

IT CookBook, 전자회로 : 핵심 개념부터 응용까지

**[연습문제 답안 이용 안내]**

- 본 연습문제 답안의 저작권은 한빛아카데미(주)에 있습니다.
- 이 자료를 무단으로 전제하거나 배포할 경우 저작권법 136조에 의거하여 최고 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처할 수 있고 이를 병과(併科)할 수도 있습니다.

## Chapter 01 연습문제 답안

1.1  $R_1 + R_2 = 18\Omega$

1.2 직렬로 접속된 경우 :  $C = 2.727\mu F$

병렬로 접속된 경우 :  $C = 30\mu F$

1.3 (a)  $L = 17mH$

(b)  $L = 6.33mH$

1.4  $i = 2 - j[A]$

1.5  $V_{20\Omega} = 3.33V = V_{Th}$

$R_{Th} = 36.67\Omega$

1.6  $i_L = 0.107A$

1.7  $I_L = 0.15A$

1.8  $I_L = 0.0878A$

1.9  $|H(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}}$ ,  $\angle \phi = -\tan^{-1}(\omega/\omega_0)$ ,  $0 \leq \omega \leq \omega_0 (= \frac{1}{RC})$

차단주파수 이하에서( $\omega/\omega_0 \leq 1$ ), 주파수 응답의 크기응답과 위상응답 값의 예

$\omega/\omega_0$	$ H(\omega) $	$\angle \phi$
0	1(0dB)	0
0.5	0.894	-26.6°
1	0.707(-3dB)	-45°

1.10 318.31

## Chapter 02 연습문제 답안

2.1 전자농도 :  $n_n \cong N_D$

정공농도 :  $p_n = 2.81 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$

$N_D = 8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3} \Rightarrow N$ 형 반도체

2.2 전자농도 :  $n_p = 1.13 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$

정공농도 :  $n_n \cong N_A$

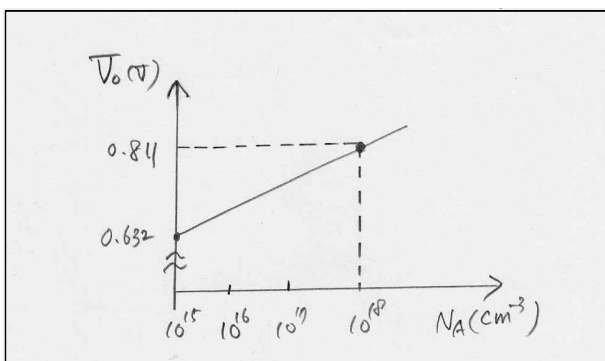
$N_A = 2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \Rightarrow P$ 형 반도체

2.3  $(5.23 \times 10^{15})^2 T^3 \exp\left(\frac{-1.1}{86 \times 10^{-6} \times T}\right)$

2.4  $J_A = 7.5 \text{ mA}$

2.5  $J_p = 6.4 \exp\left(\frac{-x}{L_p}\right)$

2.6



2.7  $\left| \frac{I_F}{I_R} \right| = 46.8$

2.8  $0.455 V$

2.9  $70.41 mV$

2.10  $0.563 \leq V_D \leq 0.682 V$

2.11 다이오드 전류 :  $I_D = 15.34 \mu A$   
다이오드 전압 :  $V_D = 0.49 V$

2.12  $R_1 = 271.3 \Omega$   
 $R_2 = 54.47 \Omega$

2.13  $V_D = 0.7 V$   
 $V_X = 2.8 V$   
소비 전력 :  $P = 0.35 mW$

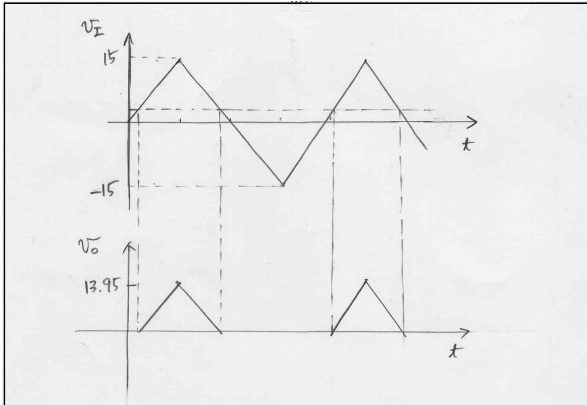
2.14  $R_1 = 4.14 k\Omega$

2.15  $v_o = \left( \frac{V_T}{V_T + I_{DQ} R_S} \right) v_s$

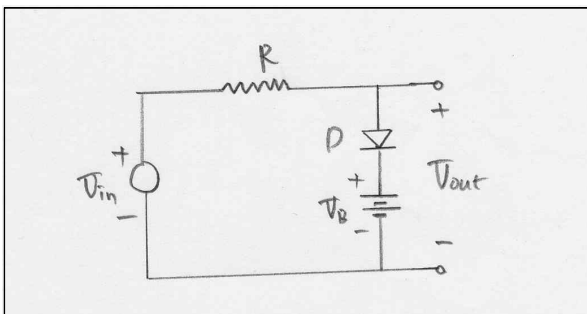
2.16  $I_L = 1.2 mA$   
 $V_O = V_Z = 6 V$   
소비 전력 :  $P_Z = 16.8 mW$

2.17  $V_O = V_Z = 6.419 V$

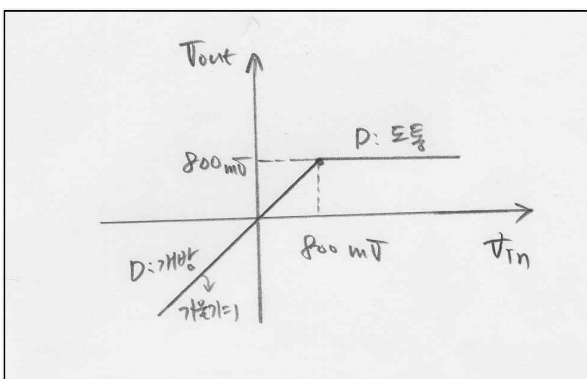
2.18



2.19 회로설계

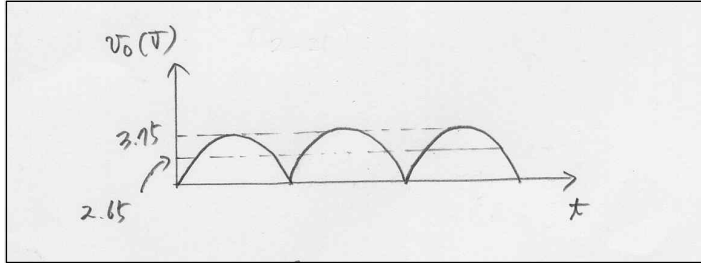


입출력 전달특성곡선



2.20  $C = 3.58 \text{ mF}$

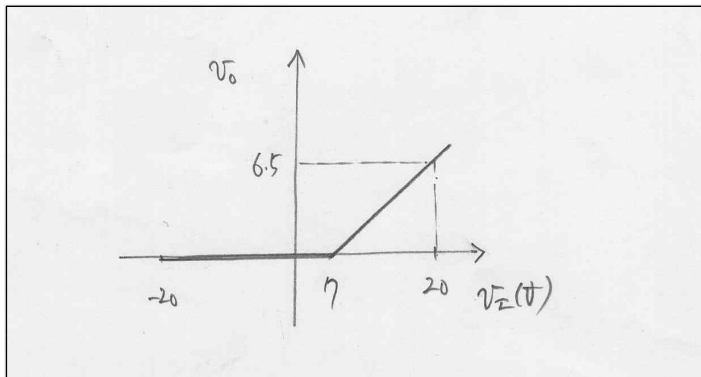
2.21  $v_o(rms) = 2.65 V$



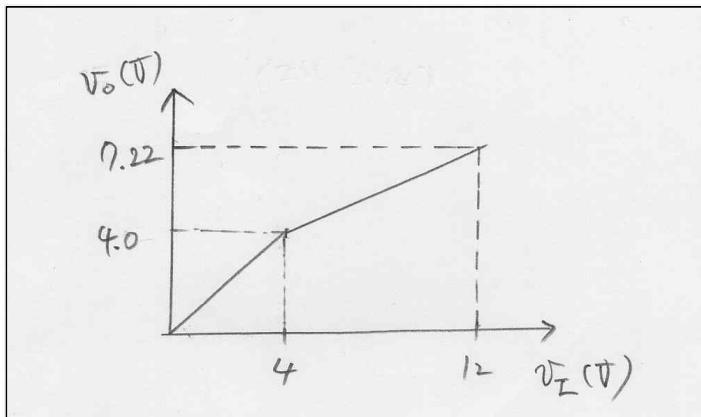
2.22  $I_L = 0.3 mA$

제너 다이오드의 소비 전력 :  $P_T = 0.3 mW$

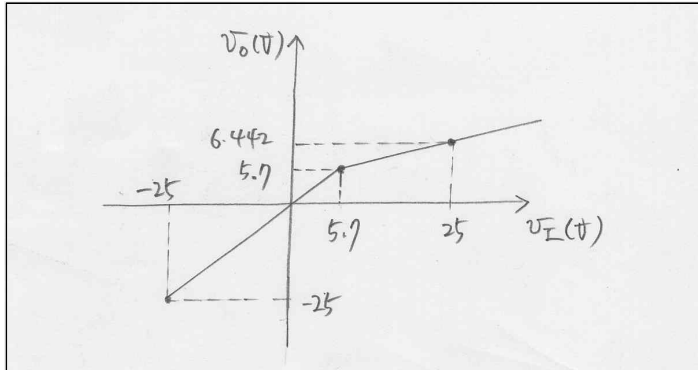
2.23



2.24



2.25



2.26 (a)  $V_o = 8.37 V$   
 $I_{D1} = 0.93 mA$ ,  $I_{D2} = 0$

(b)  $V_o = 3.87 V$   
 $I_{D1} = 0.43 mA$ ,  $I_{D2} = 0$

(c)  $V_o = 8.37 V$   
 $I_{D1} = 0.93 mA$ ,  $I_{D2} = 0$

(d)  $V_o = 8.811 V$   
 $I_{D1} = I_{D2} = 0.49 mA$

2.27 (a)  $V_o = 10 V$   
 $I_{D1} = I_{D2} = 0$

(b)  $V_o = 5.923 V$   
 $I_{D1} = I_{D2} = 0.226 mA$

(c)  $V_o = 6.13 V$   
 $I_{D1} = 0$ ,  $I = I_{D2} = 0.43 mA$

(d)  $V_o = 5.923 V$   
 $I_{D1} = I_{D2} = 0.226 mA$

2.28 (a)  $I_{D1} = 0.18 mA$   
 $V_o = 0$

(b)  $I_{D1} = 0$   
 $V_o = -1.9 V$

## Chapter 03 연습문제 답안

3.1  $\beta_{DC} = 108$

$$\alpha = 0.991$$

$$I_E = 545 \mu A$$

3.2  $0.991 \leq \alpha \leq 0.994$

3.3  $I_B = 10 \mu A$

$$I_E = 1.51 \text{ mA}$$

$$\alpha = 0.993$$

3.4  $I_B = 21.98 \mu A$

$$I_C = 1.978 \text{ mA}$$

$$\alpha = 0.989$$

$$V_C = 1.044$$

3.5  $I_E = 2.63 \text{ mA}$

3.6  $I_E = 0.328 \text{ mA}$

$$I_C = 0.325 \text{ mA}$$

$$I_B = 3.42 \mu A$$

3.7 (a)  $r_o = 90 \text{ k}\Omega$

(b)  $r_o = 900 \text{ k}\Omega$

3.8  $V_B = 1.528 \text{ V}$



---

3.9  $I_X = 337\mu A$

$$I_Y = 1012\mu A$$

3.10  $I_C = 1.806\text{ mA}$

$$I_E = 1.824\text{ mA}$$

$$V_{CE} = 1.85\text{ V}$$

3.11  $I_B = 5.65\mu A$

$$V_C = 3.14\text{ V}$$

3.12  $\beta_{DC} = 115$

$$\alpha = 0.991$$

$$I_C = 0.228\text{ mA}$$

$$I_E = 0.23\text{ mA}$$

$$V_{CE} = 7.7\text{ V}$$

3.13  $I_E = 0.9\text{ mA}$

$$I_C = 0.888\text{ mA}$$

$$\beta_{DC} = 74$$

$$\alpha = 0.98$$

$$V_{EC} = 6.56\text{ V}$$

3.14  $I_{E1} = I_{E2} = 1\text{ mA}$

$$I_{C1} = I_{C2} = 0.993\text{ mA}$$

$$V_{C1} = 3.972\text{ V}$$

$$V_{C2} = 7.944\text{ V}$$

3.15  $I_{BQ} = 0.186 \text{ mA}$

$$I_{CQ} = 15.81 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 6.838 \text{ V}$$

