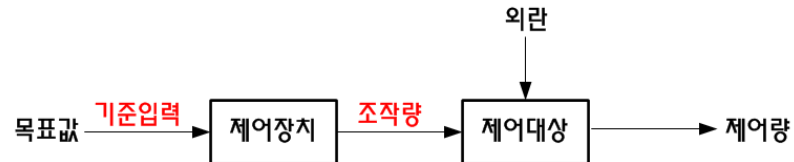


01. 제어계의 종류

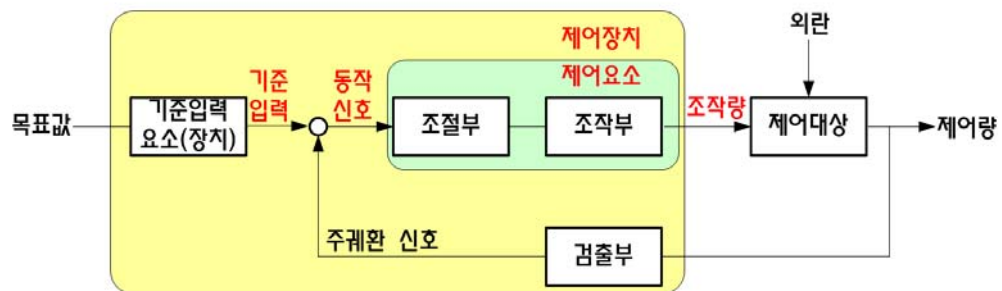
1) 개-루프 제어계(Open loop system)

- ① 제어동작이 출력과 관계없이 순차적으로 진행되는 제어계
- ② 구조가 간단하고 경제적

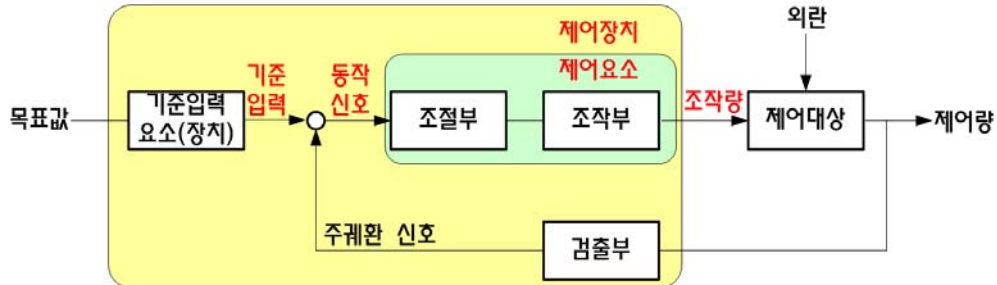


2) 폐-루프 제어계(Close loop system)-피드백 제어계

- ① 출력신호를 입력신호로 되돌려서 **제어량**이 **목표값**과 **비교**하여 **정확**한 제어가 가능하도록 한 제어계
- ② **정확**하고 **대역폭**이 **증가**하지만 구조가 복잡하고 설치비가 많이 든다.
- ③ 계의 특성변화에 대한 **입력 대 출력비에 대한 감도**가 감소한다.
- ④ **비선형**과 **왜형**에 대한 **효과**는 감소한다.
- ⑤ **전기다리미**



02. 피드백 제어계의 구성과 용어



용어	설명
목표값	제어량이 어떤값을 갖도록 목표를 설정하여 외부에서 주어지는 신호
기준입력요소(장치)	목표값을 제어할 수 있는 기준입력신호로 변환하는 장치
기준입력(신호)	제어계를 동작시키는 기준(목표값에 비례)
동작신호	기준입력신호와 주궤환신호의 편차 신호(제어동작을 일으키는 신호)
제어요소	조절부 와 조작부 로 구성, 동작신호를 조작량으로 변환시키는 요소
조작량	제어요소가 제어대상에 주는 량
외란	외부에서 가해지는 신호로서 제어량의 값을 변화시키는 요소
제어량	제어대상이 속하는 량
검출부	제어대상으로부터 제어량을 검출하고 기준입력신호와 비교하는 부분

