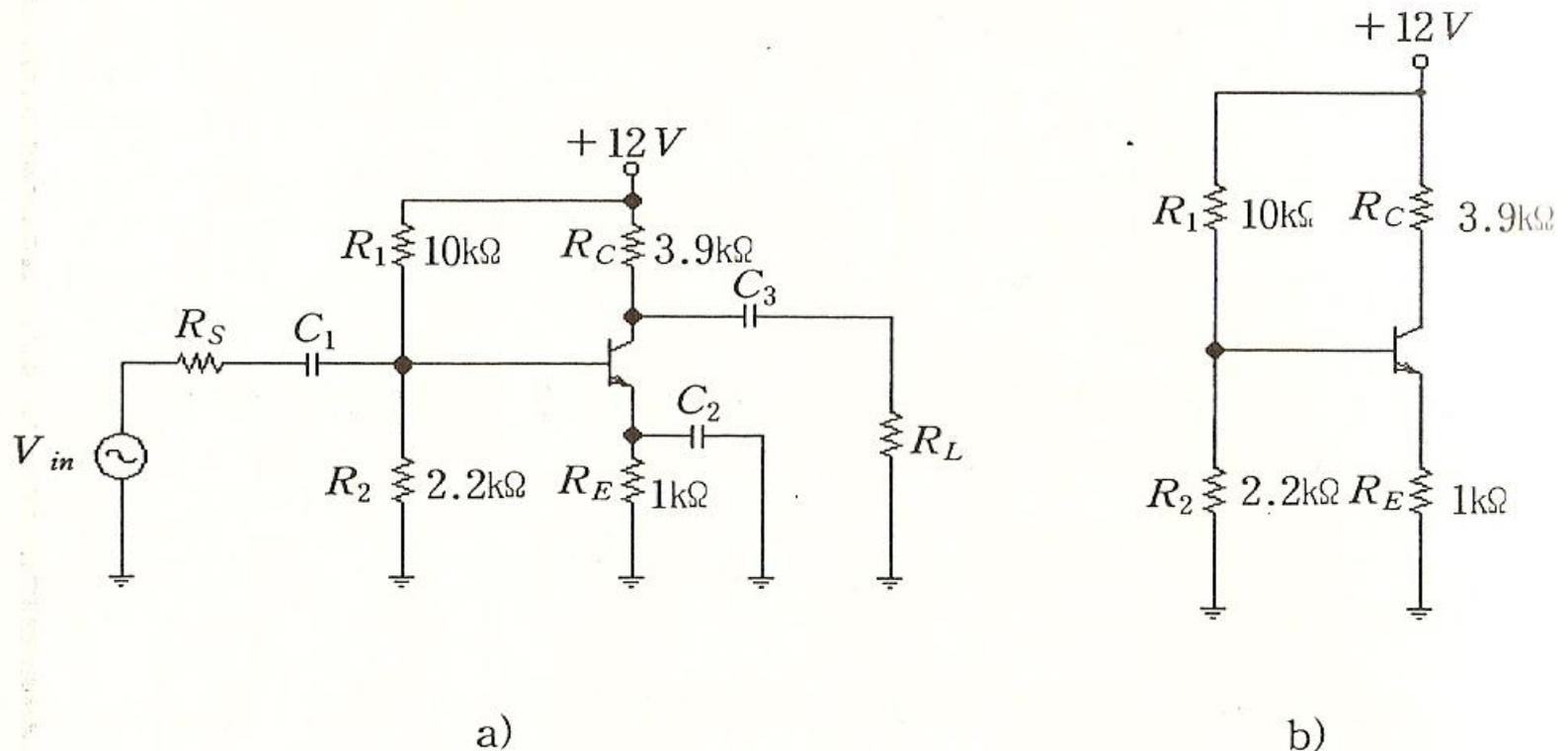


6.4 Common-Emitter Amplifier

- 공통 이미터 증폭기는 높은 전압이득과 보통의 전류이득을 갖는다.
- 공통 이미터 증폭기의 동작을 해석하고, CE 증폭기의 목적과 영향을 논하고 스윙핑을 설명하고자 한다.

