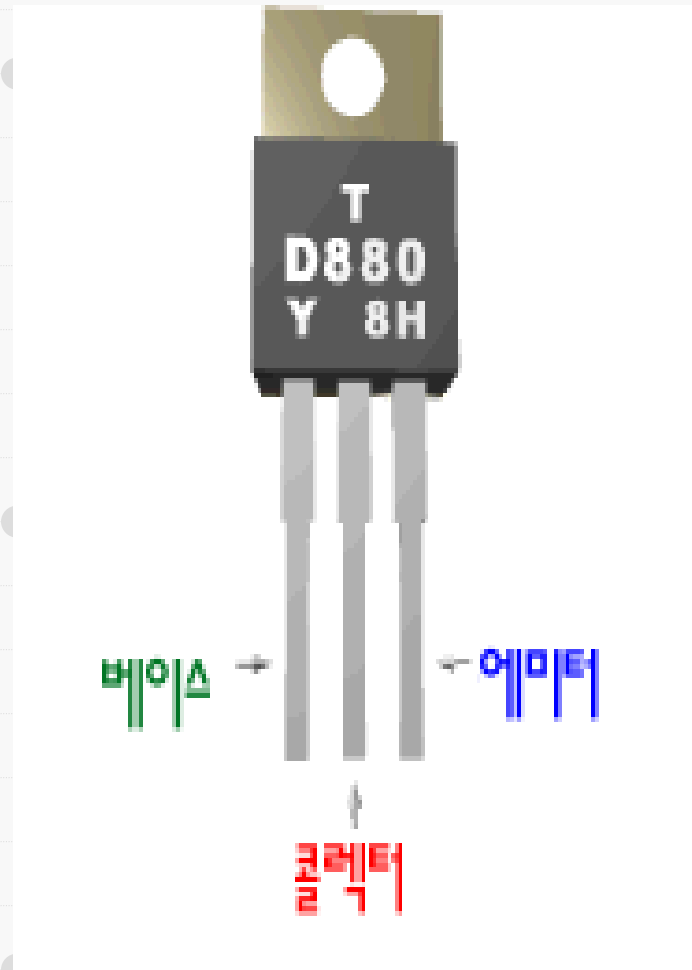


- 2 S C 1 8 1 5 (NPN)의 경우
품명이 인쇄되어 있는 평탄한 면을
앞으로 하고,



오른쪽이 베이스
한가운데가 컬렉터
왼쪽이 에미터

2SC3198(NPN), 2SA1015(PNP),
2SA1266(PNP) 등이 같은 리드선 이
다.



- 2SD880의 경우
품명이 인쇄되고 있는 면을 앞으로
하고.

