

IT CookBook, 핵심이 보이는 전자회로

[연습문제 답안 이용 안내]

- 본 연습문제 답안의 저작권은 신경욱과 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.

1장. PN 접합 다이오드

[1-31]

$$V_D = 0.5388 \text{ V}$$

[1-32]

$$I_D = 3.54 \text{ mA}$$

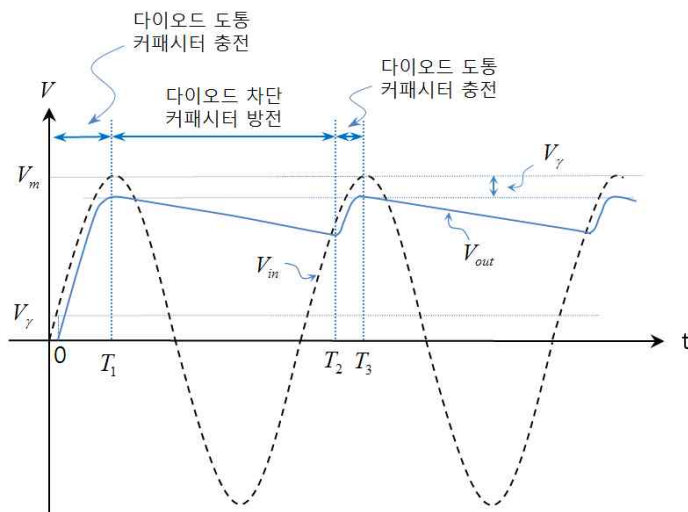
$$V_D = 0.753 \text{ V}$$

$$P_D = 2.666 \text{ mW}$$

[1-33]

$$I_D = 1.475 \text{ mA}$$

[1-34]



* 동작 설명은 생략

[1-35]

$$I = 90.45 \text{ mA}$$

$$V_1 = 21.3 \text{ V}$$

$$V_2 = 3.21 \text{ V}$$

$$V_3 = 2.51 \text{ V}$$

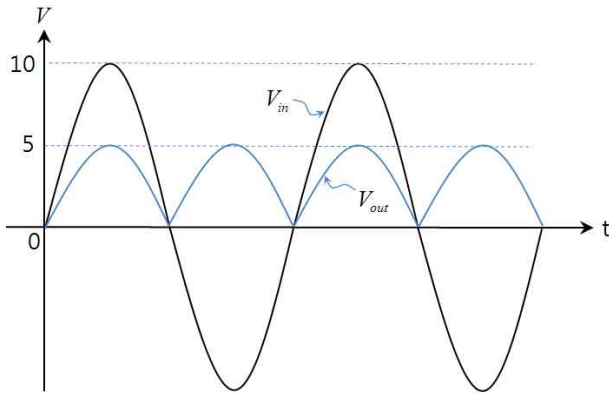
$$V_O = 1.81 \text{ V}$$

[1-36]

$$I = 4.52 \text{ mA}$$

[1-37]

(1)