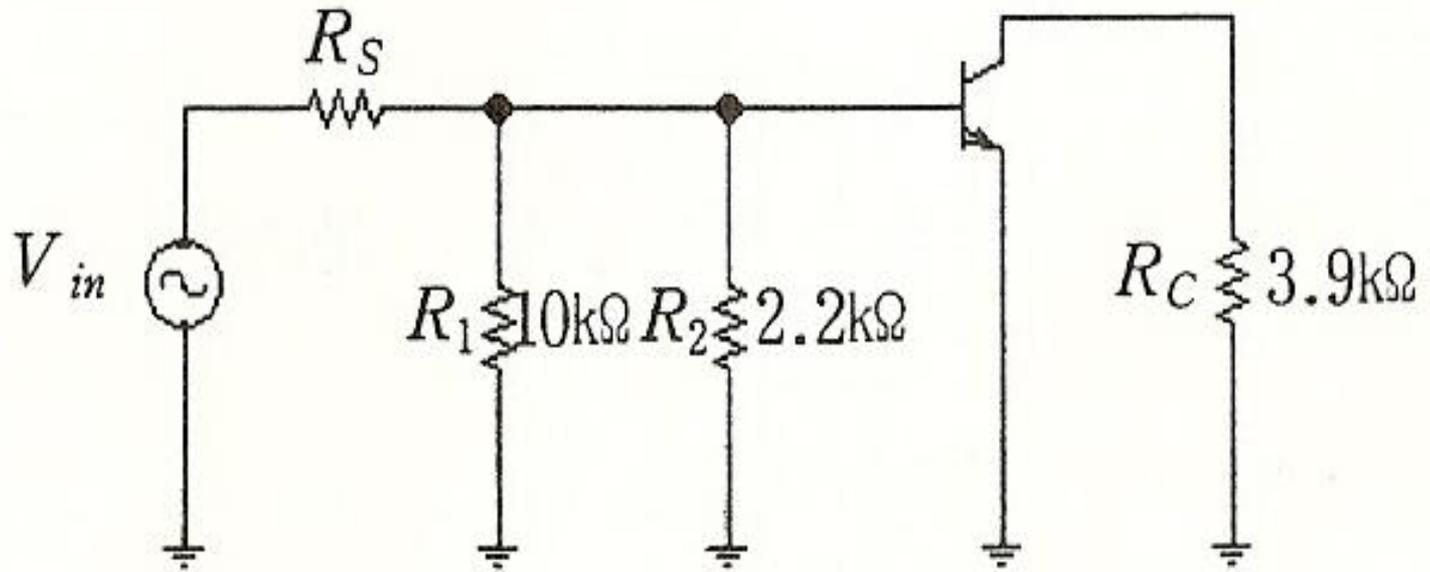
Common-Emitter Amplifier

- 결합 커패시터를 가진 전압분배 바이어스된 공통 이미터 증폭기



- 이 회로의 동작은 직류전원에 의해 직류전압, 직류전류가 형성되며 여기에 교류 신호가 가해지면 이 직류전압, 전류가 변동을 일으킨다.
- 이러한 직류와 교류가 동시에 가해지는 회로를 해석하는 가장 간단한 방법은 중첩의 원리를 적용하는 것이다.

- 중첩의 원리를 이용하여 DC해석을 통한 직류 등가회로



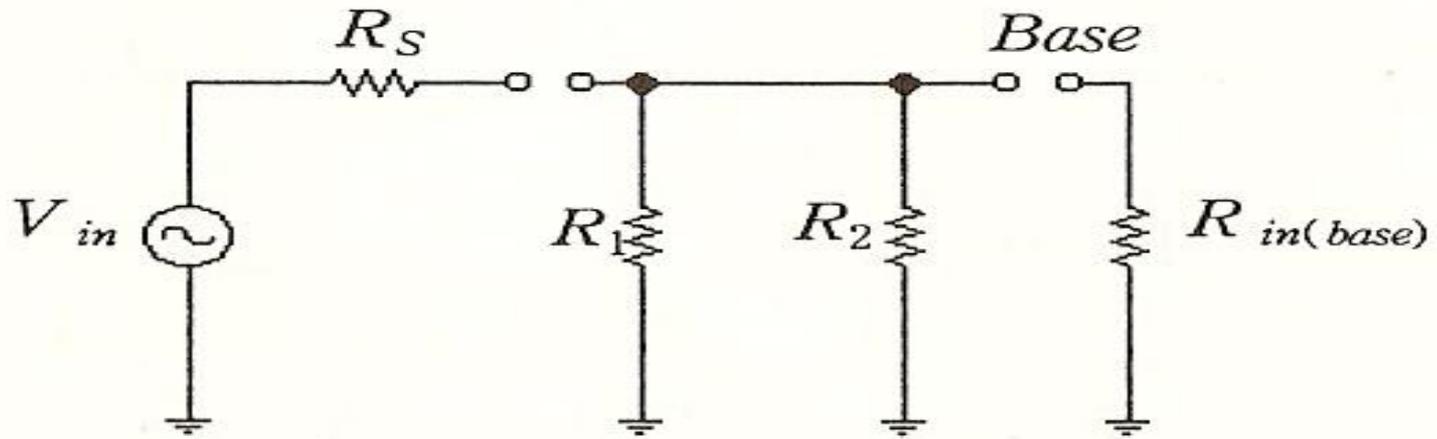
c)

1. 회로 해석 (Circuit Analysis)