3.16  $R_C = 11 \text{ k}\Omega$

3.17 (a)  $V_{BB} = 0 \text{ V}$  차단모드 :  $V_O = 6.67 \text{ V}$

(b)  $V_{BB} = 1 \text{ V}$  활성모드 :  $V_O = 4.97 \text{ V}$

(c)  $V_{BB} = 5 \text{ V}$  포화모드 :  $V_O = 0.2 \text{ V}$

3.18  $I_E = 1.86 \text{ mA}$

$$I_C = 1.823 \text{ mA}$$

$$V_{BC} = 5.44 \text{ V}$$

3.19  $3.875 \text{ V} \leq V_I \leq 4.275 \text{ V}$

3.20  $I_C = 0.7362 \text{ mA}$

$$V_{CE} = 4.82 \text{ V}$$

3.21 (a) 테브넨 등가회로 :  $R_{TH} = 11 \text{ k}\Omega$

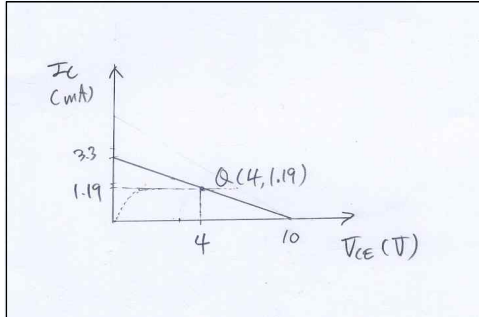
$$V_{TH} = 3.26 \text{ V}$$

(b) 동작점 전류 :  $I_{BQ} = 14 \mu\text{A}$

$$I_{CQ} = 1.19 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 4 \text{ V}$$

(c) 부하선 :



**3.22** 결과로부터 동작점에서 컬렉터 바이어스 전류( $I_{CQ}$ )는  $10\mu\text{A}$ ( $1.19\text{mA} \rightarrow 1.2\text{mA}$ ) 변화하고,  $V_{CEQ}$ 는  $24\text{mV}$ ( $4\text{V} \rightarrow 3.976\text{V}$ ) 변화함을 알 수 있다. 이것은  $\beta_{DC}$  값이 20% 증가하더라도 동작점의 변동은 거의 없음을 알려준다.

**3.23** (a) 테브넵 등가회로로 변환하는 경우 :  $R_{TH} = 3.6\text{k}\Omega$

$$V_{TH} = -2.2\text{V}$$

(b) 동작점 전류 :  $I_{BQ} = 11.35\mu\text{A}$

$$I_{CQ} = 1.362\text{mA}$$

$$I_{EQ} = 1.373\text{mA}$$

동작점 전압 :  $V_{CEQ} = 3.174\text{V}$

(c)  $R_C$  증가,  $R_E$  증가  $\Rightarrow V_{CE} = 3.185\text{V}$

$R_C$  감소,  $R_E$  감소  $\Rightarrow V_{CE} = 3.178\text{V}$

$R_C$  증가,  $R_E$  감소  $\Rightarrow V_{CE} = 2.2\text{V}$

$R_C$  감소,  $R_E$  증가  $\Rightarrow V_{CE} = 3.8\text{V}$

**3.24**  $I_C = 17.37\text{mA}$

$$I_E = 17.563\text{mA}$$

$$V_{CE} = 2.59\text{V}$$

3.25  $I_C = 2.289\text{mA}$

$V_{CE} = 4.4\text{V}$

3.26  $R_{TH} = 54.69\text{k}\Omega$

$V_{TH} = 2.2\text{V}$

$I_{B1} = 9.6\mu\text{A}$

$I_{C1} = 0.96\text{mA}$

$I_{E1} = 0.9696\text{mA}$

$V_{B2} = 2.1\text{V}$

$V_{CE1} = 1.9\text{V}$

$V_{CE2} = 8.6\text{V}$

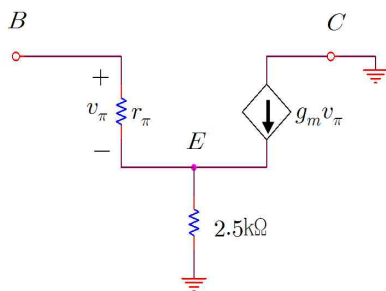
3.27  $R_{C1} = 5.859\text{k}\Omega$

$R_{E1} = 109\Omega$

$R_{C2} = 396\Omega$

$R_{E2} = 5.1\text{k}\Omega$

3.28



3.29  $R_C = 1.7\text{k}\Omega$

3.30  $R_1 = 38.4\text{k}\Omega, R_2 = 10.6\text{k}\Omega$

# Chapter 04 연습문제 답안

4.1 (a)  $I_C = 1.5 \text{ mA}$  인 경우

$$g_m = 57.7 \text{ mA/V}$$

$$r_\pi = 1.3 \text{ k}\Omega$$

$$r_o = 66.7 \text{ k}\Omega$$

(b)  $I_C = 0.15 \text{ mA}$  인 경우

$$g_m = 5.77 \text{ mA/V}$$

$$r_\pi = 13 \text{ k}\Omega$$

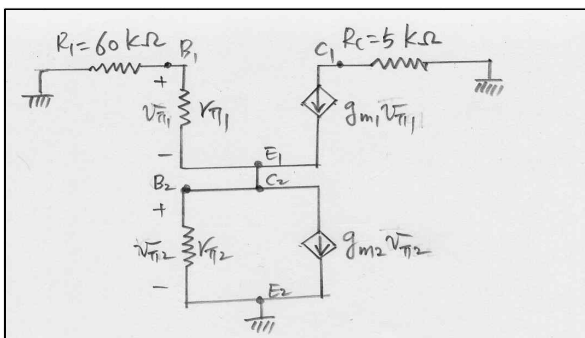
$$r_o = 667 \text{ k}\Omega$$

4.2  $I_C = 6.5 \text{ mA}$

$$r_\pi = 340 \Omega$$

$$r_o = 38.5 \text{ k}\Omega$$

4.3 소신호 등가회로



$$g_{m1} = 0.263 \Omega^{-1}$$

$$r_{\pi1} = 456 \Omega$$

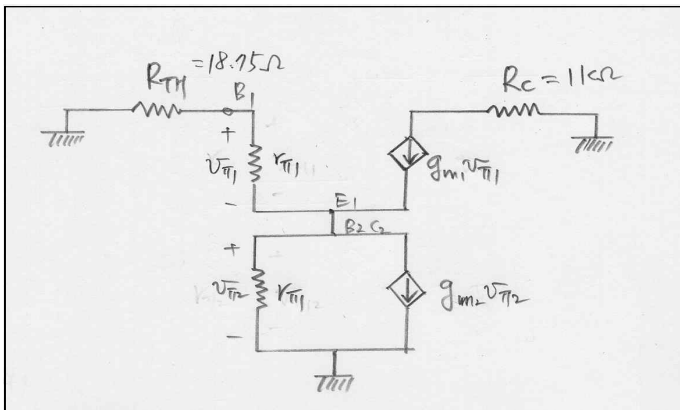
4.4 전압과 가지(branch) 전류

$$V_{CE} = 2.341 V$$

$$g_m = 0.073 \Omega^{-1}$$

$$r_\pi = 1.37 k\Omega$$

소신호 등가회로

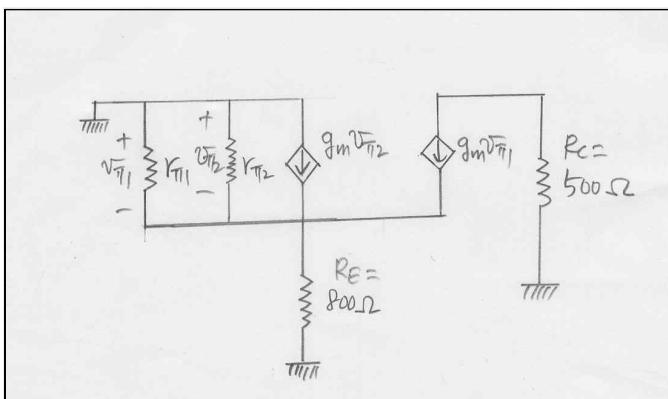


4.5  $R_1 = 48 k\Omega$

4.6  $V_{BE} = 0.75 V, I_{C2} = 1.38 mA, I_{C1} = 2.7 mA$

4.7 (a)  $V_B = 5.004 V$

(b) 소신호 등가회로



(c) 소신호 파라미터  $g_{m1}, g_{m2}, r_{\pi1}, r_{\pi2}$

$$g_{m1} = 0.154 \Omega^{-1}$$

$$g_{m2} = 0.051 \Omega^{-1}$$

$$r_{\pi1} = 649 \Omega$$

$$r_{\pi2} = 1.96 k\Omega$$

4.8 (a) 각 BJT의 동작점 전류 :  $I_{B1} = 456 \mu A$

$$I_{B2} = 904 \mu A$$

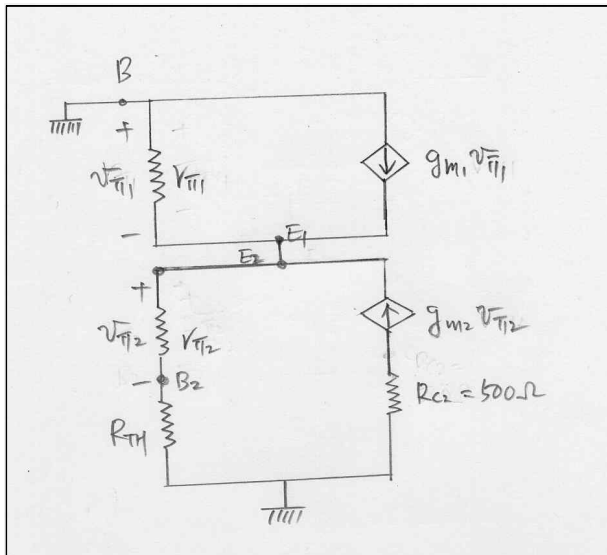
$$I_{C1} = 4.56 mA$$

$$I_{C2} = 4.52 mA$$

동작점 전압 :  $V_{CE1} = 0.8 V$

$$V_{CE2} = 3.4 V$$

(b) 소신호 등가회로



4.9  $I_C = 0.729 \text{ mA}$ ,  $V_{BE} = 0.728 \text{ V}$

$$R_C = 5.36 \text{ k}\Omega$$

$$g_m = 0.028 \Omega^{-1}$$

$$r_\pi = 3.57 \text{ k}\Omega$$

$$R_{in} = 54 \text{ k}\Omega$$

4.10  $|A_v| = 17.98$

4.11 (a)  $R_1 = 34.7 \text{ k}\Omega$

$$R_2 = 7.3 \text{ k}\Omega$$

(b)  $A_v = 8.49$

4.12 (a) 소신호 파라미터 :  $g_m = 15.38 \text{ mA/V}$

$$r_\pi = 5.85 \text{ k}\Omega$$

$$r_o = 250 \text{ k}\Omega$$

(b) 소신호 전압이득 :  $A_v = -10.6$

4.13 (a)  $R_E = 7.7 \text{ k}\Omega$

$$R_C = \frac{5 - V_C}{I_C} = \frac{4 \text{ V}}{0.5 \text{ mA}} = 8 \text{ k}\Omega$$

(b) 소신호 전압이득 :  $R_i = 31.3 \text{ k}\Omega$

(c) 신호원  $v_s$  에서 바라본 입력저항 :  $R_i = 31.3 \text{ k}\Omega$



4.14 (a)  $R_1 = 44.59 k\Omega$

$$R_2 = 23.1 k\Omega$$

(b)  $R_m = 0.1575 \Omega$

4.15  $R_C = 5.8 k\Omega$

$$R_E = 9.2 k\Omega$$

$$A_v = -25$$

4.16  $A_v = 0.93$

4.17  $R_{out} = 9.95 \Omega$

4.18 (a) 동작점 전류와 전압 :  $I_C = 30.9 \text{mA}$ ,  $I_E = 31.12 \text{mA}$

$$V_{CE} = 20 - I_E R_E = 12.22 \text{V}$$

(b) 소신호 전압이득 :  $A_v = 0.79$

(c) 입력저항과 출력저항

$$R_{ib} = 25.3 k\Omega$$

$$R_o = 8.79 \Omega$$

4.19 출력저항,  $R_o = 165.57 \Omega$

$$R_L = 1 k\Omega \Rightarrow \text{전압이득}, A_v = 0.983$$

$$R_L = 10 k\Omega \Rightarrow \text{전압이득}, A_v = 0.998$$

4.20 (a)  $1.93 \text{mA} \leq I_E \leq 3.33 \text{mA}$

$$3.86 \text{V} \leq V_E \leq 6.66 \text{V}$$

(b)  $56.68 k\Omega \leq R_i \leq 116 k\Omega$

(c)  $0.685 \leq A_v \leq 0.817$

4.21 전압이득 :  $r_{\pi} = 1.3\text{k}\Omega$  ( $\beta_{ac} = 100$ 일 때)

입력저항 :  $R_{in} = 13\Omega$

출력저항 :  $R_o = 1\text{k}\Omega$

4.22 (a)  $Q_1$ 의 동작점

$$I_{CQ} = 1.6\text{mA}, I_{BQ} = 16\mu\text{A}, V_{BE(on)} = 0.73\text{V}$$

$$V_{CEQ} = 2.11\text{V}$$

(b) 전압이득 :  $A_V = 61.54$

입력저항 :  $R_{in} = 15.93\Omega$

출력저항 :  $R_o = R_C = 1\text{k}\Omega$

4.23 (a)  $Q$ -점(동작점) :  $I_{BQ} = 5.62\mu\text{A}$

(b) 트랜스레지스턴스  $R_m = 2.62\text{k}\Omega$

(c) 소신호 전압이득 :  $A_v = 27.93$

4.24 (a) 컬렉터, 베이스, 이미터 단자에서 DC 전압

$$V_E = 1\text{V}$$

$$V_B = 1.7\text{V}$$

$$V_C = 2.74\text{V}$$

(b) 소신호 전압이득 :  $A_v = \frac{v_o}{v_s} = 3.81$

(c) 입력저항 :  $R_i = 25.31\Omega$

4.25  $V_{CEQ} = 3.47\text{V}$

소신호 전압이득,  $A_v = 77.7$

4.26  $R_C = 18.95\text{k}\Omega$

$$R_1 = 118.72\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 87.88\text{k}\Omega$$

그러므로 바이어스 조건에 부합된다.