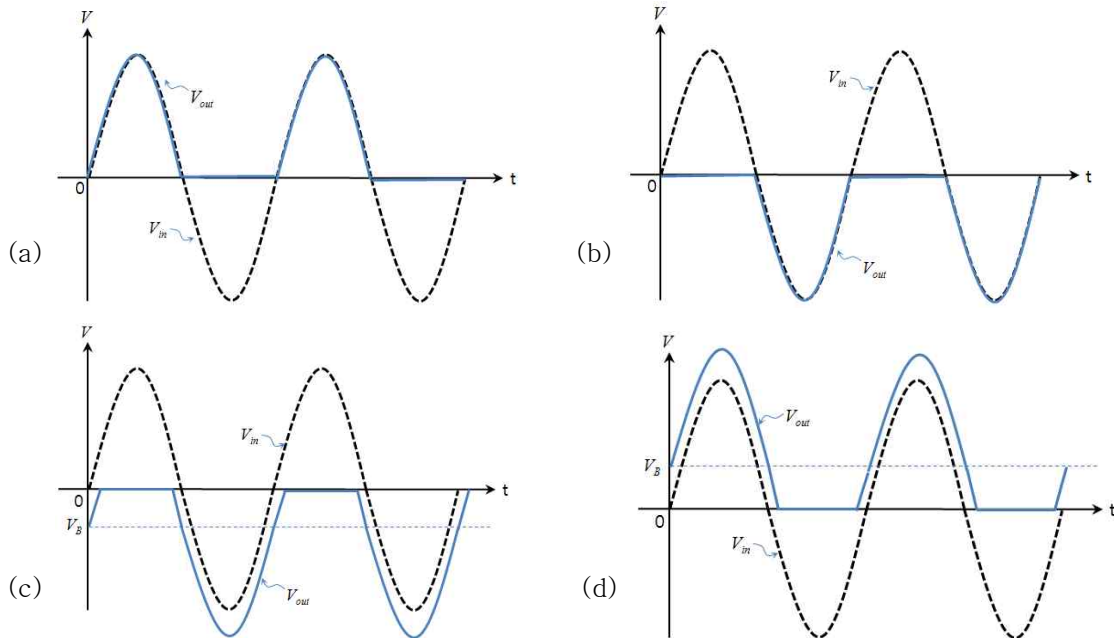


입력과 출력전압의 파형

$$(2) V_{avg} = \frac{2}{T} \int_0^{\pi} V_{out} dt = \frac{10}{\pi} = 3.18 V$$

$$(3) PIV = \frac{V_m}{2} = 5 V$$

[1-38]



[1-39]

$$I_L = 20 mA$$

$$I_S = 62.5 mA$$

제너 다이오드에 흐르는 전류는 $I_Z = 42.5 mA$

제너 다이오드에서 소비되는 전력은 $P_Z = 212.5 mW$

[1-40]

$$V_{S, max} = 14.6 V$$

2장. BJT 증폭기

[2-51]

$$I_{BQ} = 9 \mu A$$

$$I_{CQ} = 2.05 \text{ mA}$$

$$I_{EQ} = 2.06 \text{ mA}$$

$$V_{ECQ} = 3.9 \text{ V}$$

[2-52]

$$I_{EQ} = 2.87 \text{ mA}$$

$$I_{BQ} = 18.5 \mu A$$

$$I_{CQ} = 2.85 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = 3.415 \text{ V}$$

[2-53]

$$R_1 = 122.26 \text{ k}\Omega$$

[2-54]

$$R_1 = 279.6 \text{ k}\Omega, R_2 = 52.78 \text{ k}\Omega$$

[2-55]

$$A_v = -9.4 \text{ V/V}$$

[2-56]

$$R_1 = 558.67 \text{ k}\Omega, R_{in} = 74.75 \text{ k}\Omega$$

따라서 $R_{in} > 15 \text{ k}\Omega$ 의 조건을 만족한다.

[2-57]

$$I_{BQ} = 10.82 \mu A$$

$$I_{CQ} = 2.48 \text{ mA}$$

$$I_{EQ} = 2.49 \text{ mA}$$

$$V_{ECQ} = 4.29 \text{ V}$$

$$A_v = -6.4 \text{ V/V}$$

[2-58]

$$I_{BQ} = 7.19 \mu A$$

$$I_{CQ} = 1.65 \text{ mA}$$

$$I_{EQ} = 1.66 \text{ mA}$$

$$V_{ECQ} = 5.52 \text{ V}$$

$$A_v = 0.99 \text{ V/V}$$

[2-59]

$$A_v = 9.33$$

[2-60]

(a) $A_{v1} = -139.52 \text{ V/V}$

(b) $A_{v2} = 0.989 \text{ V/V}$

(c) $A_v = -137.98 \text{ V/V}$

3장. MOSFET 증폭기

[3-31]

$$W = 4 \mu m$$

[3-32]

$$I_D = 0.7 mA$$

$$V_{SD} = 2.2 V$$

[3-33]

$$R_D = 1.2 k\Omega$$

$$R_1 = 600 k\Omega, R_2 = 120 k\Omega$$

[3-34]

$$V_O = V_{GS2} = 3 V$$

$$I_D = 1.2 mA$$

[3-35]

$$\frac{W}{L} = 4$$

[3-36]

$$(i) r_d = 20 k\Omega$$

$$(ii) \lambda = 0.0217 V^{-1}$$

[3-37]

$$\text{증폭기의 입력저항} : R_i = R_1 \parallel R_2 = 14.29 k\Omega$$

$$\text{출력저항} : R_o = R_D \parallel r_d = 2.83 k\Omega \text{ 이다.}$$

$$\text{소신호 전압이득} : A_v = -g_m(r_d \parallel R_D) \times \left(\frac{R_i}{R_i + R_{SS}} \right) = -2.73 V/V$$