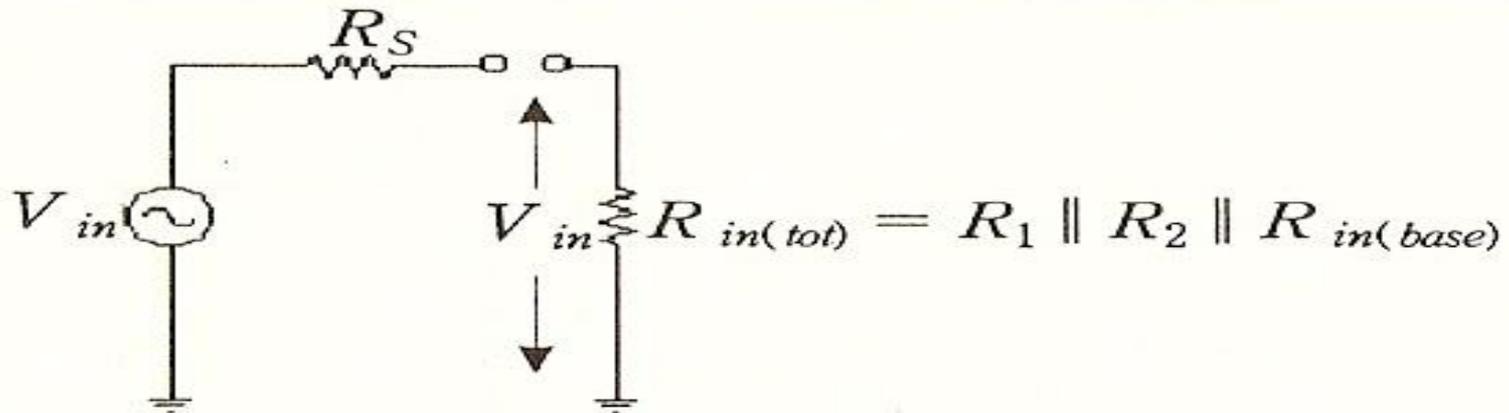
- 증폭기 ac신호 동작 해석하기 위하여 커패시터는 신호주파수에서 $x_c \approx 0\Omega$ 으로 가정하여 단락으로 본다.
- 그림 6-18과 같이 교류전압원이 입력에 연결되어 있을때 교류전원 내부저항이 0이라고 한다면 모든 입력신호 전압이 베이스에 나타난다.
- 하지만 내부저항을 가지면 베이스에 실제 신호전압을 구하려면 신호원저항, 바이어스저항, 베이스 입력저항을 고려해야 한다.

- 신호전압 V_s 는 R_s 와 R_{in} 에 의해 분압되어 트랜지스터의 베이스에서의 신호전압이 된다.
- 신호전압 $V_b = \left(\frac{R_{in}}{R_s + R_{in}} \right) V_s$
- 만일 $R_s \ll R_{in(tot)}$ 이라면 $V_b \cong V_s$ 된다.
- 그림 6-18 (b)에서 V_b 는 증폭기의 입력 전압 V_{in} 이다.

- 그림 6-18 베이스에서 교류등가회로



a)



b)

2. 입력 저항 (Input Resistance)

- 교류 신호가 없을 때에는 트랜지스터는 직류 부하선의 거의 중앙에 위치한 동작점(Q)에서 동작한다.
- 교류신호가 트랜지스터를 구동시킬 때에는 이미터 전류와 전압이 변화한다.
- 입력 저항을 구하기 위해 트랜지스터의 r 파라미터를 사용한다.