4.27  $R_C = 1.2\text{k}\Omega$

$$R_E = 1\text{k}\Omega$$

$$R_1 = 47\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 11\text{k}\Omega$$

$$R_{TH} = 8.9\text{k}\Omega$$

$$V_{TH} = 1.9\text{V}$$

$$I_{BQ} = 12.6\mu\text{A}, I_{CQ} = 1.07\text{mA}$$

$$\text{소신호 파라미터 : } r_\pi = 2.07\text{k}\Omega, g_m = 41.15\text{mA/V}, v_\pi = 0.528 v_i$$

$$\text{전압이득 : } A_v = -26.07$$

4.28  $R_1 = 1.6\text{M}\Omega$

$$R_2 = 35.5\text{k}\Omega$$

$$R_C = 15$$

4.29  $R_1 = 381.59\text{k}\Omega$

$$\text{입력저항 : } R_{in} = 46.61\text{k}\Omega > 15\text{k}\Omega$$

그러므로 조건에 부합된다.

4.30  $R_1 = 4.9\text{k}\Omega$

## Chapter 05 연습문제 답안

- 5.1 ①  $V_{GS} = 0V : I_D = 0A$   
 ②  $V_{GS} = 1V : I_D = 0.012mA$   
 ③  $V_{GS} = 2V : I_D = 0.092mA$   
 ④  $V_{GS} = 3V : I_D = 0.172mA$

$$\text{드레인 전류} : I_D = \frac{1}{2} K_n \left[ (V_{GS} - V_{Tn}) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right]$$

$$K_n = \mu_n C_{ox} \left( \frac{W}{L} \right) = 100 \times 16 = 1600$$

- 5.2 ①  $V_{GS} = 0V : I_D = 0A$   
 ②  $V_{GS} = 1V : I_D = 0.032mA$   
 ③  $V_{GS} = 2V : I_D = 1.152mA$   
 ④  $V_{GS} = 3V : I_D = 3.872mA$

$$\text{드레인 전류} : I_D = \frac{1}{2} K_n (V_{GS} - V_{Tn})^2$$

$$K_n = 1600$$

5.3 4.44

5.4  $W = 10.417\mu m$

5.5  $W = 25.754\mu m$

5.6  $V_{DS} = 4.7V$

5.7  $I_D$ 가 증가  $\rightarrow V_{GS}$  값 증가  $\rightarrow V_D$  값 감소  $\rightarrow V_{DS}$  값 감소

5.8  $I_D = 0.552mA$

5.9 [그림 5-40]의 회로에서  $R_2$  값의 증가하면  $V_{TH}$  값이 증가하므로,  $V_G$ 의 값은 증가한다. 또한  $R_D$  값의 변화와  $I_D$  값의 변화는 무관하기 때문에,  $R_D$  값의 증가하더라도 드레인 전류  $I_D$ 의 변화는 없다.

5.10  $I_D = 0.5929\text{mA}$

5.11 [그림 5-41]의 회로에서 전압  $V_{GS}$ 의 증가하면  $\rightarrow V_{GS} = V_{TH}$ 이므로  $I_D$ 도 증가한다. 만일  $R_2$ 의 값이 증가하면  $V_{TH}$ 가 증가하므로  $V_{GS}$ 는 증가한다.

5.12  $I_D = 0.48\text{mA}$

5.13 (a)  $g_m = 1\text{mA/V}$

(b)  $r_0 = 5\text{k}\Omega$

5.14 (a)  $V_{GS} = 1.4\text{V} \geq V_{Tn} = 1\text{V} > 0$

$$V_{DS} = 5\text{V} > V_{GS} - V_{Tn} = 0.4\text{V}$$

(b)  $V_{GS} = 2.414\text{V} \geq V_{Tn} = 1\text{V} > 0$

$$V_{DS} = 5\text{V} > V_{GS} - V_{Tn} = 1.414\text{V}$$

5.15  $V_S = -2.8\text{V}$

$$V_D = 2.5\text{V}$$

5.16  $W = 100\mu\text{m}$

$$R = 4\text{k}\Omega$$

5.17  $R_1 = 25.85\text{k}\Omega$

$$R_2 = 7.45\text{k}\Omega$$

5.18  $R_1 = 531.9\text{k}\Omega$

$R_2 = 123.2\text{k}\Omega$

$R_D = 1.2\text{k}\Omega$

5.19  $v_I = 1\text{V}$ 일 때 :  $v_o = 4.897\text{V}$

$v_I = 3\text{V}$ 일 때 :  $v_o = 4\text{V}$   $v_I = 5\text{V}$ 일 때

$v_I = 5\text{V}$ 일 때 :  $v_o = 0.195\text{V}$

5.20  $\left(\frac{W}{L}\right)_1 = 10.4$

5.21  $V_{GS1} = 1.67\text{V}$

$V_{GS2} = 3.33\text{V}$

$V_o = V_{GS1} = 1.67\text{V}$

$I_D = 0.576\text{mA}$

5.22  $\left(\frac{W}{L}\right)_1 = 1.63$

$\left(\frac{W}{L}\right)_2 = 3.2$

$\left(\frac{W}{L}\right)_3 = 8.89$

5.23  $R_D = 133\Omega$ ,  $\left(\frac{W}{L}\right) = 417$

5.24  $V_{GS} = 0\text{ V} \Rightarrow I_D = 10\text{ mA}$   
 $V_{GS} = -1\text{ V} \Rightarrow I_D = 6.4\text{ mA}$   
 $V_{GS} = -2\text{ V} \Rightarrow I_D = 3.6\text{ mA}$   
 $V_{GS} = -3\text{ V} \Rightarrow I_D = 1.6\text{ mA}$   
 $V_{GS} = -4\text{ V} \Rightarrow I_D = 10.4\text{ mA}$   
 $V_{GS} = -5\text{ V} \Rightarrow I_D = 0\text{ mA}$

5.25  $I_{DSS} = 4.691\text{ mA}$ ,  $V_P = 3.717\text{ V}$

5.26  $I_D = 11.14\text{ mA}$   
 $V_{GS} = -0.557\text{ V}$   
 $V_{DS} = 2.215\text{ V}$

5.27  $R_S = 500\ \Omega$   
 $R_1 = 3\text{ M}\Omega$   
 $R_2 = 750\text{ k}\Omega$

5.28  $V_G = 1.5\text{ V}$   
 $I_{DQ} = 1.38\text{ mA}$   
 $V_{GSQ} = -1.26\text{ V}$   
 $V_{DSQ} = 1.55\text{ V}$

5.29  $I_D = 1\text{ mA}$   
 $V_{GS} = -0.37\text{ V}$   
 $V_P = -1.26\text{ V}$

5.30  $R_S = 2.67\text{ k}\Omega$   
 $R_1 = 35.61\text{ k}\Omega$   
 $R_2 = 14.39\text{ k}\Omega$

## Chapter 06 연습문제 답안

6.1  $\frac{W}{L} = 1.5625$

6.2  $\lambda = 0.02857 \text{ V}^{-1}$

$$r_o = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta i_D} = 10 \text{ k}\Omega$$

6.3 드레인 전류 :  $i_{D2} = 0.4 \text{ mA}$

소신호 출력 저항 :  $r_o = 25 \text{ k}\Omega$

6.4  $R_1 = 45.9 \text{ K}\Omega$

$R_2 = 12.8 \text{ K}\Omega$

6.5  $I_D = 1.08 \text{ mA}$

$V_{DS} = 2.44 \text{ V}$

$A_v = -0.718$

6.6 소신호 전압이득 :  $A_v = -2.8$

입력 저항 :  $R_{in} = 47.73 \text{ k}\Omega$

출력 저항 :  $R_{out} = 1.67 \text{ k}\Omega$

6.7 (a)  $I_{DQ} = 32.2 \text{ mA} = I_Q$

(b)  $g_m = 8.025 \text{ mA/V}$

$r_o = 621 \Omega$

(c)  $A_v = -4.516$

6.8  $A_v = -3.485$



6.9 (a)  $I_D = 0.496\text{mA}$

$$V_{DS} = 4.544\text{V}$$

(b)  $g_m = 1.57\text{mA/V}$

$$r_o = \infty$$

(c)  $A_v = 1.884$

6.10  $v_o = 0.536 \sin \omega t$

6.11  $R_D = 2.69\text{k}\Omega$

$$R_S = 2.87\text{k}\Omega$$

6.12 (a) 무부하 전압이득 :  $A_v = 0.997$

$$\text{출력저항} : R_o = 199\Omega$$

(b) 전압이득 :  $A_v = 0.935$

$$\text{출력저항} : R_o = 186.6\Omega$$

6.13  $A_v = 0.82$

6.14 (a)  $g_m = 1.4375\text{mA/V}$

$$R_o = 640\Omega$$

(b) 전압이득 :  $A_v = 0.758$

6.15 (a) 출력저항 :  $R_o = 102\Omega$

(b) 부하저항 :  $R_L = 102\Omega$

6.16 (a)  $R_1 = 102\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 5.1\text{M}\Omega$ ,  $R_S = 4\text{k}\Omega$

(b) 소신호 전압이득 :  $A_v = 0.843$

$$\text{출력저항} : R_o = 944\Omega$$

6.17 소신호 전압이득 :  $A_v = -2.9568$

6.18 (a)  $V_{GG} = 5.95 V$

(b) 무부하 전압이득 :  $A_v = \frac{1}{1 + \sqrt{K_{n2}/K_{n1}}}$

전압이득 :  $A_v = 0.587$

6.19 소신호 전압이득 :  $A_v = -85.204$

6.20 소신호 전압이득 :  $A_v = -133.34$

6.21  $V_B = 1.17 V$

$V_X < V_B - V_{Tn} \Rightarrow M_1$ 은 트라이오드 영역  
 $|I_{DS2}| > |I_{DS1}|$

$|V_X - V_{DD}| > |V_B - V_{DD} - V_{Tn2}| \Rightarrow M_2$ 는 트라이오드 영역  
 $I_{DS1} > |I_{DS2}|$

$V_B - V_{Tn} < V_X$  그리고  $|V_X - V_{DD}| < |V_B - V_{DD} - V_{Tn2}|$   
 $\Rightarrow M_1$ 과  $M_2$ 는 포화(saturation) 영역

$I_{D1} = |I_{D2}| = 1mA$  이면,  $V_X = 1V$ 이 된다.