03. 자동제어장치의 종류

1) 제어량에 의한 분류[제.토.선.자]

분류	설명
프로세스제어 (공정제어)	플랜트(석유, 화학공업) 및 생산공정 등의 상태량 제어 유량, 액면, 온도, 압력 등 [토(동).유.액.온.압]
서보제어 (추종제어)	기계적 변위를 제어 물체의 자세, 방위, 위치 등 [선.자.방.위] ex) 대공포 포신, 미사일 유도
자동조정제어 (정치제어)	전기적 또는 기계적인 양을 제어 전압, 전류, 주파수, 회전속도 등 ex) 자동전압조정기(AVR), 조속기

2) 목표값에 의한 분류

분류	설명
정치제어	목표값이 시간에 대하여 변화하지 않는 제어 프로세스제어, 자동조정제어 ex) 연속식 압연기
추치제어	목표값이 시간에 따라 변화하는 제어 추종제어, 프로그램제어, 비율제어

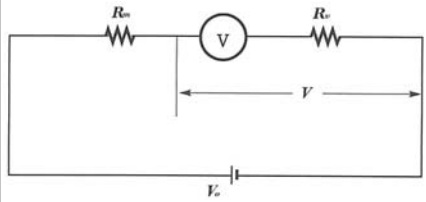
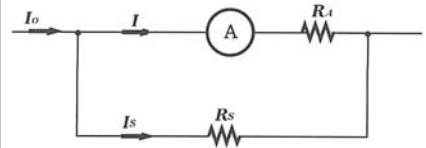
3) 제어목적에 의한 분류

분류	설명
추종제어	목표의 변화를 추종하여 목표값이 변화하는 제어 ex) 대공포 포신, 자동 아날로그 선반
프로그램제어	사전에 정해진 프로그램에 따라 제어량을 변화시키는 제어 ex) 열차 운전, 산업로봇 운전, E/L 자동조정
비율제어	목표값이 다른량과 일정한 비율로 변화하는 제어 ex) 보일러 자동연소장치

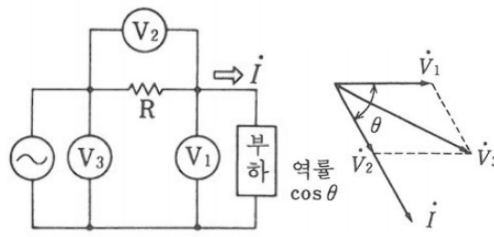
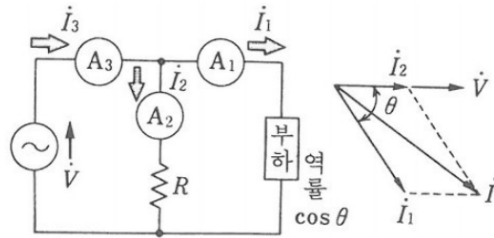
4) 조절부의 동작에 의한 분류

분류		설명
연속 제어	비례제어(P동작)	잔류편차(off-set) 발생
	미분제어(D동작)	오차가 커지는 것을 미연 방지, 진동 억제
	적분제어(I동작)	잔류편차(off-set) 제거
	비례미분제어(PD동작)	오버슈트(overshoot) 감소, 응답속도 개선
	비례적분제어(PI동작)	잔류편차를 제거하여 정상특성 개선, 간헐현상 발생
	비례적분미분제어(PID동작)	PI+PD, 가장 최적의 제어동작
불연속제어	on-off제어(2위치 제어)	