- 베이스에 걸리는 전압 V_b 는

$$V_b = I_e r'_e$$

$$I_c \cong I_e \text{ 일 때}$$

$$I_b \cong \frac{I_e}{\beta_{ac}}$$

- 베이스에서 V_b , I_b 를 이용하여

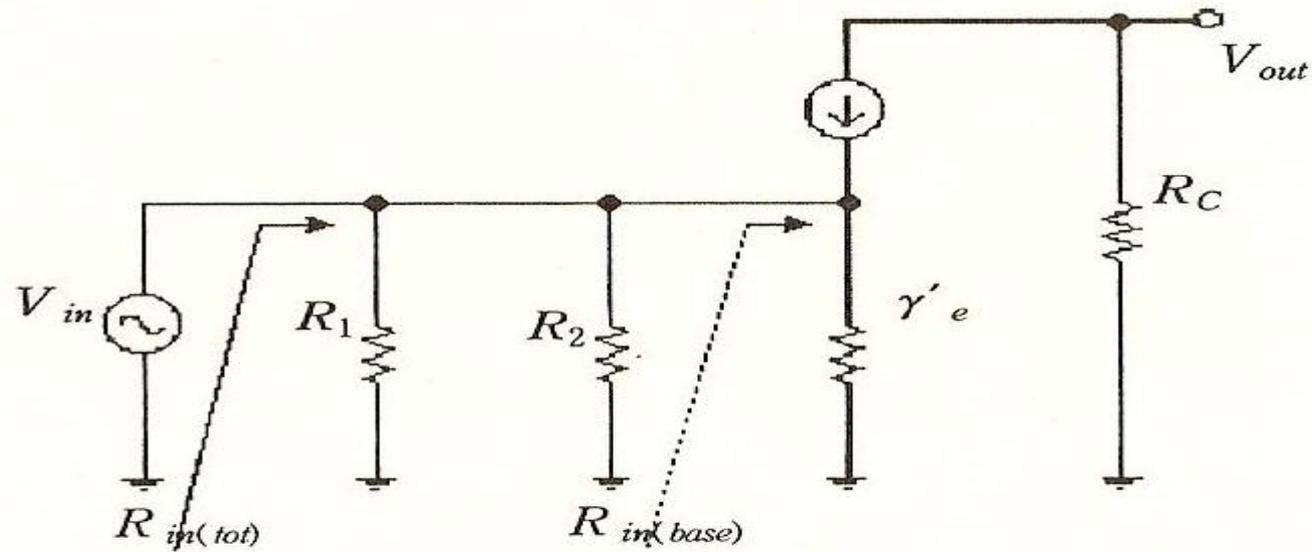
$$R_{in(base)} = \frac{V_b}{I_b} = \frac{I_e r'_e}{I_e / \beta_{ac}} = \beta_{ac} r'_e$$

- 신호원에서 들어오는 전 입력저항은 R_1 , R_2 , $R_{in(base)}$ 의 병렬값
이므로

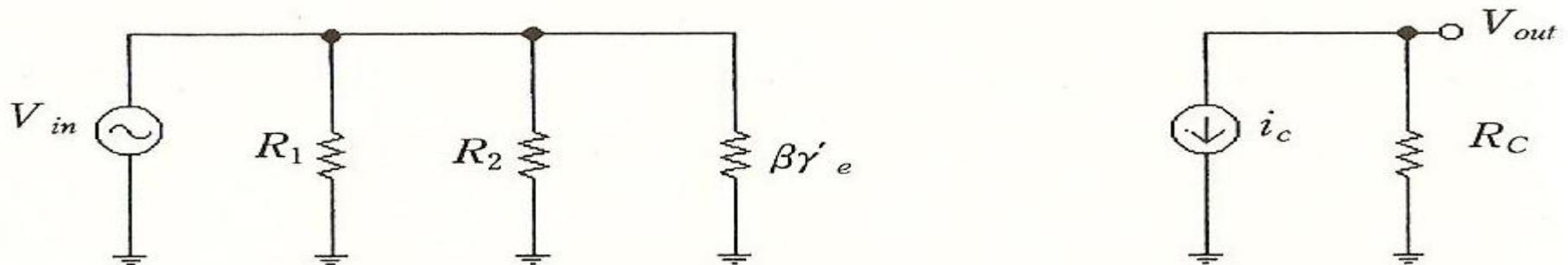
$$R_{in(tot)} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{in(base)}$$

이 값은 바이어스 저항값과 트랜지스터의 베이스를 들여다본 임피던스의 합으로 표현된 총 입력 임피던스이다.

입력과 출력 저항



a)



3. 출력 저항(Output Resistance)

- 그림 6-19 (b)처럼 컬렉터에서 공통이미터 증폭기의 출력저항은

$$R_{out} = R_c \parallel r_c$$

이지만 트랜지스터의 내부저항 r_c 가 R_c 보다 매우 커서 무시하면 거의 컬렉터 저항과 같다.

$$R_{out} \cong R_c$$

4. 전류이득(Current Gain)

- 베이스와 컬렉터 사이의 전류이득은 I_c / I_b 또는 β_{ac} 이다.
그러나 증폭기의 전체 전류이득은

$$A_i = \frac{I_c}{I_s}$$

여기서 I_s 는 신호원으로부터 흐르는 전체 신호 전류로서 베이스 전류와 바이어스로 흐르는 신호전류의 합이다.

신호원으로부터 흐르는 전체 신호전류는

$$I_s = \frac{V_s}{R_{in(tot)} + R_s}$$

5. 전압이득(Voltage Gain)

- 교류에서 전압이득은 베이스에서의 AC입력전압과 AC출력전압의 비이다.
- 이미터 바이패스 커패시터로 인하여 이미터 저항을 단락시켜 이미터가 접지 되었다면 전압이득은 $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{V_c}{V_b}$