6.22 (a)  $R_D = 1k\Omega$   
 $V_{GS} = -1.46 V$

(b)  $g_m = 2.832mA/V$   
 $r_o = 10k\Omega$

(c) 소신호 전압이득 :  $A_v = -2.577$

6.23 (a) 전달컨덕턴스 :  $g_m = 0.9888mA/V$

(b) 전압이득 :  $A_v = -3.53$

(c) 전류이득 :  $A_i = -35.3$

6.24 (a) 소신호 파라미터

$$K_{n1} = 24 \text{mA/V}^2$$

$$g_{m1} = 2.68 \text{mA/V}$$

$$r_{o1} = 83 \text{k}\Omega$$

$$r_{o2} = 74 \text{k}\Omega$$

$$R_{i1} = 373 \Omega$$

$$V_{gs1} = -0.833 V_i$$

$$\text{소신호 전압이득: } A_v = 87.34$$

(b) 출력저항:  $R_o \approx 39 \text{k}\Omega$

6.25 (a)  $R_S = 5.7 \text{k}\Omega$

$$R_D = 3.5 \text{k}\Omega$$

(b) 소신호 전압이득:  $A_v = -1.732$

6.26  $R_S = 9 \text{k}\Omega$

$$R_D = 3.5 \text{k}\Omega$$

소신호 전압이득:  $A_v = -3.5$

6.27  $R_S \equiv 1.8 \text{k}\Omega$

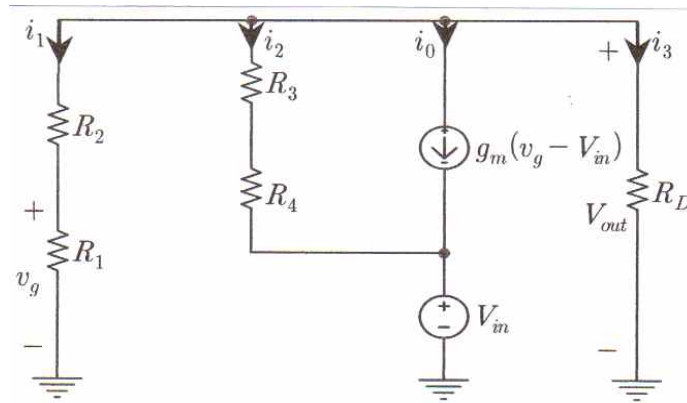
소신호 전압이득:  $A_v = 0.843$

출력저항:  $R_o = 149.8 \Omega$

$$6.28 \quad \frac{W}{L} = \frac{g_m^2}{2\mu_n C_{OX} I} = \frac{(0.02 \Omega^{-1})^2}{2 \times 200 \mu\text{A/V}^2 \times 2.5 \text{mA}} = 400$$

$$[\because \mu_n C_{OX} = 200 \mu\text{A/V}^2]$$

6.29 전압이득 : 
$$A_v = \frac{g_m + \frac{1}{R_3 + R_4}}{\frac{1}{R_D} + \frac{1}{R_3 + R_4} + \frac{g_m R_1 + 1}{R_1 + R_2}}$$



6.30 (a)  $R_1 = 364\text{k}\Omega$

$R_2 = 255\text{k}\Omega$

$R_S = 666.67\ \Omega$

(b) 소신호 전압이득 :  $A_v = 0.727$

출력저항 :  $R_o = 116.68\ \Omega$

## Chapter 07 연습문제 답안

7.1 (a) 차동모드 이득 :  $A_{dm} = 138.46 V/V$

(b) 공통모드 이득 :  $A_{cm} = -0.15 V/V$

(c)  $CMRR : 923.07$  (또는  $= 59.3 dB$ )

7.2 (a)  $v_o = -1.5 \sin \omega t \text{ mV}$

(b)  $v_o = -0.297 \sin \omega t \text{ mV}$

차동증폭기에서 바이어스 전류원의 출력저항이 클수록 차동모드 이득이 작아져 차동모드 출력전압도 작아진다.

7.3  $v_o = 2.003 \text{ mV}$

7.4 (a) 차동모드 입력저항 :  $R_{i, dm} = 20.8 \text{ k}\Omega$

(b) 공통모드 입력저항 :  $R_{i, cm} = 10.1 \text{ M}\Omega$

7.5 (a) 차동모드 이득 :  $A_{dm} = \frac{\beta_o R_C}{2[r_\pi + (1 + \beta_o)R_E]}$

(b) 차동모드 입력저항 :  $R_{id} = 2[r_\pi + (1 + \beta_o)R_E]$

7.6 (a)  $R_E = 0.5 \text{ k}\Omega$ 인 경우 :  $A_{dm} = 10.94 V/V$

$$R_{id} = 109.66 \text{ k}\Omega$$

(b)  $R_E = 0$ 인 경우 :  $A_{dm} = 138.48 V/V$

$$R_{id} = 8.66 \text{ k}\Omega$$

7.7 (a) 차동모드 이득 :  $A_{dm} = -g_m R_C$

(b) 공통모드 이득 :  $A_{cm} = \frac{-\beta_o \Delta R}{r_\pi + (1 + \beta_o)(2R_E)}$

7.8 (a)  $A_{dm} = -118 V/V$

$$A_{cm} = -0.00329 V/V$$

$$CMRR = 35,866.26 \text{ (또는 } 91.09 \text{ dB)}$$

(b)  $A_{dm}$  은  $\Delta R$ 에 영향을 받지 않으며,  $A_{cm}$  은  $\Delta R$ 에 비례한다.

따라서  $\Delta R$ 이 클수록  $A_{cm}$ 은 커지고,  $CMRR$ 은 작아진다.

7.9 차동모드 이득 :  $A_{dm} = -g_m R_C$

$$\text{공통모드 이득 : } A_{cm} = \frac{-\Delta g_m R_C}{1 + \left(\frac{1 + \beta_o}{r_\pi}\right)(2R_E)}$$

7.10 (a)  $A_{dm} = -118 V/V$

$$A_{cm} = -0.003289 V/V$$

$$CMRR = 35,877.17 \text{ (또는 } 91.1 \text{ dB)}$$

(b)  $A_{dm}$  은  $\Delta g_m$ 에 영향을 받지 않으며,  $A_{cm}$  은  $\Delta g_m$ 에 비례한다.

따라서  $\Delta g_m$ 이 클수록  $A_{cm}$ 은 커지고,  $CMRR$ 은 작아진다.

7.11 (a)  $R_1 = 38.6 k\Omega$

$$R_2 = 0.12 k\Omega$$

(b)  $A_{cm} = -0.0207 V/V$

$$R_{i,cm} = 192.8 M\Omega$$

7.12 (a) 개방회로 차동모드 이득:  $A_{dm} = 2,880 V/V$

(b) 차동모드 이득:  $A_{dm} = 1,152 V/V$

7.13 (a)  $R_{o4} = 200 M\Omega$

$R_{o7} = 100 M\Omega$

$R_o = 66.67 M\Omega$

(b)  $A_{dm} = 0.128 \times 10^6 V/V$

7.14  $R = 43 k\Omega$

$I_1 = 200 \mu A$

$I_3 = 600 \mu A$

7.15  $R_o = \frac{\beta_{o3}}{2} r_{o3}$

7.16  $R_o \simeq r_{o2} [1 + g_{m2} (r_{\pi 2} \parallel R_E)]$

7.17 차동모드 이득 :  $A_{dm} = -g_m R_D$

공통모드 이득 :  $A_{cm} = \frac{-g_m (\Delta R)}{1 + g_m (2R_S)}$

7.18 (a)  $A_{dm} = -8.25 V/V$

$A_{cm} = -0.003966 V/V$

$CMRR = 2,080.18$  (또는  $66.36 dB$ )

(b) 차동증폭기를 구성하는 소자(트랜지스터, 저항)의 특성이 이상적으로 matched되면, 무한대의 CMRR 값을 갖는다.

7.19 (a) 차동모드 이득 :  $A_{dm} = -g_m R_D$

(b) 공통모드 이득 :  $A_{cm} = \frac{-(\Delta g_m) R_D}{1 + g_m (2R_S)}$

7.20 (a)  $A_{dm} = -g_m R_D = -0.165 \times 50 = -8.25 \text{ V/V}$

$$A_{cm} = \frac{-(\Delta g_m) R_D}{1 + g_m (2R_S)} = \frac{-0.01 \times 0.165 \times 50}{1 + 0.165 \times 2 \times 60} = -0.003966$$

$$CMRR = \left| \frac{A_{dm}}{A_{cm}} \right| = \frac{8.25}{0.003966} = 2,080.18 \quad (\text{또는 } 66.36 \text{ dB})$$

(b) 차동증폭기를 구성하는 소자(트랜지스터, 저항)의 특성이 이상적으로 matched되면, 무한대의 CMRR 값을 갖는다.

7.21  $v_{CM} = 8.925 \text{ V}$   $v_{CM} = 8.925 \text{ V}$

7.22 (a)  $I_Q = I_{REF} = 0.577 \text{ mA}$

(b) 차동모드 이득 :  $A_{dm} = 3.12 \text{ V/V}$

(c) 공통모드 이득 :  $A_{cm} = -0.043 \text{ V/V}$

(d)  $CMRR = 72.56$  (또는  $37.21 \text{ dB}$ )

7.23 (a) 차동모드 이득 :  $A_{dm} = 111.75 \text{ V/V}$

(b) 출력저항 :  $R_{out} = 250 \text{ k}\Omega$

7.24  $I_o = 0.183 \text{ mA}$

$$V_{DS2, sat} = 0.6 \text{ V}$$



**7.25**  $R_o = 4\text{ }G\Omega$

[그림 7-28(a)] 회로의 출력저항 :  $R_o^* = 31.75\text{ }M\Omega$

따라서 [그림 7-50]의 정전류원 회로가 [그림 7-28(a)]의 정전류원 회로에 비해 약 126배 큰 출력저항을 갖는다.

**7.26** (a) 증폭단(Q1)의 전압이득 :  $A_{v1} = 0.976\text{ }V/V$

(b) CE 증폭단(Q2)의 전압이득 :  $A_{v2} = -182.3\text{ }V/V$

(c) 전체 증폭기의 이득 :  $A_v = -177.92\text{ }V/V$

**7.27** (a) 증폭단(Q1)의 전압이득 :  $A_{v1} = -136.65\text{ }V/V$

(b) 증폭단(Q2)의 전압이득 :  $A_{v2} = 0.994\text{ }V/V$

(c) 전체 증폭단의 전압이득 :  $A_v = -135.83\text{ }V/V$

**7.28** 전체 증폭기의 전압이득 :  $A_v = -5.09\text{ }V/V$

**7.29** (a) 동작점 전류, 전압 :  $I_{C1} = 10\text{ }\mu A$   
 $I_{C2} = 10\text{ }\mu A$

$$V_{CE1} = 4.1\text{ }V$$

$$V_{CE2} = 4.8\text{ }V$$

(b) 전압이득 :  $A_v = -68.5\text{ }V/V$

**7.30** (a)  $I_{C1} = I_{C2} = 0.5\text{ }mA$

$$V_{CE1} = 5.7\text{ }V, V_{CE2} = 0.7\text{ }V, V_{CE3} = 5.7\text{ }V$$

$$(b) \quad g_{m1} = 19.23 \text{ mA/V}$$

$$r_{\pi1} = 5.2 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m3} = 82.69 \text{ mA/V}$$

$$r_{\pi3} = 1.21 \text{ k}\Omega$$

$$(c) \quad A_{v1} = 96.15$$

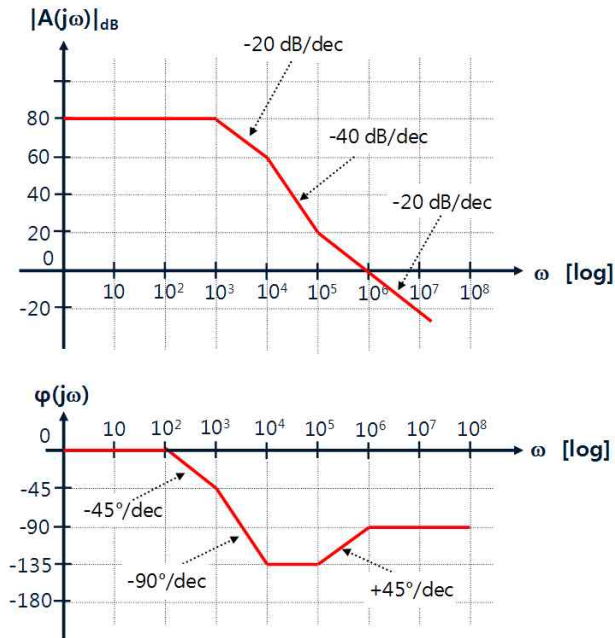
$$A_{v2} = -96.15$$

$$(d) \quad R_{id} = 10.4 \text{ k}\Omega$$

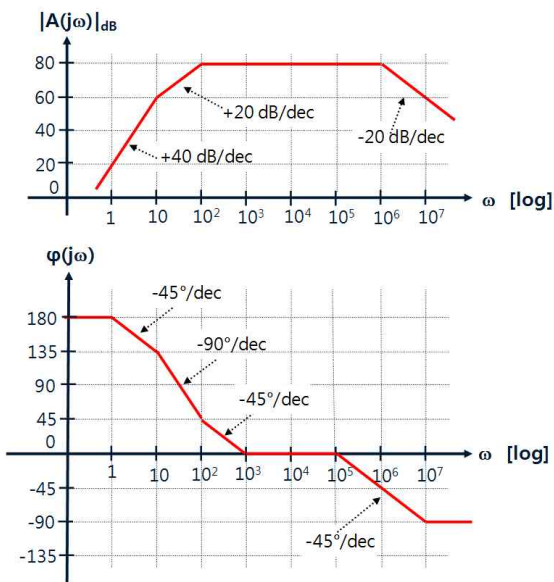
$$(e) \quad \frac{R_C + r_{\pi3}}{1 + \beta_o} \parallel R_E = 105.15 \Omega$$