[3-38]

$$\text{입력저항} : R_i = 60 k\Omega$$

$$\text{소신호 전압이득} : A_v = \left(\frac{g_m(R_S \parallel r_d)}{1 + g_m(R_S \parallel r_d)} \right) \times \left(\frac{R_i}{R_i + R_{SS}} \right) = 0.81 V/V$$

[3-39]

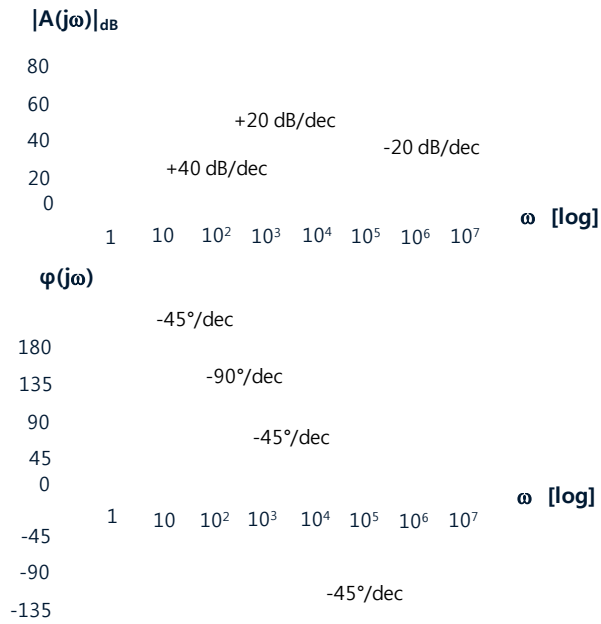
$$A_v = -g_{m,D} \times \left(\frac{1}{g_{m,L}} \parallel r_{d,D} \parallel r_{d,L} \right) = -3.09 V/V$$

[3-40]

$$A_v = -g_{m,D} \times (r_{d,D} \parallel r_{d,L}) = -157.5 V/V$$

4장. 증폭기의 주파수 응답 특성

[4-31]



[4-32]

$$f_{\beta} = 3.38 \text{ MHz}$$

$$f_T = 507 \text{ MHz}$$

[4-33]

$$f_T = 44.05 \text{ MHz}$$

[4-34]

$$\tau_o = 28.0 \text{ msec}$$

$$f_L = 5.68 \text{ Hz}$$

[4-35]

$$C_C = 0.19 \mu F$$

[4-36]

$$f_L = 382.58 \text{ Hz}$$

$$f_H = 587.83 \text{ kHz}$$

[4-37]

- (a) 밀러 커패시턴스 ; $C_M = 6.4 \text{ pF}$
 입력 커패시턴스 ; $C_i = 18.4 \text{ pF}$
- (b) $f_H = 5.59 \text{ MHz}$

[4-38]

- (a) 입력 커패시턴스 : $C_i = 1.62 pF$
(b) 상측 차단주파수 : $f_H = 196.49 MHz$

[4-39]

$$C_C = 22.92 nF$$

[4-40]

$$f_H = 7.31 MHz$$

5장. 차동증폭기와 전력증폭기

[5-31]

$$v_o = 2.003 \text{ mV}$$

[5-32]

(i) 차동모드 이득 : $A_{dm} = -g_m R_C$

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

[5-33]

(i) 차동모드 이득 : $A_{dm, vo2} = -3.75$

(ii) 공통모드 이득 : $A_{cm} = -49.67 \times 10^{-3}$

(iii) CMRR : $CMRR = 75.50$ 또는 $CMRR_{dB} = 37.56 \text{ dB}$

[5-34]

(i) 최대 컬렉터 전류 : $I_{C, \max} = 0.3 \text{ A}$

(ii) 최대 컬렉터 전압 : $V_{CE, \max} = 30 \text{ V}$

(iii) 최대 전력소비 : $P_{D, \max} = 2.25 \text{ W}$

(iv) 컬렉터 정격전류는 0.3 A 이상, 컬렉터-이미터 정격전압은 30 V 이상, 그리고 정격전력은 2.25 W 이상인 소자를 선택해야 한다.