- 옴의 법칙에 의해 이미터 전류는 따라서 $V_b = I_e r'_e$ 가 되고 $i_e = \frac{V_{in}}{r'_e}$

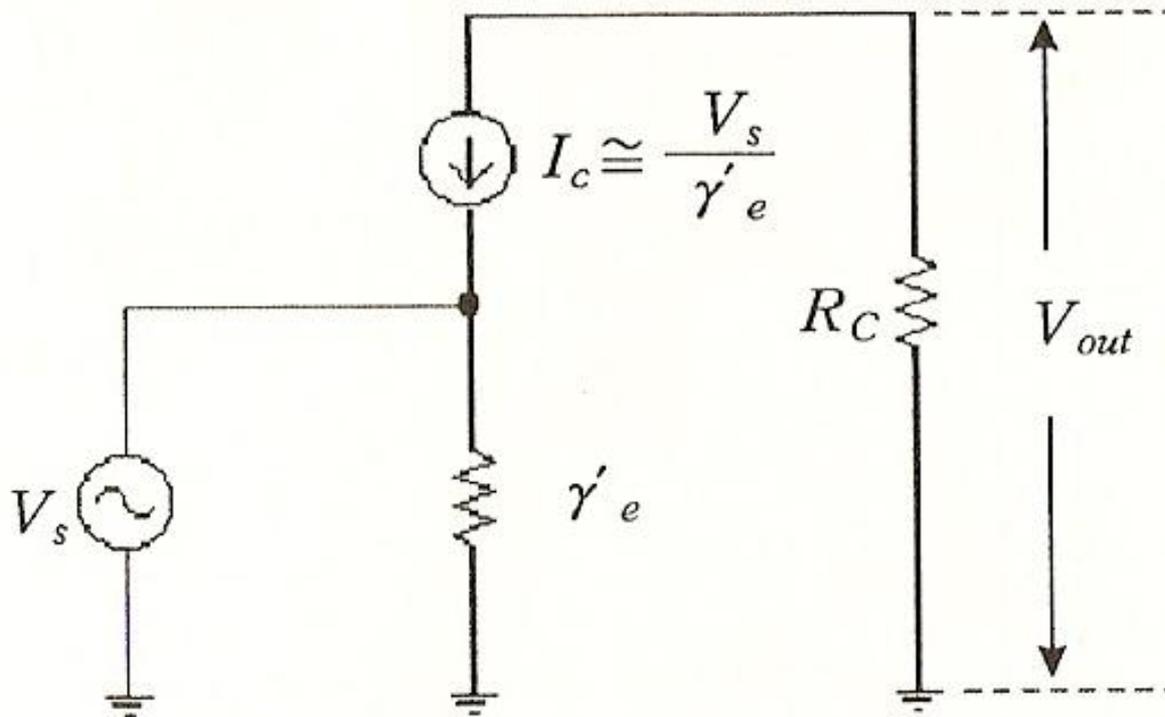
컬렉터 전류는 이미터 전류의 크기와 거의 같기 때문에 ($i_c \cong i_e$)

$$V_c \cong -I_e R_C \quad \text{로 나타낸다.}$$

여기서 (-)부호는 위상의 반전을 의미 전압이득을 정리하면

$$A_v = - \frac{I_e R_C}{I_e r'_e} = - \frac{R_C}{r'_e}$$

- 그림 6-21 바이패스된 등가회로



- 바이패스 커패시터를 가진 증폭기의 전압이득은 최대로 R_C/r'_e 가 된다.
- 바이패스 커패시터의 값으로 가장 좋은 방법은 바이패스 커패시터의 X_C 가 최소 동작 주파수에서 R_E 보다 10배이하로 작게 해야 한다.

- $r'_e = \Delta V_{BE} / \Delta I_C$ 곡선의 비선형성 때문에 소신호 동작과 대신호 동작 때의 값이 서로 다르다.
- 대신호 동작에서 교류 이미터 저항 r'_e 는 그림 6-22에 나타난 것처럼 식을 이용하여 전달 컨덕턴스 곡선으로부터 그래프적으로 결정할 수 있다

$$r'_e = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_C}$$

- 공동 이미터 대신호 증폭기가 완전히 바이패스된 R_L 을 가지고 있을때 무부하 전압이득은 다음과 같다.