# Chapter 08 연습문제 답안

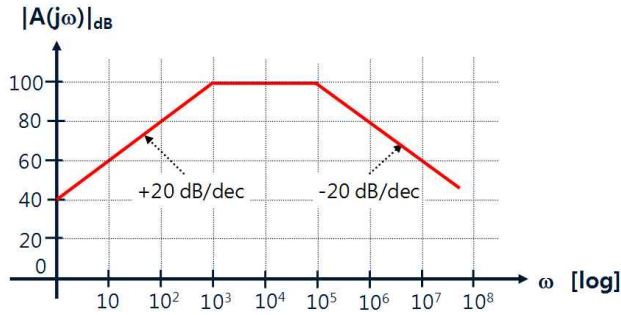
## 8.1



## 8.2



8.3



중대역 이득 :  $|A_m|_{dB} = 100 dB$

하측 차단주파수 :  $f_L = 159.15 Hz$

상단 차단주파수 :  $f_H = 15.915 kHz$

8.4  $f_\beta = 3.38 MHz$

$f_T = 507 MHz$

8.5  $C_\pi = 1.27 pF$

8.6  $f_T = 44.05 MHz$

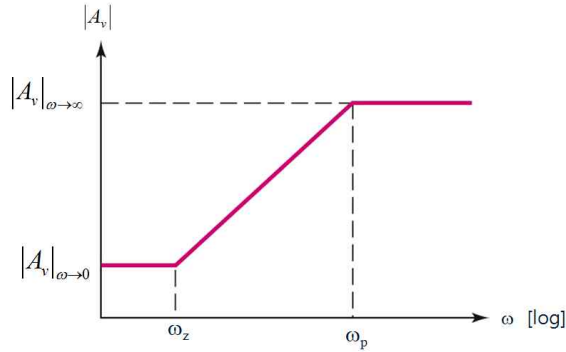
8.7 (a) 
$$A_v(s) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{-\beta_o R_C}{R_s + r_\pi + (1 + \beta_o) Z_E}$$

중대역이득 : 
$$|A_{vo}| = \frac{\beta_o R_C}{R_s + r_\pi + (1 + \beta_o) R_E}$$

극점주파수 : 
$$w_p = \frac{1}{\tau_p} = \frac{R_s + r_\pi + (1 + \beta_o) R_E}{(R_s + r_\pi) R_E C_E}$$

영점주파수 : 
$$w_z = \frac{1}{\tau_z} = \frac{1}{R_E C_E}$$

(b)  $|A_v|$ 에 대한 보드선도



(c) (b)의 보드선도로부터  $\omega_p$ 가 하측 차단주파수임을 알 수 있다.

$$\therefore \omega_L \cong \omega_p = \frac{R_S + r_\pi + (1 + \beta_o)R_E}{(R_S + r_\pi)R_E C_E} = \frac{\left(\frac{R_S + r_\pi}{1 + \beta_o}\right) + R_E}{\left(\frac{R_S + r_\pi}{1 + \beta_o}\right)R_E} \times \frac{1}{C_E}$$

$$R_x = \frac{R_S + r_\pi}{1 + \beta_o} \text{ 로 두면, } \omega_L = \frac{1}{(R_x \parallel R_E)C_E} \quad \therefore f_L = \frac{1}{2\pi(R_x \parallel R_E)C_E}$$

따라서  $R_B \rightarrow \infty$  인 경우의 식(8.45)가 얻어졌다.

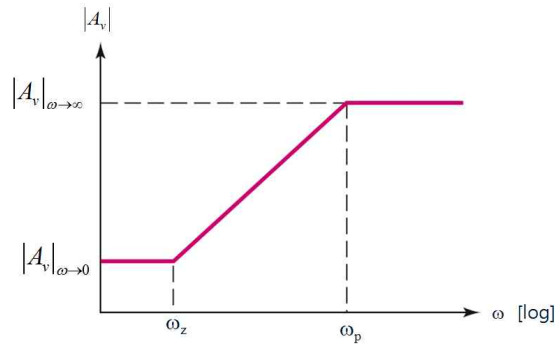
8.8 (a)  $A_v(s) = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S} \times \frac{1 + s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}$   
 단,  $\omega_z = \frac{1}{R_S C_S}$ ,  $\omega_p = \frac{1}{(R_S \parallel 1/g_m)C_S}$

중대역이득 :  $A_{v_o} = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S}$

영점주파수 :  $\omega_z = \frac{1}{R_S C_S}$

극점주파수 :  $\omega_p = \frac{1}{(R_S \parallel \frac{1}{g_m})C_S} = \frac{g_m + \frac{1}{R_S}}{C_S}$

(b) 보드선도

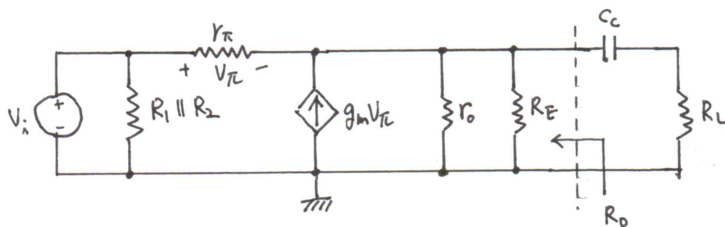


(c) 하측 차단주파수

$$\omega_L \simeq \omega_p = \frac{g_m + \frac{1}{R_S}}{C_S}$$

8.9  $f_L = 23.87 \text{ Hz}$

8.10



$$R_o = R_E \parallel r_o \parallel \left( \frac{r_\pi}{1 + \beta_o} \right)$$

$$\tau_s = (R_L + R_o) C_C$$

8.11  $f_L = 19.78 \text{ Hz}$

8.12  $f_L = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{(R_{s_i} + R_G) C_{C1}} + \frac{1}{(R_o + R_L) C_{C2}} + \frac{1}{(R_S \parallel 1/g_m) C_S} \right)$

8.13  $f_L = 80.56 \text{ Hz}$

- 8.14 •  $C_{C1}$ 이 보는 단락회로 등가저항 :  $R_{C1} = 0.52 \text{ M}\Omega$   
 •  $C_{C2}$ 가 보는 단락회로 등가저항 :  $R_{C2} \equiv 15 \text{ k}\Omega$   
 •  $C_S$ 가 보는 단락회로 등가저항 :  $R_{CS} = 0.63 \text{ k}\Omega$

i)  $C_S$ 에 의해  $0.8f_L = 80 \text{ Hz}$ 가 결정되도록 하기 위해  $C_S = 3.16 \mu\text{F}$

ii)  $C_{C1}$ 에 의해  $0.1f_L = 10 \text{ Hz}$ 가 결정되도록 하기 위해  $C_{C1} = 30.61 \text{ nF}$

iii)  $C_{C2}$ 에 의해  $0.1f_L = 10 \text{ Hz}$ 가 결정되도록 하기 위해  $C_{C2} = 1.06 \mu\text{F}$

8.15  $f_L = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{R_{CB}C_B} + \frac{1}{R_{CL}C_L} + \frac{1}{R_{CC}C_C} \right)$

8.16  $f_L = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{R_{C1}C_{C1}} + \frac{1}{R_{C2}C_{C2}} \right)$

8.17  $C_{C1} = 12.63 \mu\text{F}$

$C_{C2} = 2.52 \mu\text{F}$

8.18 ① [그림 8.36(a)] 회로에 대해,

$$I_1 = Y(V_1 - V_2) = YV_1 \left( 1 - \frac{V_2}{V_1} \right) = YV_1(1 - K) \quad \text{단, } K = V_2/V_1 \quad \dots (1)$$

$$I_2 = Y(V_2 - V_1) = YV_2 \left( 1 - \frac{V_1}{V_2} \right) = YV_2 \left( 1 - \frac{1}{K} \right) \quad \dots (2)$$

② [그림 8.36(b)] 회로에 대해

$$I_1 = Y_1 V_1 \quad \dots (3)$$

$$I_2 = Y_2 V_2 \quad \dots (4)$$

식(1), 식(3)으로부터,  $Y_1 = Y(1 - K)$

식(2), 식(4)으로부터,  $Y_2 = Y(1 - 1/K)$

8.19  $f_L = 382.58 \text{ Hz}$ ,  $f_H = 587.83 \text{ kHz}$

8.20 (a) 밀러 커패시턴스 :  $C_M \equiv 156.53 \text{ pF}$

입력 커패시턴스 :  $C_i = 178.1 \text{ pF}$

(b) 입력 시상수 :  $\tau_i = 117.55 \text{ nsec}$

출력 시상수 :  $\tau_o = 1.37 \text{ nsec}$

(c) 상측 차단 주파수:  $f_H = 1.34 \text{ MHz}$

8.21 (a) 입력 커패시턴스:  $C_i = 1.62 \text{ pF}$

(b) 상측 차단 주파수:  $f_H = 196.49 \text{ MHz}$

8.22  $C_C = 22.92 \text{ nF}$

8.23 (a) 밀러 커패시턴스 :  $C_M = 7.47 \text{ pF}$

입력 커패시턴스 :  $C_i = 13.47 \text{ pF}$

(b) 상측 차단주파수:  $f_H = 9.66 \text{ MHz}$

8.24  $C_C = \frac{1}{2\pi f_L R_{ceq}} = \frac{1}{2\pi \times 200 \times 232 \times 10^3} = 3.43 \text{ nF}$

8.25 (a) 밀러 커패시턴스 ;  $C_M = 6.4 \text{ pF}$

입력 커패시턴스 ;  $C_i \equiv 18.4 \text{ pF}$

(b)  $f_H = 5.59 \text{ MHz}$



8.26  $f_H = 7.31 \text{ MHz}$

8.27  $f_H = 4.63 \text{ MHz}$

8.28

※ PSPICE 시뮬레이션은 답안을 제시하지 않습니다.

8.29

※ PSPICE 시뮬레이션은 답안을 제시하지 않습니다.

# Chapter 09 연습문제 답안

9.1  $A = \infty$  이면,  $A_f \simeq \frac{1}{\beta}$

개방회로 이득 (A)	$\beta = 0.1$		$\beta = 0.25$	
	$A\beta$	$A_f$	$A\beta$	$A_f$
40dB	10	9.09	25	3.846
60dB	100	9.90	250	3.984
80dB	1,000	9.99	2500	3.998
$\infty$	$\infty$	10	$\infty$	4

9.2  $A = \infty$  이면,  $\beta \simeq \frac{1}{A_f}$

개방회로 이득 (A)	$\beta$
$4 \times 10^2$	0.00464
$4 \times 10^3$	0.00689
$4 \times 10^4$	0.00712
$\infty$	0.00714

9.3 (a)  $\beta_1 = 0.088$

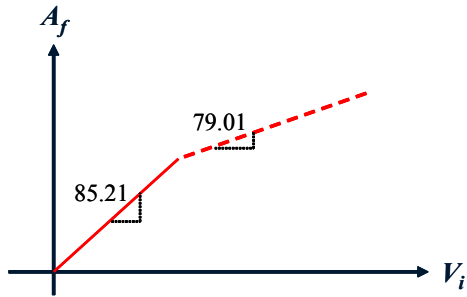
$$\frac{\Delta A_f}{A_f} = -0.2188\%$$

(b)  $\beta_2 = 0.012375$

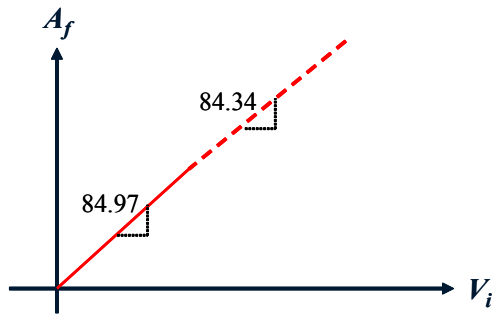
$$\frac{\Delta A_f}{A_f} = -0.111\%$$

(c) (a), (b) 의 결과로부터, 개방회로 이득  $A_1$ 의 변화가 폐루프 이득에 미치는 영향이 작은 구조는 그림 (b)이다. 즉, 그림 (b)의 구조가 개방회로 이득의 변화에 대한 둔감도가 크다.

9.4 (a)



(b)



(c) (a), (b)의 결과로부터, 개방회로 이득의 비선형성에 대해 폐루프 이득의 선형이 우수한 구조는 그림 (b)이다.