01. 배율기와 분류기 공식유도

분류	회로도	공식유도
배율기 (전압계와 직렬접속)	 $V_0 = V \left(1 + \frac{R_m}{R_v} \right)$ <p>여기서, V_0 : 측정하고자 하는 전압[V] V : 전압계의 최대눈금[V] R_m : 배율기 저항[Ω] R_v : 전압계의 내부저항[Ω]</p>	<p>· 전압분배 법칙 적용</p> $V = \frac{R_v}{R_m + R_v} V_0$ $V(R_m + R_v) = R_v V_0$ $\therefore V_0 = V \left(\frac{R_m + R_v}{R_v} \right) = V \left(1 + \frac{R_m}{R_v} \right)$ $V_0 = VM, \left(M = 1 + \frac{R_m}{R_v} \right)$ <p>여기서, M : 배율기 배율</p>
분류기 (전류계와 병렬접속)	 $I_0 = I \left(1 + \frac{R_A}{R_s} \right)$ <p>여기서, I_0 : 측정하고자 하는 전류[A] I : 전류계의 최대눈금[A] R_A : 전류계의 내부저항[Ω] R_s : 배율기 저항[Ω]</p>	<p>· 전류분배 법칙 적용</p> $I = \frac{R_s}{R_s + R_A} I_0$ $I(R_s + R_A) = R_s I_0$ $\therefore I_0 = I \left(\frac{R_s + R_A}{R_s} \right) = I \left(1 + \frac{R_A}{R_s} \right)$ $I_0 = IM, \left(M = 1 + \frac{R_A}{R_s} \right)$ <p>여기서, M : 분류기 배율</p>

02. 3전압계법과 3전류계법 공식유도

분류	회로도 및 벡터도	공식유도
3전압계법		$V_3 = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2 V_1 V_2 \cos \theta}$ $V_3^2 = V_1^2 + V_2^2 + 2 V_1 V_2 \cos \theta$ $\cos \theta = \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2 V_1 V_2}$ <p>소비전력 $P = VI \cos \theta$</p> $= V_1 \frac{V_2}{R} \frac{V_3^2 - V_1^2 - V_2^2}{2 V_1 V_2}$ $= \frac{1}{2R} (V_3^2 - V_1^2 - V_2^2)$
3전류계법		$I_3 = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2 I_1 I_2 \cos \theta}$ $I_3^2 = I_1^2 + I_2^2 + 2 I_1 I_2 \cos \theta$ $\cos \theta = \frac{I_3^2 - I_1^2 - I_2^2}{2 I_1 I_2}$ <p>소비전력 $P = VI \cos \theta$</p> $= I_2 R I_1 \cos \theta = I_2 I_1 R \frac{I_3^2 - I_1^2 - I_2^2}{2 I_1 I_2}$ $= \frac{R}{2} (I_3^2 - I_1^2 - I_2^2)$

03. 자기저항 배수 공식유도

1) 자기저항 관련 공식

$$F = NI = Hl \text{ [AT]}$$

여기서, F : 기자력[AT], N : 코일 권수, I : 전류[A]

H : 자계의 세기[AT/m], l : 자로(자기회로)의 길이[m]

$$\phi = BA = \mu HA = \frac{\mu ANI}{l} = \frac{NI}{\frac{l}{\mu A}} = \frac{F}{R_m} \text{ [Wb]}$$

$$R_m = \frac{l}{\mu A} \text{ [AT/Wb]}$$

$$R_{mg} = R_m + R_g = \frac{l}{\mu_0 \mu_s A} + \frac{l_0}{\mu_0 A}, \quad m = 1 + \frac{l_0 \mu_s}{l}$$

여기서, ϕ : 자속[Wb], B : 전속밀도[Wb/m²], A : 단면적[m²]

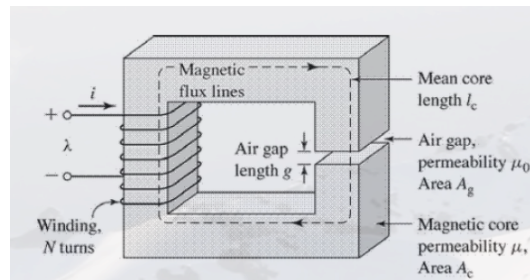
μ : 투자율[H/m] $\mu = \mu_0 \mu_s$, μ_0 : 진공의 투자율 = $4\pi \times 10^{-7}$