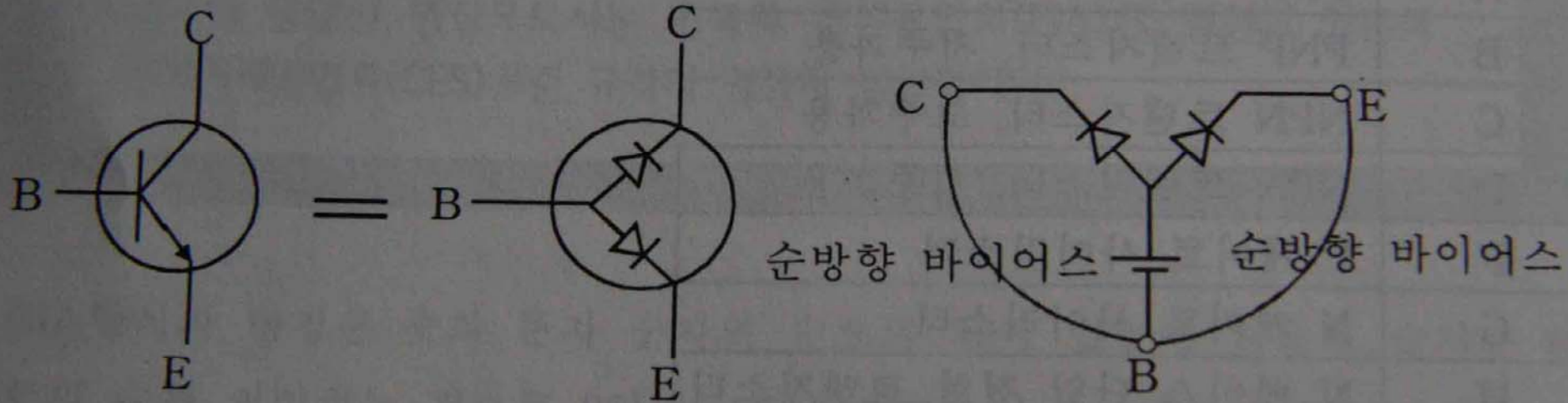
오른쪽이 에미터
한가운데가 콜렉터
왼쪽이 베이스

2SC1815와는 반대이다.

4.5 Finding Out Transistor Polarity

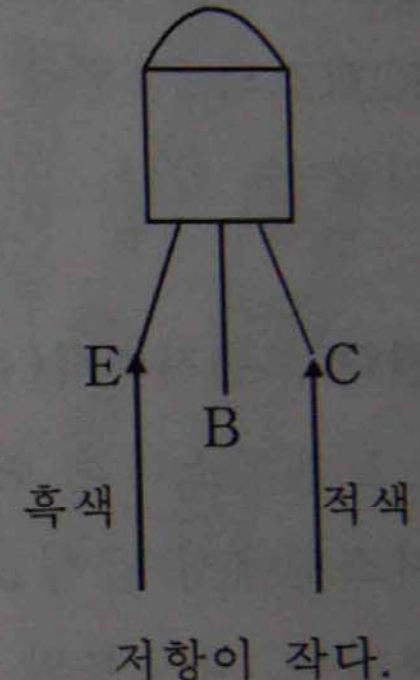
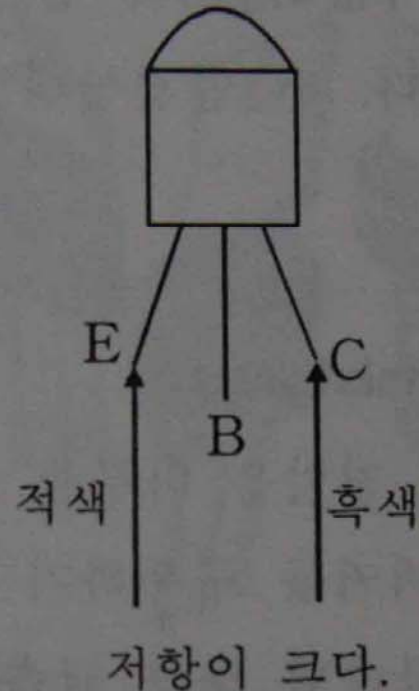
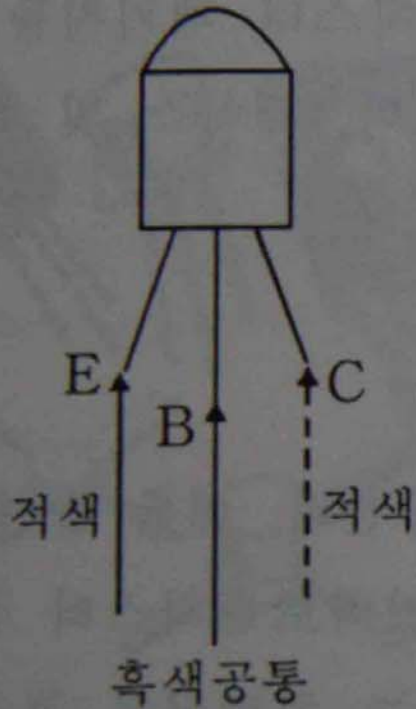
- NPN트랜지스터는 다이오드 두 개를 연결한 것과 같으므로 하나의 단자를 공통으로 하여 흑색 리드를 고정시키고 나머지 두 단자에 각 적색 리드를 접속하여 저항 값이 10Ω 정도가 되면 흑색 리드를 위치시킨 단자가 베이스가 된다.
- 흑색과 적색 리드를 두 단자에 위치시켰을 때 $100R$ Range 에서 저항 값 이 적게 나오면 흑색 리드 쪽이 이미터가 되고 적색 리드 쪽이 컬렉터가 된다.
- 반대로 연결했을 경우에는 저항 값이 크다.
- <PNP형은 반대로 생각한다>