9.5 (a)  $\beta = 0.00978$

(b)  $\frac{\Delta A_f}{A_f} = 0.91\%$

9.6  $A = 20$

$\beta = 0.00475$

9.7

입력저항 - 출력저항 특성	귀환 증폭기의 입력 - 출력 결선형태
작은 입력저항 - 작은 출력저항	병렬 - 병렬
작은 입력저항 - 큰 출력저항	병렬 - 직렬
큰 입력저항 - 작은 출력저항	직렬 - 병렬
큰 입력저항 - 큰 출력저항	직렬 - 직렬

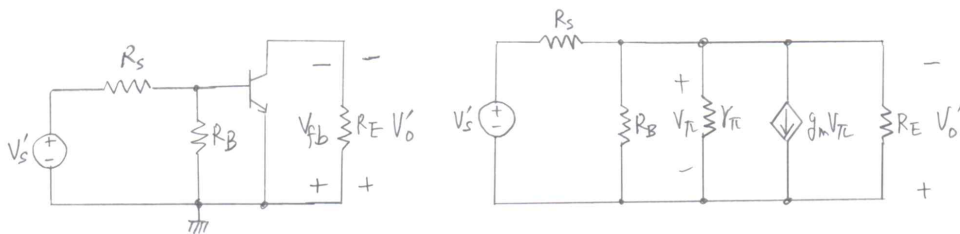
9.8  $R_{if} = 6.25 M\Omega$

$R_{of} = 20 \Omega$

9.9  $R_{if} = 4 \Omega$

$R_{of} = 31.25 M\Omega$

9.10 (a)



(b)  $A_v = \frac{(R_B \parallel r_\pi) g_m R_E}{R_S + (R_B \parallel r_\pi)}$

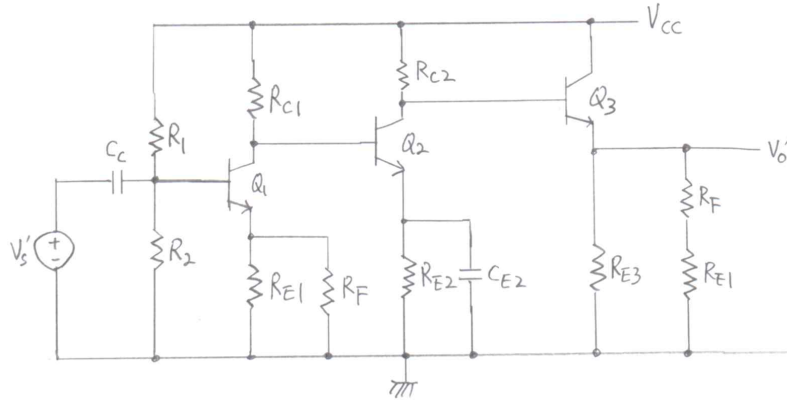
(c)  $A_{vf} = \frac{(R_B \parallel r_\pi) g_m R_E}{R_S + (R_B \parallel r_\pi) + 1 + \frac{(R_B \parallel r_\pi) g_m R_E}{R_S + (R_B \parallel r_\pi)}}$ ,  $A_{vf} \approx \frac{\beta_o R_E}{R_S + r_\pi + \beta_o R_E} \approx 1 V/V$

9.11 (a) 직렬-병렬 귀환증폭기

(b)  $\beta_v = 0.03846$

$A_{vf} = 26 V/V$

9.12 (a)



(b)  $A_v = 40.28 \text{ V/V}$

$R_i = 60.05 \text{ k}\Omega$

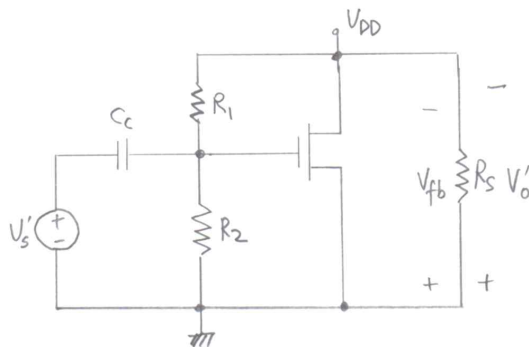
$R_o = 4 \Omega$

(c)  $A_{vf} = 15.8 \text{ V/V}$

(d)  $R_{if} = 153.08 \text{ k}\Omega$

$R_{of} = 1.57 \Omega$

9.13 (a)



(b) 개방회로 이득 ;  $A_v = 5.6 \text{ V/V}$ , 귀환율 :  $\beta_v = 1$

(c) 폐회로 이득 ;  $A_{vf} = 0.85 \text{ V/V}$

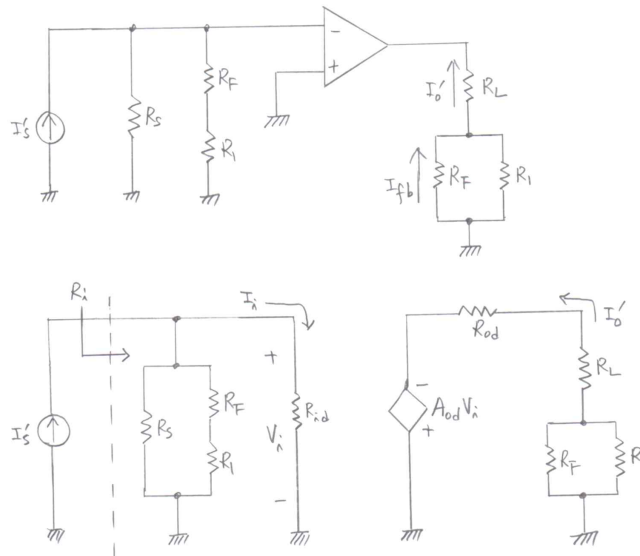
9.14 정귀환

9.15 (a) 병렬-직렬 귀환증폭기.

(b)  $\beta_i = \frac{R_1}{R_1 + R_f}$

(c)  $A_{if} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$

9.16 (a)



(b) 전류이득 :  $A_i = 875.52 A/A$

입력저항 :  $R_i = 988.54 \Omega$

출력저항 :  $R_o = 11.29 k\Omega$

(c)  $A_{if} = 10.97 A/A$

(d) 입력저항 :  $R_{if} \approx 12.39 \Omega$

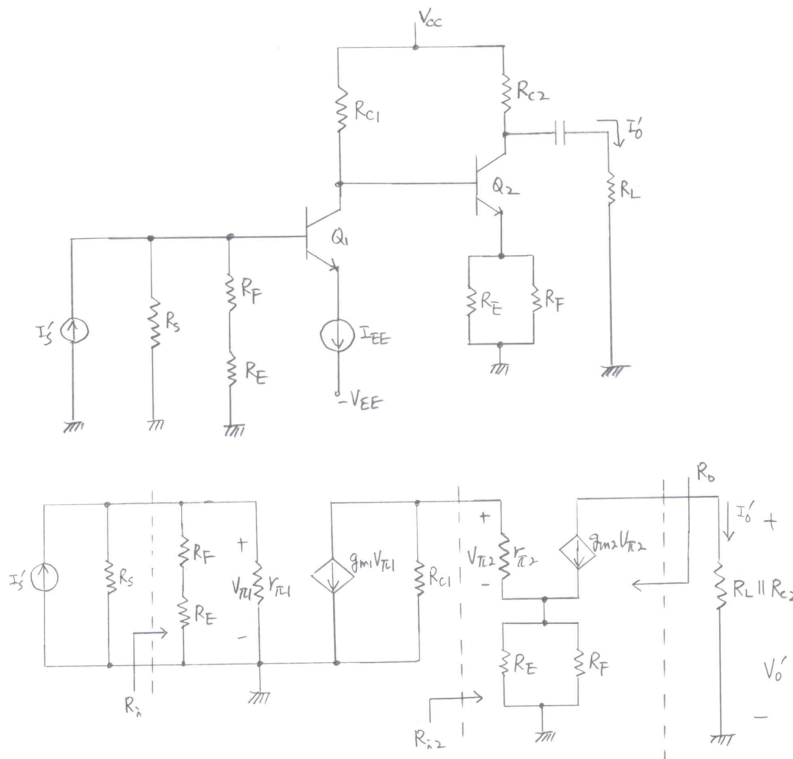
출력저항 :  $R_{of} = 900.94 k\Omega$

9.17 (a) 병렬-직렬 귀환증폭기

(b)  $\beta_i = 0.145$

$$A_{if} = 6.9 A/A$$

9.18 (a)



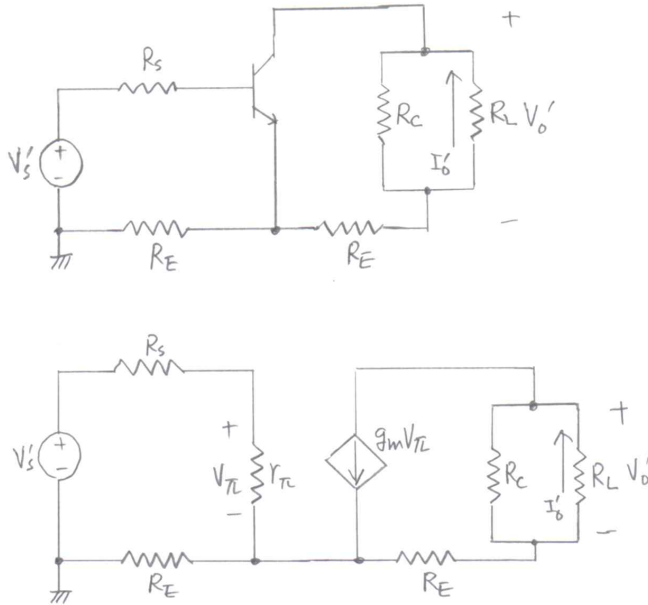
(b) 개방루프 이득 ;  $A_i = 542.03 A/A$

개별회로 입력저항 ;  $R_i = 6.45 k\Omega$

(c)  $A_{if} = 6.81 A/A$

(d)  $R_{if} = 81.04 \Omega$

9.19 (a)



(b)  $A_g = 20.62 \text{ mA/V}$

(c)  $A_{gf} = 0.95 \text{ mA/V}$   
 $A_{vf} = -8.93 \text{ V/V}$

9.20 (a) 직렬-직렬 귀환증폭기

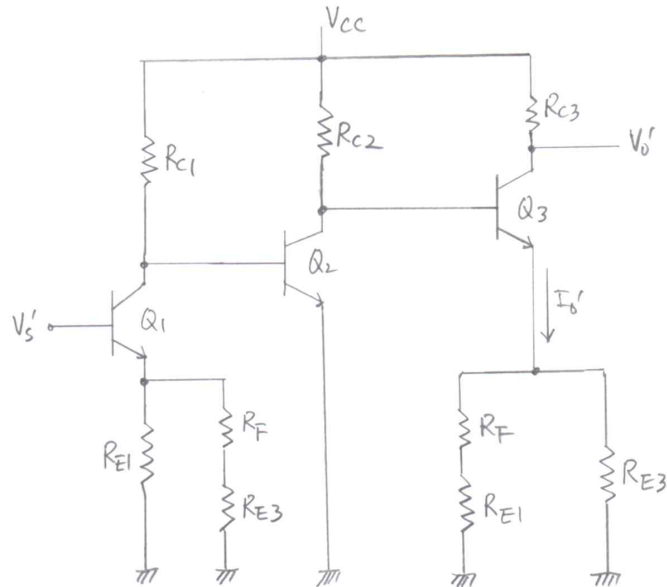
(b)  $\beta_z = 11.76 \Omega$

전달컨덕턴스:  $A_{gf} = 85.03 \text{ mA/V}$

전압이득:  $A_{vf} = -42.5 \text{ V/V}$



9.21 (a)



(b) 전달컨덕턴스:  $A_g = 17.49 A/V$

(c) 귀환율:  $\beta_z = 11.76 \Omega$

전달컨덕턴스:  $A_{gf} = 84.62 mA/V$

전압이득:  $A_{vf} = -42.3 V/V$

9.22 (a) 병렬-병렬 귀환증폭기

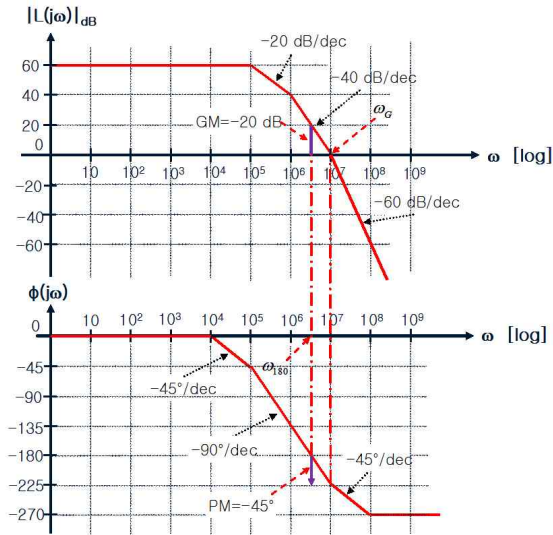
(b) 귀환율:  $\beta_g = -0.05 mA/V$

전달임피던스:  $A_{zf} = -20 k\Omega$

전압이득:  $A_{vf} = -100 V/V$

9.23 정귀환

9.24 (a)