μ_s : 비투자율[단위없음] - 주어지지 않거나 공극이면 1

R_m : 자기저항[AT/Wb], R_{mg} : 공극을 가진 자기저항[AT/Wb]

m : 자기저항 배수, l_0 : 공극의 길이[m], l : 자로(자기회로)의 길이[m]

2) 자기저항 배수 공식 유도



$$\text{자기저항 배수 } m = \frac{R_{mg}}{R_m} = \frac{R_m + R_g}{R_m} = 1 + \frac{R_g}{R_m}$$

$$= 1 + \frac{\frac{l_0}{\mu_0 A}}{\frac{l}{\mu_0 \mu_s A}} = 1 + \frac{l_0 \mu_0 \mu_s A}{l \mu_0 A} = 1 + \frac{l_0 \mu_s}{l} \quad (\because \text{공극 } \mu_s = 1)$$

01. 반도체 정의 및 종류

1) 정의

- ① 전기가 잘 통하는 도체와 통하지 않는 부도체(절연체)의 중간정도의 전기적 성질을 나타내는 물질
- ② 반도체는 순수한 상태에서는 부도체와 비슷하지만 불순물을 첨가할 경우 도체와 비슷해진다.
- ③ 일반적으로 온도가 상승하면 저항이 작아지는 특징이 있다.

2) 종류

- ① 순수 반도체(진성 반도체) - 최외각 전자 4개인 4족 원소인 저마늄(Ge), 실리콘(Si)으로 구성



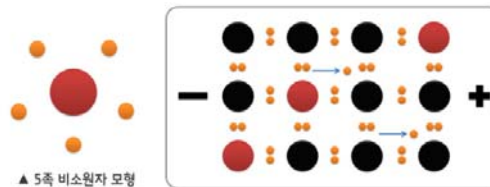
- ② 불순물 반도체 - 진성 반도체에 불순물을 추가(도핑)하여 전기전도성을 높인 반도체

(1) N형 반도체

- ① 진성 반도체에 최외각 전자가 5개인 5족 원소인 인(P), 비소(As)를 첨가하여 전자의 수를 증가시킨 반도체



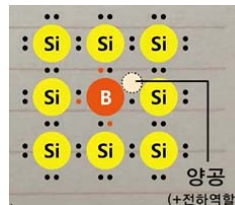
- ② 진성 반도체에 5족 원소를 불순물로 첨가하면 실리콘 원자와 공유결합 후, 전자가 남는 상태, 즉 잉여전자가 생긴다. 이 상태에서 실리콘 결정에 전압을 걸어주면 제자리를 못찾는 잉여전자는 자유전자가 되어 전류가 흐르게 된다.



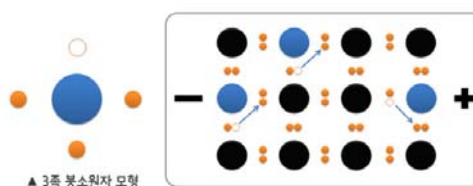
- ③ N형 반도체를 만들기 위해 사용되는 불순물을 도너라고 한다.

(2) P형 반도체

- ① 진성 반도체에 최외각 전자가 3개인 3족 원소인 붕소(B), 갈륨(Ga)를 첨가하여 정공의 수를 증가시킨 반도체



- ② 진성 반도체에 3족 원소를 불순물로 첨가하면 실리콘 원자와 공유결합 후, 전자가 비어있는 상태, 즉 정공이 생긴다. 이 상태에서 실리콘 결정에 전압을 걸어주면 정공이 이동하면서 전류가 흐르게 된다.

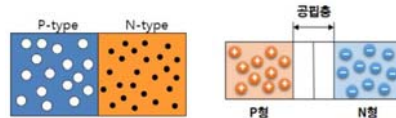


- ③ P형 반도체를 만들기 위해 사용되는 불순물을 억셉터라고 한다.