[5-35]

$$\eta = 16\%$$

[5-36]

(a) $V_{CEQ} = 10 \text{ V}$, $I_{CQ} = 0.136 \text{ A}$

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

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

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

[5-37]

$$V_{CC, \min} = 6 \text{ V}$$

[5-38]

$$\overline{P_L} = 4.0 \text{ W}$$

[5-39]

$$T_J = 129.9^\circ \text{C}, \quad T_C = 92.1^\circ \text{C}, \quad T_S = 79.5^\circ \text{C}$$

[5-40]

$$P_{D, \max} = 30.9 \text{ W}$$

6장. 귀환증폭기

[6-41]

개방루프 이득 (A)	β
$A = 10^2$	0.01
$A = 10^3$	0.019
$A = 10^4$	0.0199
$A = \infty$	0.02

[6-42]

$$A = 20$$

$$\beta = 0.00475$$

[6-43]

$$i) R_{if} = 8 M\Omega$$

$$ii) R_{of} = 10 \Omega$$

[6-44]

$$i) R_{if} = 0.8 \Omega$$

$$ii) R_{of} = 37.5 M\Omega$$

[6-45]

(a) 입력 결선: 직렬(series), 출력 결선: 병렬(shunt)

$$(b) \beta_v = \frac{V_{fb}}{V_o} = 1$$

$$A_{vf} = 1 V/V$$

[6-46]

i) positive feedback(정귀환)을 갖는다.

ii) $A_v \beta_v < 0$ 이므로 positive feedback(정귀환)이다.

[6-47]

(a) 입력 결선: 직렬(series), 출력 결선: 직렬(series)

$$(b) \beta_z = 0.5 k\Omega$$

$$A_{gf} = 2.0 mA/V$$

[6-48]

(a) 입력 결선: 직렬(series), 출력 결선: 직렬(series)

$$(b) \beta_z = \frac{R_{E1} R_{E3}}{R_{E1} + R_F + R_{E3}}$$

$$A_{gf} = \frac{R_{E1} + R_F + R_{E3}}{R_{E1} R_{E3}}$$

[6-49]

(a) 입력 결선: 병렬(shunt), 출력 결선: 직렬(series)

$$(b) \beta_i = \frac{I_{fb}}{I_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_F}$$

$$A_{if} = 21 \text{ A/A}$$

[6-50]

(a) 입력 결선: 병렬(shunt), 출력 결선: 병렬(shunt)

$$(b) A_{zf} = -250 \text{ k}\Omega$$

$$A_{vf} = -5 \text{ V/V}$$

7장. 연산증폭기

[7-31]

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R_1 \parallel R_2$$

[7-32]

$$R_i = R_1 = 50 \text{ k}\Omega$$

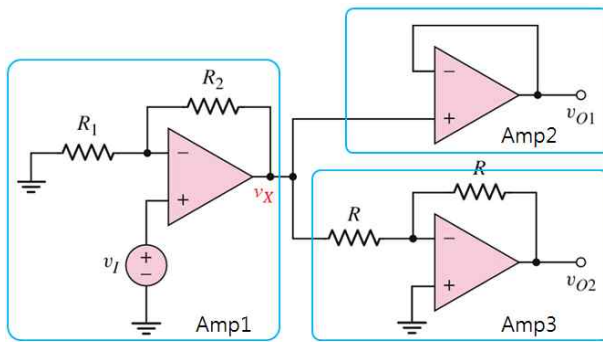
$$R_2 = 500 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 45.5 \text{ k}\Omega$$

[7-33]

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

[7-34]



Amp1은 비반전 증폭기이므로, 출력전압은 $v_X = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_I$

Amp2는 전압이득이 $A_{v2} = 1 \text{ V/V}$ 인 voltage follower이므로, 출력전압은 $v_{O1} = v_X = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_I$

Amp3는 전압이득이 $A_{v3} = -\frac{R}{R} = -1 \text{ V/V}$ 인 반전증폭기 이므로, 출력전압은

$$v_{O2} = -v_X = - \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_I$$

[7-35]