$$A_v = - \frac{R_C}{r'_e}$$

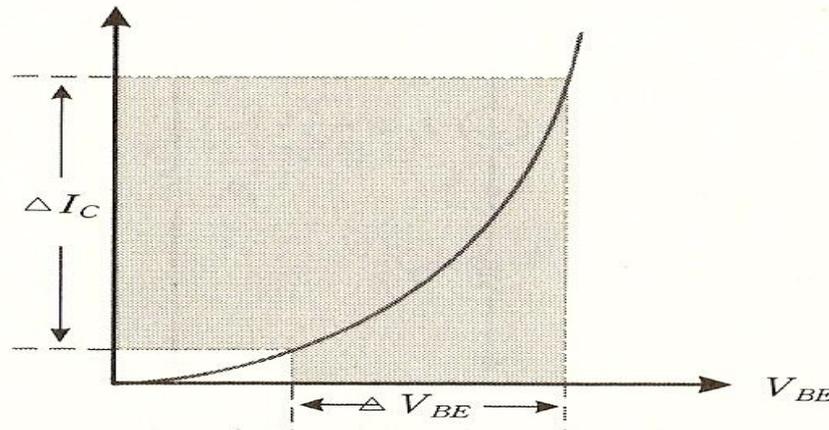
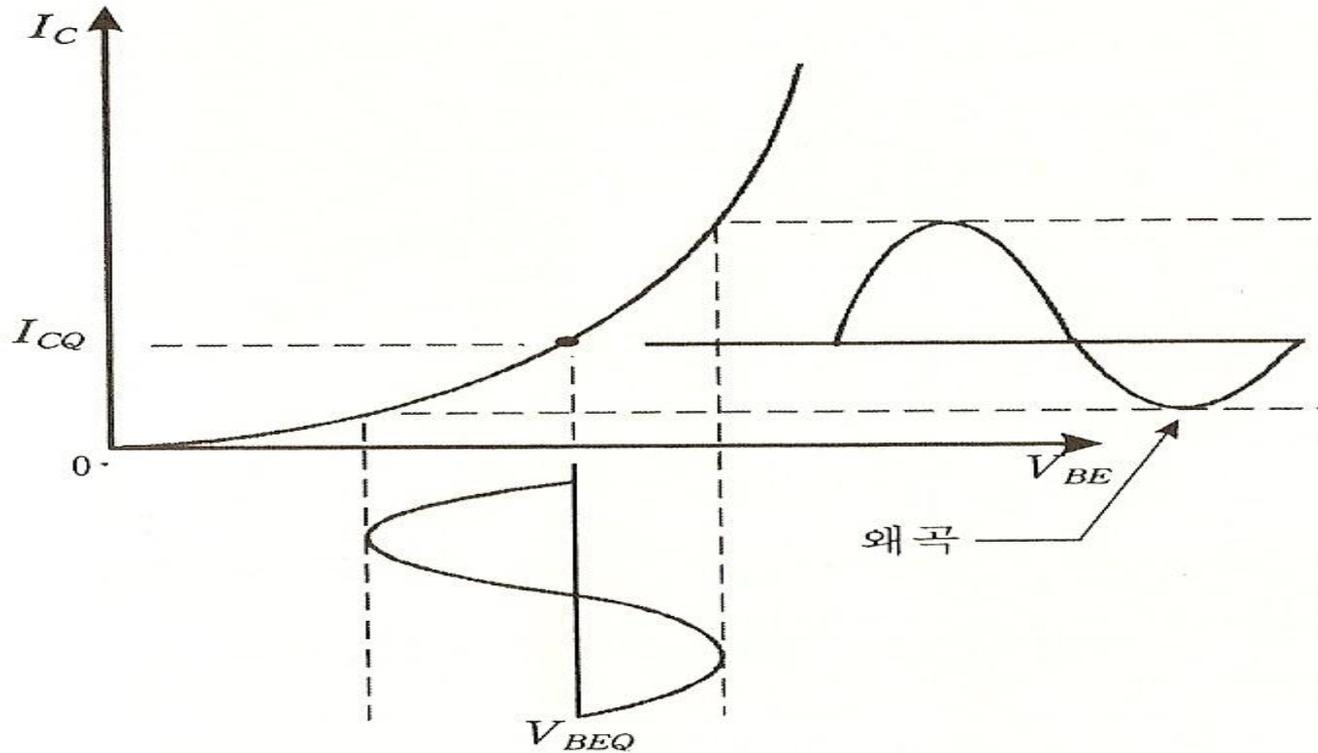


그림 6-22 · 전달 컨덕턴스로부터 r'_e 의 결정

- 그러나 R_L 가 바이패스 되지 않았을 때 컬렉터 측에서 본 교류저항은 $R_c = R_C \parallel R_L$ 이므로 부하 전압이득은 $A_v = -\frac{R_c}{r'_e}$ 를 이용하여 직접 구할 수 있다.