02. PN 접합 다이오드(Diode)

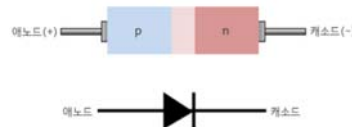
1) 정의

- ① P형 반도체와 N형 반도체를 접합하여 만든 것



양의 전하를 띠는 정공과 음의 전하를 띠는 자유전자는 서로 끌어당길 수 밖에 없지만 P형과 N형 사이에 경계면 때문에 서로 만나지는 못하고 끌어당기기만 한다. 그렇게 되면 그 경계면 부분은 부도체처럼 작동한다.

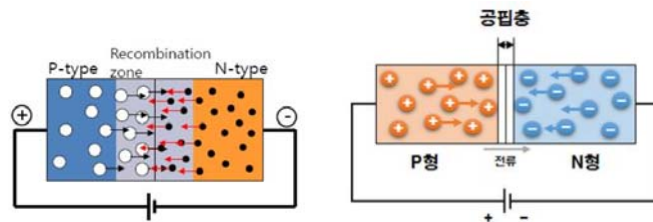
- ② 기호



- ③ 작용 - 정류작용

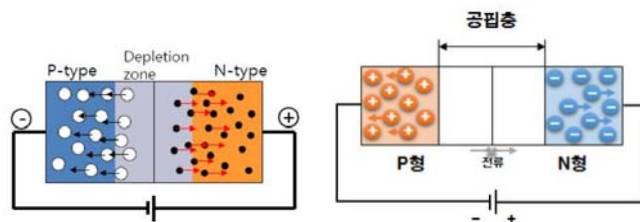
2) 작동원리

- ① 순방향 바이어스(순방향 전압 인가)



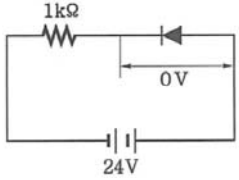
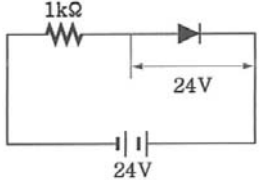
- (1) 순방향 바이어스는 **P형 반도체에 +전압을 N형 반도체에는 -전압을** 걸어주는 것이다.
- (2) P형에 있는 정공(+)은 음극으로 이동하고 N형에 있는 자유전자(-)는 양극으로 간다.
- (3) P형 반도체의 다수 캐리어인 정공에 +전압을 가해주게 되면 정공들은 척력이 발생하여 N형 반도체 쪽으로 밀리게 되고 N형 반도체의 다수 캐리어인 자유전자에 -전압을 가해주게 되면 자유전자들은 척력이 발생하여 P형 반도체 쪽으로 밀리게 된다. 이렇게 되면, 공핍층이 줄어들게 되며, 정공과 전자가 서로 중화 되더라도 순방향 바이어스에 의해 전자와 정공이 계속 공급이 되므로 **정공과 전자의 이동으로 전류가 계속 흐르게 된다.**

- ② 역방향 바이어스(역방향 전압 인가)



- (1) 역방향 바이어스는 **P형 반도체에 -전압을 N형 반도체에는 +전압을** 걸어주는 것이다.
- (2) P형 반도체의 다수 캐리어인 정공에 -전압을 가해주게 되면 정공들은 인력이 발생하여 P형 반도체 쪽으로 밀리게 되고 N형 반도체의 다수 캐리어인 자유전자에 +전압을 가해주게 되면 자유전자들은 인력이 발생하여 N형 반도체 쪽으로 밀리게 된다. 이렇게 되면, 공핍층이 넓어지게 되며, 공핍층 증가로 인해 P형 반도체와 N형 반도체의 거리는 점점 더 멀어지게 되어 **전류가 흐르지 않는 상태가 된다.**