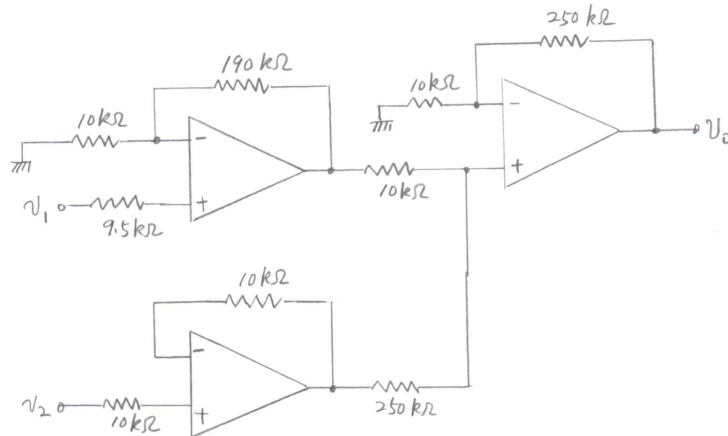
$$R_i = \frac{v_1}{i_1} \cong 0$$

$$v_O = -R_F i_2 = -R_F i_S$$

[7-36]

$$V_{p, \max} = 99.47 \text{ mV}$$

[7-37] 설계 예



[7-38]

$$v_O = -R_2 i_2 = -R_2 C_1 \frac{dv_I}{dt}$$

따라서 출력전압 v_O 는 입력전압의 미분값에 비례한다.

[7-39]

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

따라서 출력전압은 입력전압의 로그값에 비례한다.

[7-40]

$$f_{\max} = 200 \text{ kHz}$$

8장. 응용회로

[8-31]

$$R_1 = 80 \text{ k}\Omega$$

[8-32]

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

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

[8-33]

i) $f_o = 1 \text{ kHz}$ 인 경우; $L = 256.64 \text{ H}$

ii) $f_o = 2 \text{ MHz}$ 인 경우; $L = 64.16 \mu\text{H}$

$$64.16 \mu\text{H} \leq L \leq 256.64 \text{ H}$$

[8-34] 저항의 단위를 $\text{k}\Omega$ 으로 생각한다.

$$R_2 = 225 \text{ k}\Omega$$

$$V_R = 1.67 \text{ V}$$

[8-35]

i) $v_o > 0$ 인 경우, D_1 은 ON되고, D_2 는 OFF되므로, $V_{TH} = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) (v_o - V_\gamma)$

ii) $v_o < 0$ 인 경우, D_1 은 OFF되고, D_2 는 ON되므로, $V_{TL} = \frac{-R_3}{R_2 + R_3} (v_o - V_\gamma)$

\therefore 저항값 R_1, R_2 를 조정하여 반전 슈미트 트리거의 V_{TH} 와 V_{TL} 을 조정할 수 있다.

[8-36] 저항의 단위를 $\text{k}\Omega$ 으로 생각한다.

$$R_2 = 50 \text{ k}\Omega$$

$$V_R = -1.36 \text{ V}$$

[8-37]

i) $v_o > 0$ 인 경우, 다이오드 D_1 은 OFF되고 D_2 는 ON되므로, $V_{TL} = \frac{R_3}{R_2} (v_o - V_\gamma)$

ii) $v_o < 0$ 인 경우, 다이오드 D_1 은 ON되고 D_2 는 OFF되므로, $V_{TH} = \frac{R_3}{R_1} (|v_o| - V_\gamma)$

\therefore 저항값 R_1, R_2 를 조정하여 비반전 슈미트 트리거의 문턱전압을 조정할 수 있다.

[8-38]

$$V_{\max} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_R + \frac{R_1}{R_2} V_o$$

$$V_{\min} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_R - \frac{R_1}{R_2} V_o$$

$$V_{avg} = \frac{V_{\max} + V_{\min}}{2} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_R$$

[8-39]

$$V_R = 2 \text{ V}$$

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$$

[8-40]

(a) 발진주파수의 범위

$$R_{A,\min} \text{ 과 } R_{B,\max} \text{ 일 때, } f_{\min} = 1.36 \text{ kHz}$$

$$R_{A,\max} \text{ 와 } R_{B,\min} \text{ 일 때, } f_{\max} = 2.58 \text{ kHz}$$

$$\therefore 1.36 \text{ kHz} \leq f \leq 2.58 \text{ kHz}$$

(b) 충격계수의 범위

$$\cdot R_{A,\min} \text{ 과 } R_{B,\max} \text{ 일 때, } \delta_{\min} = 50.94\%$$

$$\cdot R_{A,\max} \text{ 와 } R_{B,\min} \text{ 일 때, } \delta_{\max} = 96.43\%$$

$$\therefore 50.94\% \leq \delta \leq 96.43\%$$