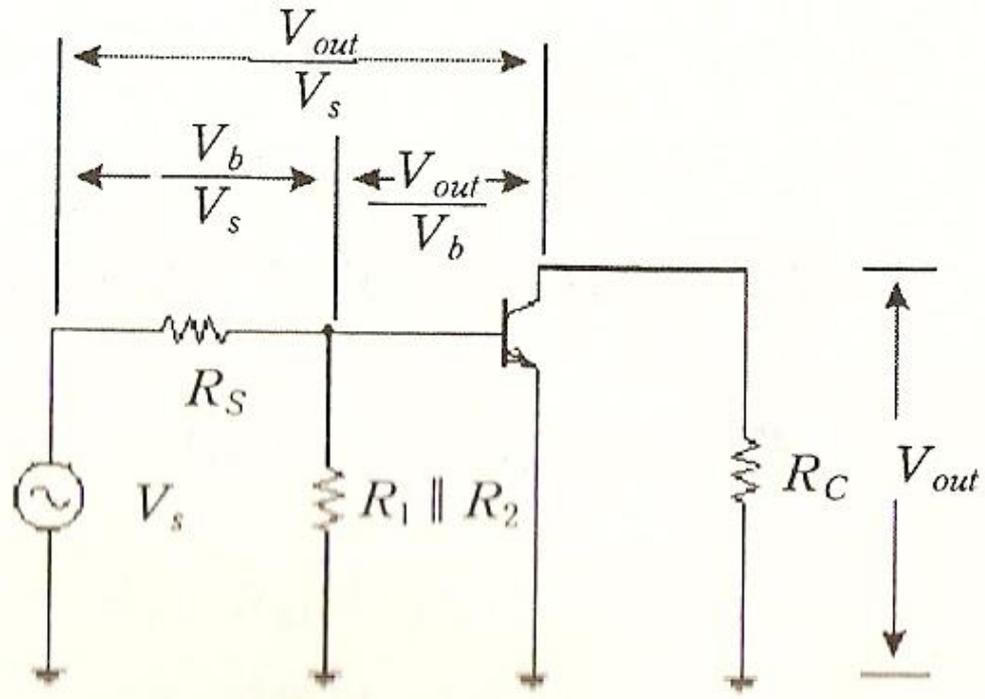
그림 6-23

왜곡이 있는 증폭기의 특성곡선



- 컬렉터 전류의 진폭 변동이 전달 컨덕턴스의 곡선부분을 초과할 때 부의 반주기상에서 왜곡이 생길 수 있는데 이는 곡선의 하단 부에서의 비선형성 때문이다.
- 이러한 왜곡은 I_{CQ} 와 V_{BEQ} 가 큰 값을 갖는 경우 곡선에서 조금 더 직선적으로 컬렉터 전류를 유지함으로써 충분히 감소될 수 있다.
- 바이패스 커패시터가 없으면 이미터는 접지가 아니므로 전압이득 공식은
$$A_v = \frac{R_C}{r'_e + R_E}$$
- 신호 입력에서 컬렉터까지 증폭기 이득을 얻기 위해서는 입력회로의 감쇠를 포함해야 하는데 감쇠란 신호전압의 감소를 나타내고 1보다 작은 이득으로 정의

6-25 베이스에서의 전압 이득 관계



- R_s 와 $R_{in(tot)}$ 이 전압분배기로 작용하는 베이스에서의 감쇠는

$$\text{Attenuation} = \frac{V_b}{V_s} = \frac{R_{in(tot)}}{R_s + R_{in(tot)}}$$

- 전체이득 A'_v 는 베이스와 컬렉터의 이득 A_v 의 감쇠를 만든다

$$A'_v = \left(\frac{V_b}{V_s} \right) A_v$$

- 공통 이미터 증폭기의 컬렉터에서 전압이득은 베이스에 입력전압과 180° 위상차가 생긴다. 위상반전은 전압이득 앞에 마이너스를 붙여 표시한다.

6. 스웬프된 증폭기 (Swamping Amplifier)

- 이상적인 경우 γ'_e 의 값은 $25\text{mV}/I_E$ 이다.
- 실제적인 γ'_e 는 온도와 접합의 형태에 의존하는 값이다.
- γ'_e 의 조그만한 변화에도 이미터가 접지된 증폭기의 전압이득은 변화하게 된다.
- R_E 와 완전히 바이패스시킨 공통이미터 증폭기의 베이스에서 본 AC입력저항은 $R_{in} = \beta_{ac} \gamma'_e$
- 이미터 저항이 부분적으로 바이패스 되었을 때는 바이패스 되지 않은 저항이 ac신호에 의해 나타나고 γ'_e 와 직렬로 입력저항으로 작용한다.