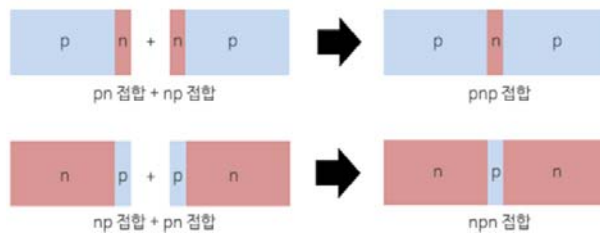
3) 전지의 접속과 다이오드 전압

전지	순방향 (같은 방향)		“순방향” 일 때 전류는 “+”에서 “-”로 흐른다. 전류가 흐른다는 의미는 저항이 없다는 의미로 다이오드 양단전압은 “0”이 된다.
	역방향 (다른 방향)		“역방향” 일 때 전류는 흐르지 않는다. 전류가 흐르지 않는다는 의미는 저항성분이 되 어서 다이오드 양단에 전압이 모두 걸린다.

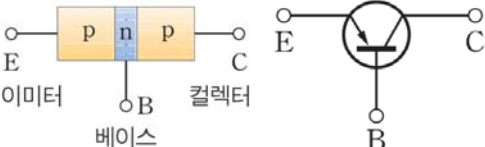
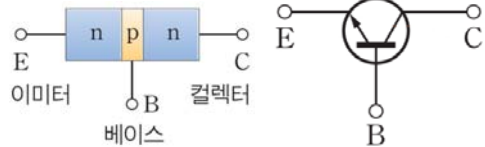
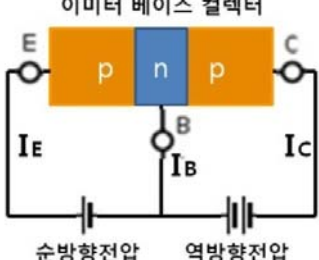
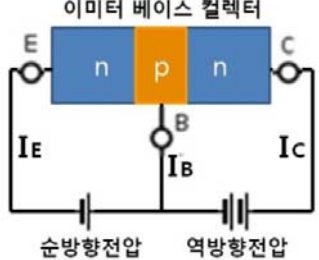
03. 트랜지스터(Transistor)

1) 정의

① 트랜지스터는 P형과 N형 반도체 3개를 교대로 접합하여 만든 것(다이오드 2개를 접속한 것)

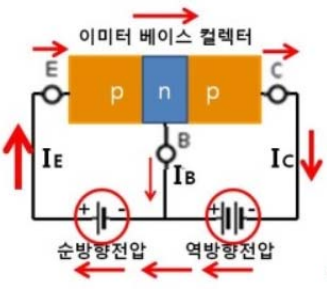
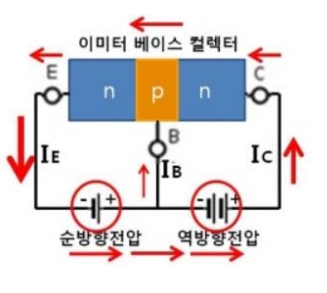
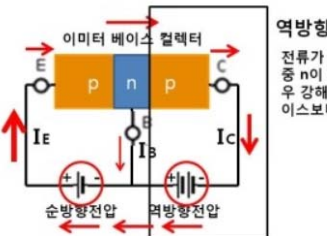
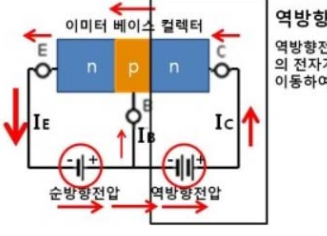


② 기호

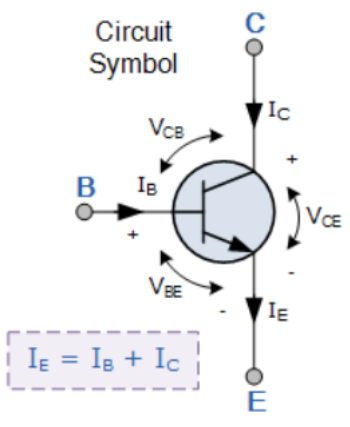
pnp 트랜지스터	npn 트랜지스터
 <p>이미터 베이스 컬렉터</p>	 <p>이미터 베이스 컬렉터</p>
 <p>순방향전압 역방향전압</p>	 <p>순방향전압 역방향전압</p>