(b)  $\omega_G = 10^7 rad/sec$

$\omega_{180} = 10^{6.5} rad/sec$

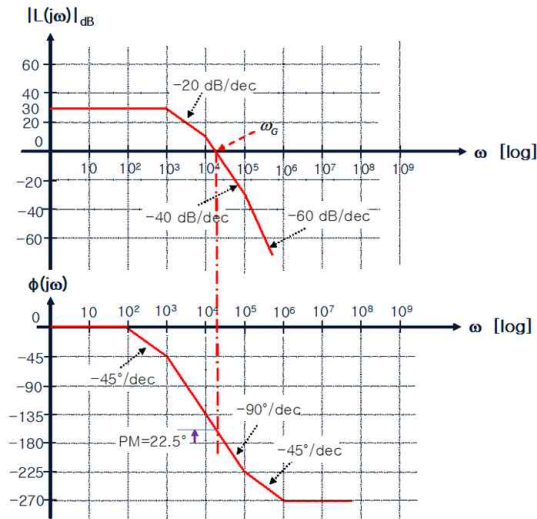
$GM = -20dB,$

$\Phi_M = -45^\circ$

(c) 불안정

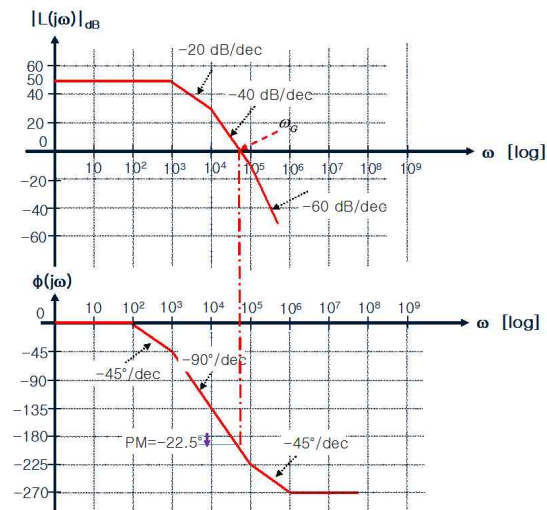
9.25  $\omega_1 = 10^{6-3} = 10^3 rad/sec$

9.26 (a)



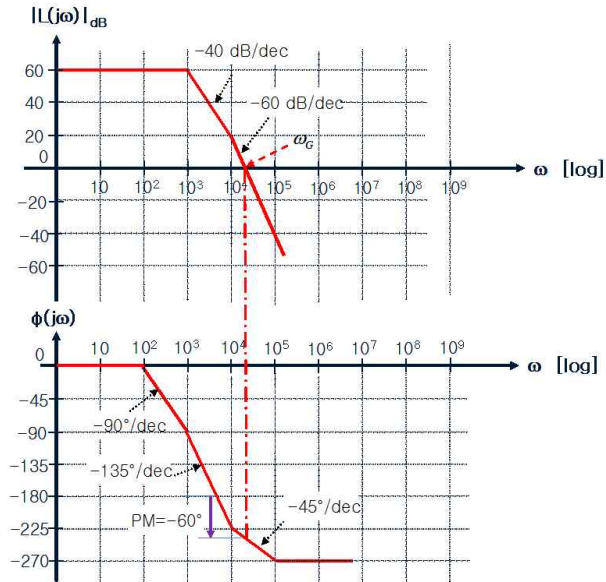
$\omega_G = 10^{4.25} \text{ rad/sec}$ ,  $\Phi_M = 22.5^\circ$   
 $PM > 0$  이므로 안정하다.

(b)



$\omega_G = 10^{4.75} \text{ rad/sec}$ ,  $\Phi_M = -22.5^\circ$   
 $PM < 0$  이므로 불안정하다.

9.27 (a)

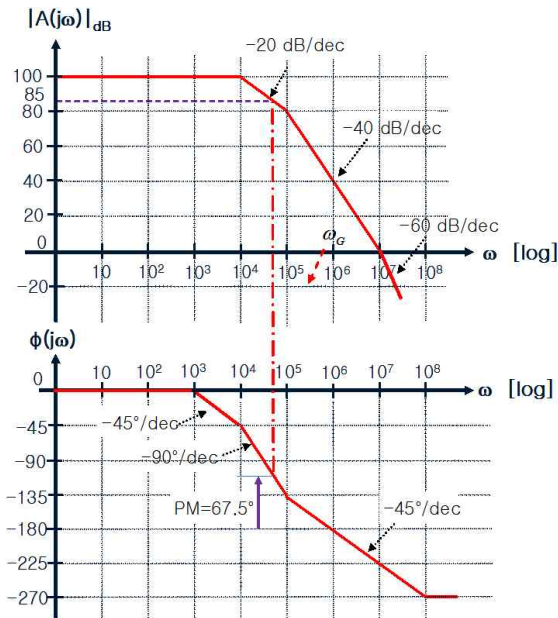


$$\omega_G = 10^{4\frac{1}{3}} \text{ rad/sec}, \quad \Phi_M = -60^\circ$$

$PM < 0$  이므로 불안정하다.

(b)  $\beta = 5.165 \times 10^{-4}$

9.28 (a)



(b)  $\Phi_M = 67.5^\circ$   
 $\Phi_M > 0$ 이므로 안정하다.

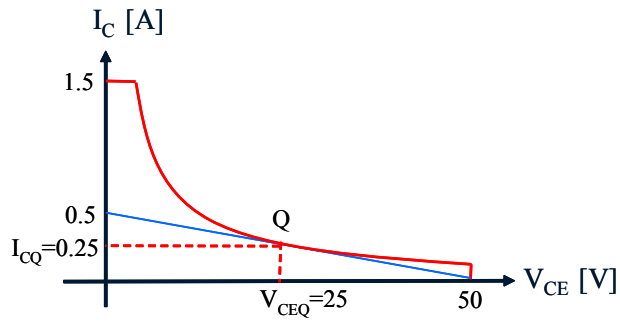
9.29  $\omega_G = 8.39 \times 10^5 \text{ rad/sec}$   
 $\omega_{PD} = 876.85 \text{ rad/sec}$

9.30  $A_{vf} = 15.8 \text{ V/V}$

※ PSPICE 시뮬레이션은 정답을 제공하지 않습니다.

## Chapter 10 연습문제 답안

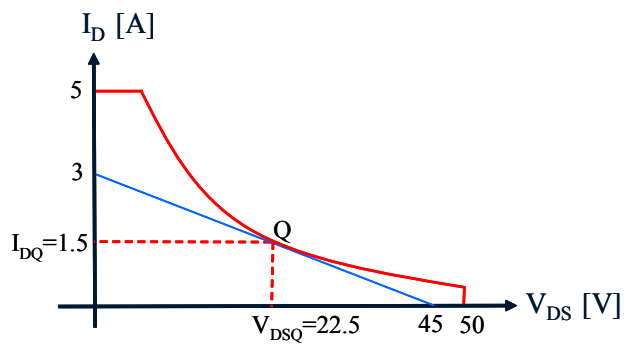
10.1 (a)



(b)  $V_{CEQ} = 25 \text{ V}$

$I_{CQ} = 0.25 \text{ A}$

10.2 (a)



(b)  $I_D = 0.9 \text{ A}$

$V_{DS} = 31.5 \text{ V}$

$P_D = 28.35 \text{ W}$

(c)  $I_{DQ} = 1.5 \text{ A}$

$V_{DSQ} = 22.5 \text{ V}$

$V_i = 5.873 \text{ V}$

---

10.3 (a)  $I_{DQ} = 1.21 \text{ A}$

$$V_{DSQ} = 21.85 \text{ V}$$

$$P_D = 26.44 \text{ W}$$

(b)  $I_{D,\text{max}} = 2.42 \text{ A}$

$$V_{DS,\text{max}} = 40 \text{ V}$$

$$P_{D,\text{max}} = 26.44 \text{ W}$$

10.4 (a)  $I_{CQ} = 0.136 \text{ A}$

$$V_{CEQ} = 10 \text{ V}$$

(b)  $I_{C,\text{max}} = 0.272 \text{ A}$

$$V_{CE,\text{max}} = 20 \text{ V}$$

$$P_{D,\text{max}} = 1.36 \text{ W}$$

10.5  $T_J = 129.9 \text{ }^\circ\text{C}$

$$T_C = 92.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_S = 79.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

10.6  $P_{D,\text{max}}(T = 30 \text{ }^\circ\text{C}) = 24.14 \text{ W}$

10.7  $\theta_{SA} = 1.0 \text{ }^\circ\text{C/W}$

10.8 (a)  $P_{D,\text{max}} = 8.3 \text{ W}$

(b)  $\frac{\Delta P_D}{\Delta T} = -47.39 \text{ mW/}^\circ\text{C}$

10.9 (a)  $\theta_{JA} = 87.5 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$

$$\theta_{JC} = 5 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

(b)  $P_{D, \text{max}} = 1.83 \text{ W}$

(c)  $\theta_{JA} = 7 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$

$$P_{D, \text{max}} = 22.86 \text{ W}$$

10.10 전원으로로부터 공급된 평균 DC전력:  $\overline{P}_S = 2.72 \text{ W}$

부하에 공급된 평균 교류전력:  $\overline{P}_L = 1.01 \text{ W}$

트랜지스터에서 소비되는 평균전력:  $\overline{P}_Q = 1.71 \text{ W}$

전력변환 효율:  $\eta = 37.13 \%$

10.11  $\eta = 14.06 \%$

10.12  $\overline{P}_{L, \text{max}} = 0.676 \text{ mW}$

10.13  $\overline{P}_S = 2.4 \text{ W}$

$$\overline{P}_L = 0.625 \text{ W}$$

$$\eta = 26.04 \%$$

10.14 (a)  $I_{EE, \text{min}} = 80 \text{ mA}$

$$R = 116.25 \Omega$$

(b)  $\overline{P}_S = 2.4 \text{ W}$

$$\overline{P}_L = 0.32 \text{ W}$$

$$\eta = 13.33 \%$$



10.15  $\overline{P}_{L, \max} = 41.6 \text{ mW}$

$\eta_{\max} = 43.33\%$

10.16 (a)  $V_{CC} = 7.9 \text{ V}$

(b) 전원에서 공급된 평균 전력 :  $\overline{P}_S = 24.96 \text{ mW}$

부하에 공급된 평균 전력 :  $\overline{P}_{L, \max} = 12.0 \text{ mW}$

$\eta_{\max} = 48.08\%$

10.17 부하에 공급되는 최대 평균 전력 :  $\overline{P}_{L, \max} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$

$\eta_{\max} = 50\%$

10.18  $I_{CQ} = 12.5 \text{ mA}$

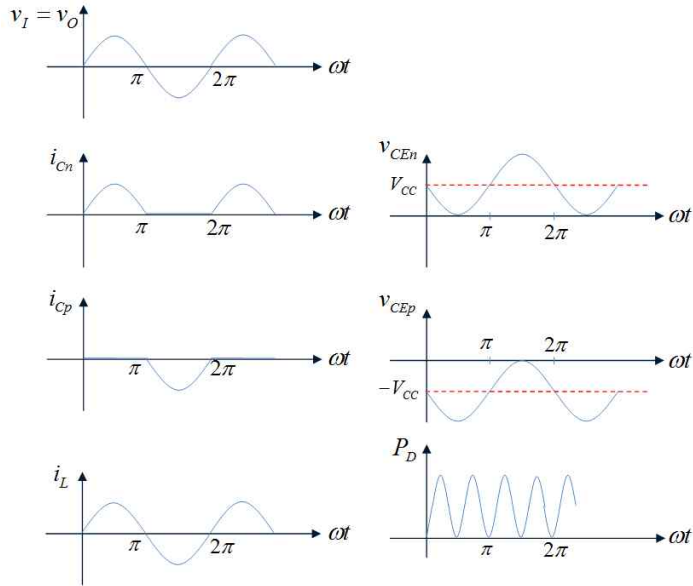
$\overline{P}_S = 125 \text{ mW}$

$\overline{P}_L = 50.625 \text{ W}$

$\eta = 40.5\%$

10.19  $a = 2.37$

10.20



10.21  $\overline{P_L} = 0.21 \text{ W}$

$\overline{P_S} = 0.275 \text{ W}$

$\eta = 76.36 \%$

$\overline{P_D} = 65 \text{ mW}$

10.22  $v_O \simeq v_I$

10.23  $THD = 0.05$

10.24  $\overline{P_{L,max}} = 12.5 \text{ mW}$

10.25  $V_{CC,min} = 5.38 \text{ V}$

$I_{bias} = 10.95 \text{ mA}$

10.26  $\overline{P_L} = 5.0 \text{ W}$

10.27  $\overline{P_{Q1}} = 1.21 \text{ W}$

10.28  $R_L = 2.54 W$

$$\eta = 50.01 \%$$

10.29

※ PSPICE 시뮬레이션은 정답을 제공하지 않습니다.

10.30

※ PSPICE 시뮬레이션은 정답을 제공하지 않습니다.