$$R_{in(base)} = \beta_{ac}(\gamma'_e + R_{E1})$$

그림 6-26 스윙핑 증폭기

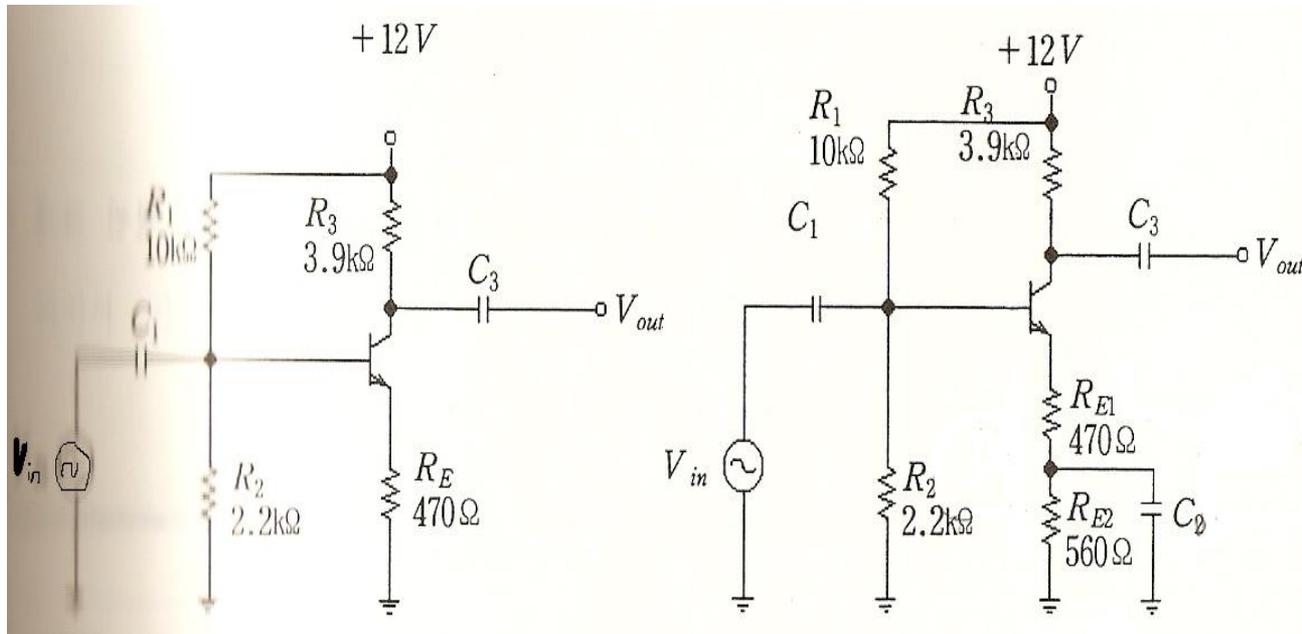
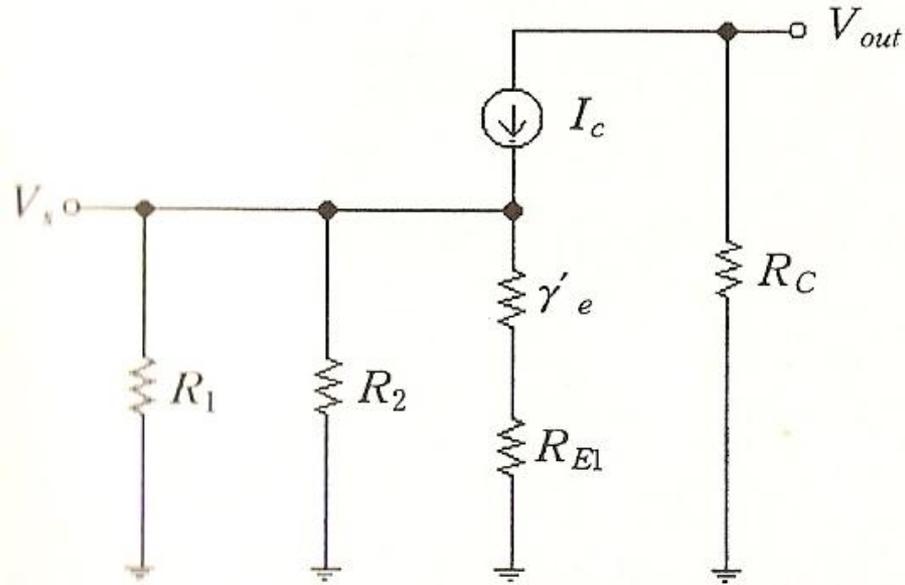


그림 6-27 스윙핑 증폭기의 등가회로



- 여기서 R_{E1} 은 r'_e 과 직렬이기 때문에 전체저항은 $r'_e + R_{E1}$ 가 된다.

- 이미터 다이오드를 스윙프시킨다는 것은 R_{E1} 값을 r'_e 값보다 훨씬 크게 만든다는 것을 의미
- 그림 6-27에서 교류 출력전압 $V_{out} = -i_c R_C$
 $r'_e + R_{E1}$ 에 걸리는 교류전압은 $V_{in} = i_e (r'_e + R_{E1})$

그러므로
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-i_c R_C}{i_e (r'_e + R_{E1})}$$

$(i_c \cong i_e)$ 이므로 위 식을 정리하면
$$A \cong - \frac{R_C}{r'_e + R_{E1}}$$

위 식은 두가지를 의미한다.

첫째는 저항의 스윙핑이 전압이득을 감소시키고

둘째는 r'_e 의 변화는 전압이득이 큰 영향을 끼치지 않는다는 것이다.