③ 작용 - 증폭작용, 스위칭작용

2) 작동원리

pnp 트랜지스터	npn 트랜지스터
 <p>이미터 베이스 컬렉터</p> <p>순방향전압 역방향전압</p> <p>전류방향</p> <p> $I_B < I_C$ $I_E = I_B + I_C$ $I_B = I_E - I_C$ </p>	<p>전자의 방향은 그 반대</p>  <p>이미터 베이스 컬렉터</p> <p>순방향전압 역방향전압</p> <p> $I_B < I_C$ $I_E = I_B + I_C$ $I_B = I_E - I_C$ </p>
 <p>이미터 베이스 컬렉터</p> <p>순방향전압 역방향전압</p> <p>역방향전압</p> <p>전류가 p(+)에서 n(-)으로 이동하던 중 n이 매우 얇고, 역방향전압이 매우 강해서 그쪽으로 끌려 당겨져 베이스보다 컬렉터로 많이 이동함.</p>	 <p>이미터 베이스 컬렉터</p> <p>순방향전압 역방향전압</p> <p>역방향전압</p> <p>역방향전압이 매우 강해 n의 약 99%의 전자가 컬렉터쪽으로 끌여당겨져 이동하여 역방향 전류가 흐를 수 있음.</p>

3) 전류증폭지수 유도

기호	공식유도
 <p>Circuit Symbol</p> <p> $I_E = I_B + I_C$ </p>	<ul style="list-style-type: none"> · KCL법칙 적용 $I_E = I_C + I_B$ · 이미터접지 전류증폭지수 $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_C}{I_E - I_C}$ · 베이스접지 전류증폭지수 $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_C}{I_B + I_C} = \frac{\beta}{1 + \beta}$ $\frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{\frac{I_C}{I_B}}{1 + \frac{I_C}{I_B}} = \frac{\frac{I_C}{I_B}}{\frac{I_B + I_C}{I_B}} = \frac{I_C}{I_B + I_C}$

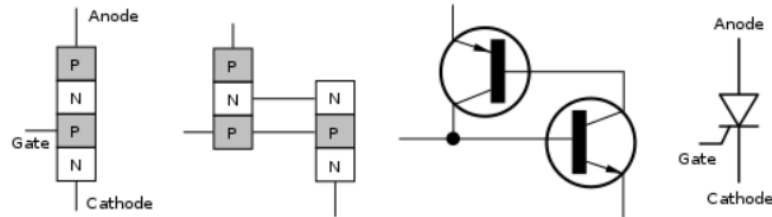
이상적인 베이스접지 전류증폭율 α 는 “ 1 ”이다.

04. 사이리스터(Thyristor)

1) 정의

- ① 사이리스터는 제어단자(G)로부터 음극(K)에 전류를 흘리는 것으로, 양극(A)과 음극(K) 사이를 도통(導通)시킬 수 있는 3단자의 반도체 소자이다. 실리콘제어정류기(Silicon Controlled Rectifier, **SCR**)라고도 불린다. **PNPN의 4층 구조**를 하고 있으며 P형 반도체로부터 게이트 단자를 꺼내고 있는 것을 P게이트, N형 반도체로부터 게이트 단자를 꺼내고 있는 것을 N게이트라고 부른다. PNP 트랜지스터와 NPN 트랜지스터를 조합한 복합 회로와 등가이다.

② 기호



N게이트(에노드 측에서 제어)	P게이트(캐소드 측에서 제어)
<p>PUT(Programmable Unijunction Transistor) 기호 동일</p>	<p>RCT(Reverse Conducting Thyristor 역도통 사이리스터)기호 동일</p>

2) 종류

명칭	심벌	용도
SCR		3단자 단방향 사이리스터 DC 전력 제어용
TRIAC		3단자 쌍방향 사이리스터 AC 전력 제어용
DIAC		2단자 쌍방향 사이리스터 쌍방향 트리거 다이오드 트리거 소자
GTO		3단자 단방향 사이리스터 Gate turn off thyristor