NPN 트랜지스터



a) NPN 트랜지스터

NPN 트랜지스터 극성



저항이 매우 작다.

저항이 크다.
지침이 적게 움직인다.

저항이 작다.
지침이 많이 움직인다.

b) NPN 트랜지스터 극성 판별

그림 4-16 · NPN 트랜지스터 극성

4.6 Transistor Packages and Terminal Identification

1. 트랜지스터의 분류

1) 범용의-소신호 트랜지스터

● 범용의-소신호 트랜지스터들은 저전력 또는 중간전력 증폭기나 스위칭회로 사용된다.

● 핀 연결 상태로 이미터, 베이스 및 컬렉터를 확인할 수 있다.

<중간전력 증폭기>

- 대전력 송신기 등의 경우 종단 증폭기에 충분한 입력을 공급하기 위해 여진기와 종단 증폭기 사이에 넣는 고주파 증폭기

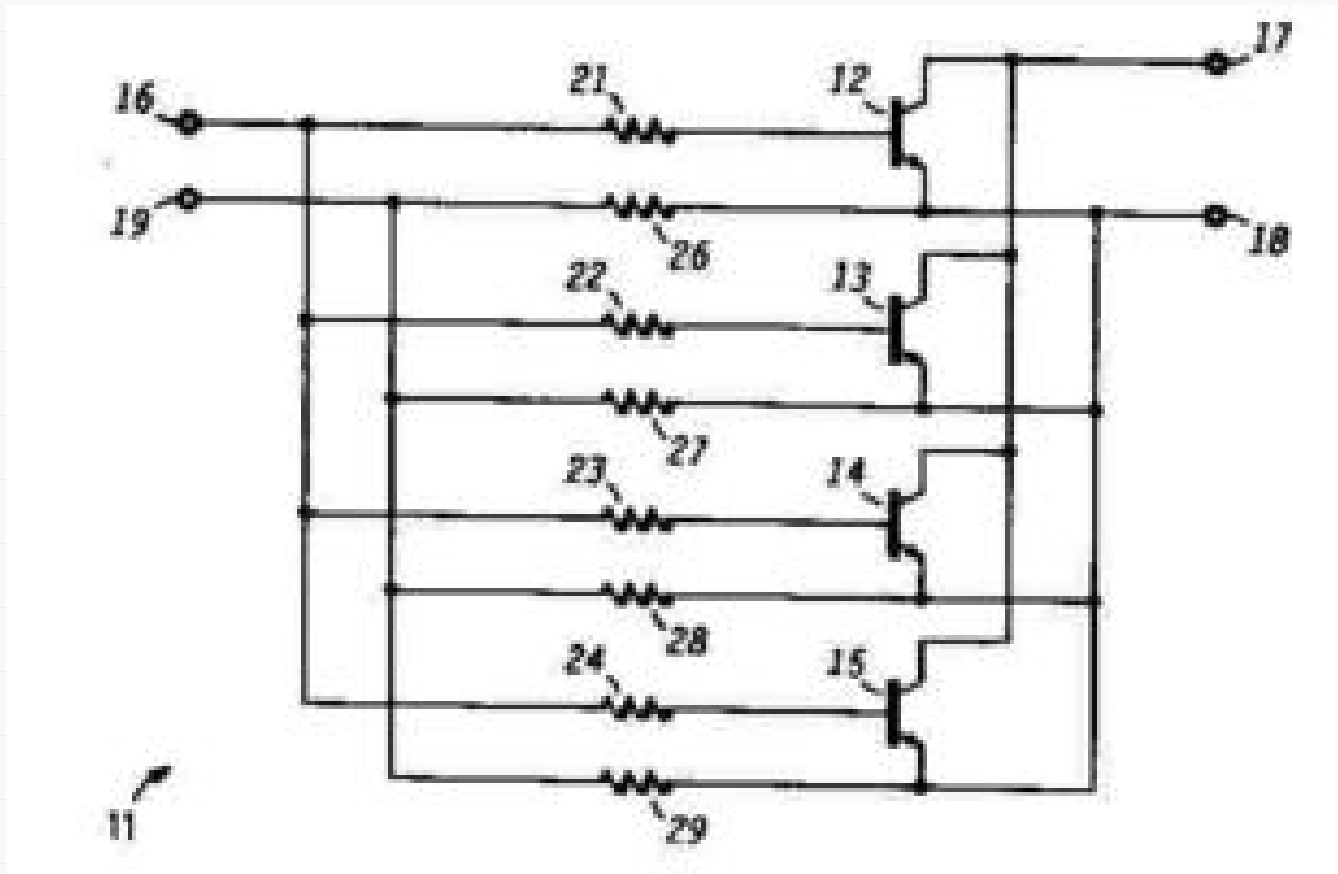
<스위칭 회로>

- 컴퓨터에 사용되는 회로의 일종으로 0과 1의 상태를 발생시켜 2진법의 정보를 표현한다. 여기서 0의 상태와 1의 상태의 전환을 스위치라고 하고, 이러한 기능을 가진 회로를 스위칭회로이다.

📌 2) 전력 트랜지스터

- 전력 트랜지스터는 큰 전류나 큰 전압을 다루는 데 사용된다.
- Ex) 스테레오 시스템에서 음성출력단은 스피커를 구동하기 위해 전력트랜지스터 증폭단을 사용한다
- 응용: 금속 탭 또는 금속케이스는 컬렉터로 표시되고 열 발산을 위해 방열 판에 연결한다.

전력 트랜지스터





3) RF 트랜지스터(고주파트랜지스터: Radio Frequency TR)

- RF 트랜지스터는 극히 높은 주파수에서 동작한다.

- 통신 시스템이나 그 밖의 높은 주파수 응용에 여러 목적으로 사용된다.

- 독특한 모양과 리드 구조들은 높은 주파수 파라미터를 최적화 하기 위해서 설계한다.