## Chapter 11 연습문제 답안

11.1  $R_1 = 0.67 k\Omega$

11.2  $v_O = 9.17 V$

11.3  $R_1 \approx 0.15 k\Omega$

11.4  $v_O = 13.82 V$

11.5  $v_O = 2.9994 V$

11.6 
$$A_v = - \left( 1 + \frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_4} \right) \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

11.7  $A_v = -8 V/V$   
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_N$  인 경우,  $A_v = -3 V/V$

11.8  $A_v = 11 V/V$

11.9  $i_{R1} = 9.07 \mu A$

$i_{R3} = 15.73$

$v_O = 1 V$

11.10 
$$v_O = - \frac{R_F}{R_1} v_{I1} - \frac{R_F}{R_2} v_{I2} + \left( 1 + \frac{R_F}{R_N} \right) \left[ \frac{R_P}{R_A} v_{I3} + \frac{R_P}{R_B} v_{I4} \right]$$

11.11  $R_B = 100\text{ k}\Omega$ ,  $R_P = 13.33\text{ k}\Omega$ ,  $R_C = 25\text{ k}\Omega$

11.12  $v_O = -R_F i_S$

$$R_i = \frac{v_1}{i_1} \cong 0$$

11.13  $i_L = \frac{-v_I}{R_2}$

11.14  $v_O = -V_T \ln\left(\frac{v_I}{I_S R_1}\right)$

11.15  $v_O = -I_S R \cdot e^{v_I/V_T}$

11.16  $v_O = 200v_{I1} - 20v_{I2}$

11.17  $v_{O1} = -v_{O2}$

11.18 입력단 설계:  $I_1 = 100I_B = 100 \times 500\text{ nA} = 50\text{ }\mu\text{A}$ 로 설정하여 설계하면

$$R_1 = 0.2\text{ k}\Omega, \quad R_2 = 2.9\text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 180\text{ k}\Omega, \quad R_3 = 6\text{ k}\Omega$$

$$R_5 = R_4 \pm 20\% = 180\text{ k}\Omega \pm 20\%$$

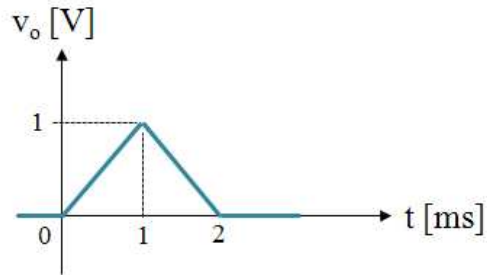
11.19  $i_Z = 0.38\text{ mA}$

$$i_2 = 0.54\text{ mA}$$

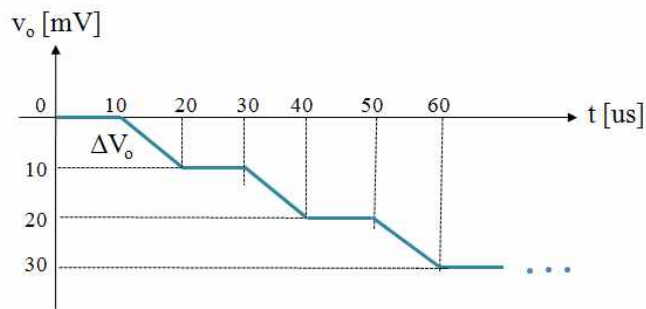
$$V_o = -8.1\text{ V}$$

11.20  $R_1 = 235\text{ }\Omega$ ,  $R_2 = 94\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 86\text{ k}\Omega$

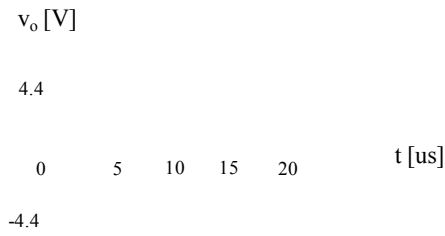
11.21



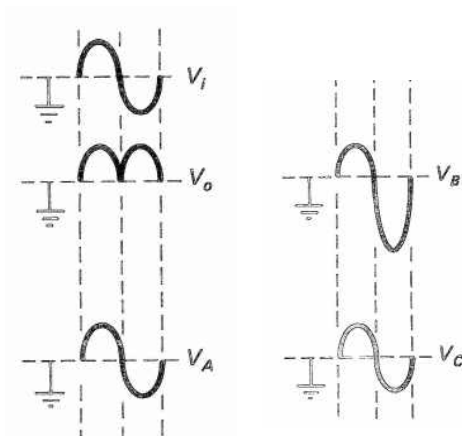
11.22



11.23



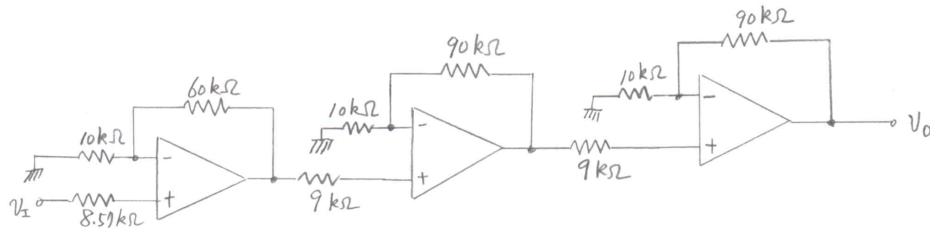
11.24



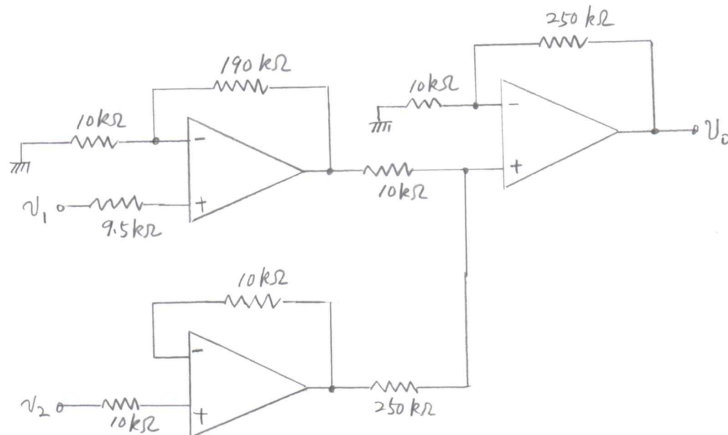
11.25  $A_{CLO} = 75 V/V$

11.26  $f_H = 47.62 kHz$

11.27



11.28



- 11.29 (a)  $f_{max} = 15.915 kHz$   
 (b)  $V_{p,max} = 99.47 mV$

11.30  $f_{max} = 200 kHz$

## Chapter 12 연습문제 답안

12.1 (a)  $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$   
 (b)  $|L(j\omega_o)| = 1, \therefore g_m R_L = 29$

12.2  $R_D = 6.56 k\Omega$

$C = 64.97 pF$

12.3 (a)  $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{3}RC}$

(b)  $\frac{R_1}{R} = 8$

12.4  $f_o = 91.9 MHz$

$R_1 = 8R = 8 \times 10 k\Omega = 80 k\Omega$

12.5 (a) 발진 주파수:  $f_o = \frac{\sqrt{5}}{2\pi RC}$

(b)  $\frac{R_F}{R} = 2$

12.6  $R = 5.88 k\Omega$

12.7  $f_o = 0.5 \times 10^6$

$L = 12.21 \mu H$

12.8  $64.16 \mu H \leq L \leq 256.64 \mu H$

12.9  $3.13 pF \leq C \leq 12.54 pF$



12.10 (a)  $f_o = \frac{1}{2\pi RC}$

(b)  $\frac{R_2}{R_1} = 2$

12.11 (a)  $f_o = \frac{1}{2\pi RC}$

(b)  $\frac{R_2}{R_1} = 2$

12.12  $R_1 = 4\text{ k}\Omega$

$R_2 = 28\text{ k}\Omega$

12.13  $V_R = 1.58\text{ V}$

$R_2 = 190\text{ k}\Omega$

12.14  $V_R = -1.43$

$R_2 = 40\text{ k}\Omega$

12.15 (a)  $v_o = V_H$

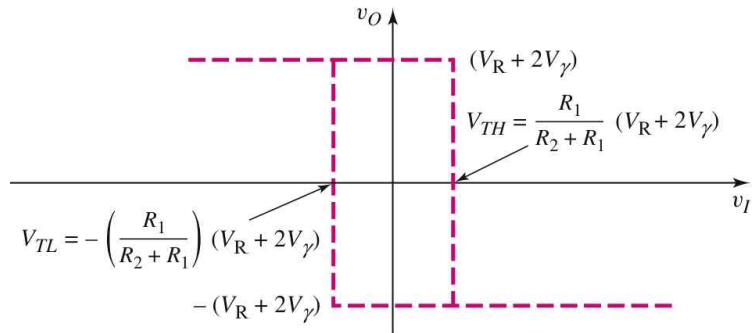
$$V_L = -(V_R + 2V_\gamma)$$

$$V_{TH} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) (V_R + 2V_\gamma)$$

$$V_{TL} = - \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) (V_R + 2V_\gamma)$$

$$V_{HW} = \left( \frac{2R_1}{R_1 + R_2} \right) (V_R + 2V_\gamma)$$

(b)



12.16 (a)  $V_R = 1.1 V$

(b)  $\frac{R_1}{R_2} = 4$

12.17 (a)  $v_o = V_H$

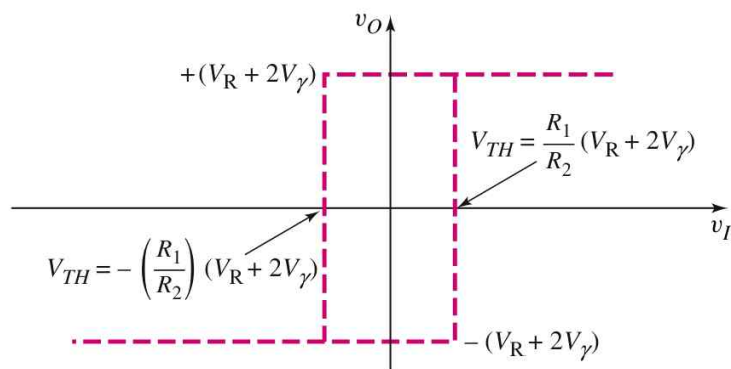
$$V_L = -(V_R + 2V_\gamma)$$

$$V_{TH} = \frac{R_1}{R_2} (V_R + 2V_\gamma)$$

$$V_{TL} = -\frac{R_1}{R_2} (V_R + 2V_\gamma)$$

$$V_{HW} = \frac{2R_1}{R_2} (V_R + 2V_\gamma)$$

(b)



12.18 (a)  $V_R = 1.1 V$

(b)  $\frac{R_1}{R_2} = 0.8$

12.19 (a)  $V_H = V_\gamma = 0.7 V$

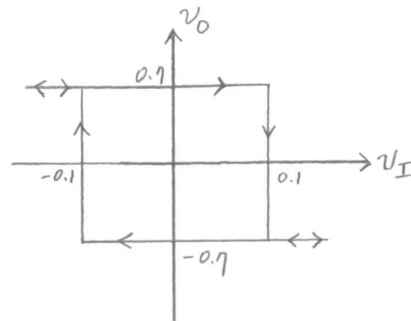
$V_L = -0.7 V$

$V_{TH} = 0.1 V$

$V_{TL} = -0.1 V$

$V_{HW} = 0.2 V$

(b) 입출력 전달특성 그래프



12.20  $V_{TH} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) (V_o - V_\gamma)$

$V_{TL} = 0 V$

따라서 다이오드  $D_1$ 을 이용하여 반전 슈미트 트리거의 하측문턱전압을 0V로 조정할 수 있다.

12.21  $V_{TH} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) (V_o - V_\gamma)$

$V_{TL} = \frac{-R_1}{R_1 + R_3} (V_o - V_\gamma)$

저항값  $R_2, R_3$ 을 조정하여 반전 슈미트 트리거의  $V_{TH}$ 와  $V_{TL}$ 을 조정할 수 있다.

12.22  $V_{TL} = 0V$

$$V_{TH} = \frac{R_1}{R_2}(|V_o| - V_\gamma)$$

다이오드  $D_1$ 을 이용하여 비반전 슈미트 트리거의 하측 문턱전압을 0V로 조정할 수 있다.

12.23  $V_{TL} = \frac{R_1}{R_3}(V_o - V_\gamma)$

$$V_{TH} = \frac{R_1}{R_2}(|V_o| - V_\gamma)$$

저항값  $R_2, R_3$ 을 조정하여 비반전 슈미트 트리거의 문턱전압을 조정할 수 있다.

12.24  $R = 50.27k\Omega, V_Z = 4.3V$

12.25  $R_A = 31.83k\Omega$

12.26  $f = 1.443kHz, \delta = 55\%$

12.27  $R = 9.09k\Omega$

12.28  $RC = 4.55 \times 10^{-6}$

$$R = 455k\Omega$$

12-29 (a)  $1.36kHz \leq f \leq 2.58kHz$

(b)  $50.94\% \leq \delta \leq 96.43\%$