트랜지스터 패키지

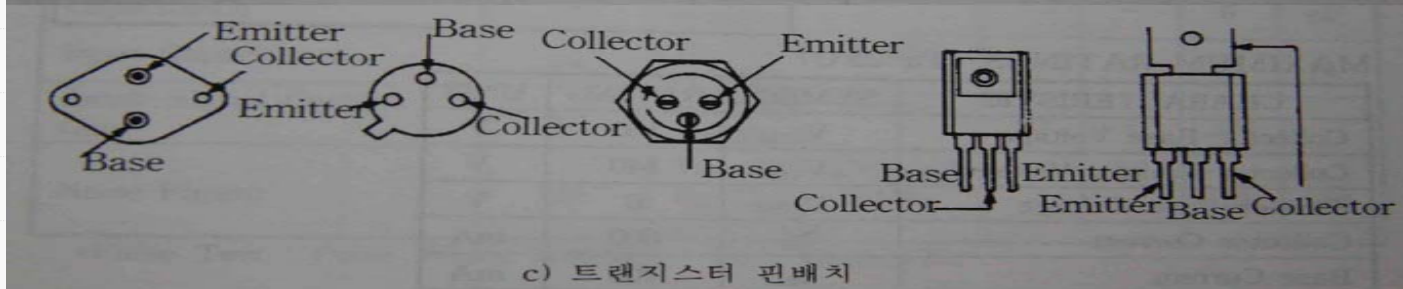
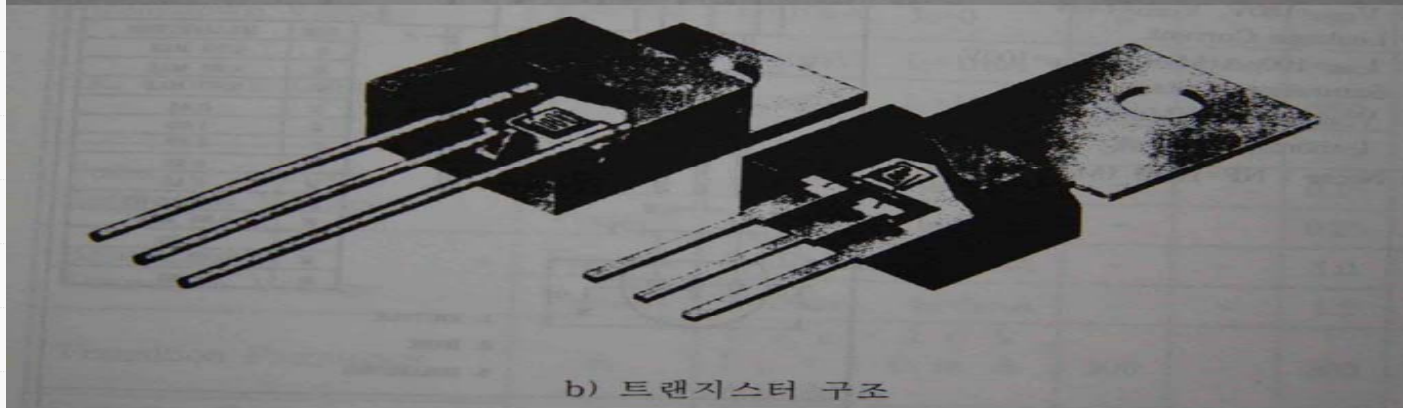
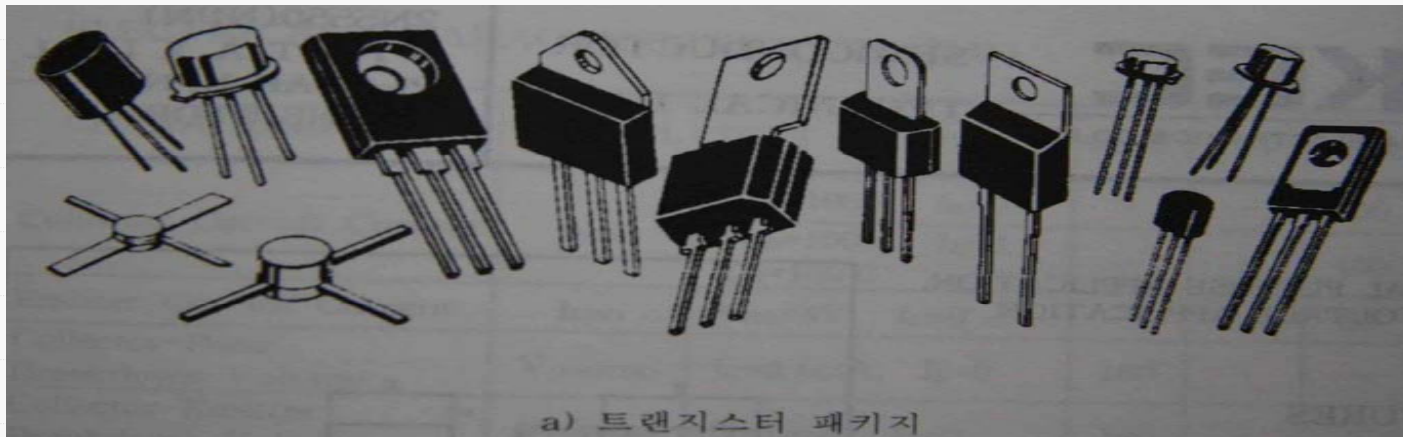


그림 4-17 · 트랜지스터 패키지



감사합니다.

질문?