1.

1. $|H(j\omega_1)G(j\omega_1)|=1,\ \angle H(j\omega_1)G(j\omega_1)=180^\circ$

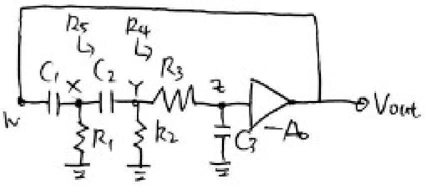
7. $C_D \to 2C_D$

$-\tan^{-1}(R_D\cdot 2C_D\omega_1)=-60^\circ,\ R_D\cdot 2C_D\omega_1=\sqrt{3},\ \boxed{\omega_1=\dfrac{\sqrt{3}}{2R_DC_D}}$ ~> C_D일 때의 $\frac{1}{2}$배

startup condition : $\left(\dfrac{g_mR_D}{\sqrt{1+R_D^2(2C_D)^2\omega_1^2}}\right)^3=1$

$g_mR_D=\sqrt{1+R_D^2\cdot 4C_D^2\cdot\dfrac{3}{4R_D^2C_D^2}}=\boxed{2}$ ~> C_D일 때와 같다.

33.



$$\frac{Z}{Y}=\frac{\frac{1}{sC_3}}{R_3+\frac{1}{sC_3}}=\frac{1}{sC_3R_3+1}=\frac{1}{sCR+1}$$

$$R_4=R_2\|(R_3+\frac{1}{sC_3})=\frac{R_2(R_3+\frac{1}{sC_3})}{R_2+R_3+\frac{1}{sC_3}}=\frac{sCR^2+R}{2sCR+1}$$

$$\frac{Y}{X}=\frac{R_4}{\frac{1}{sC_2}+R_4}=\frac{\frac{sCR^2+R}{2sCR+1}}{\frac{1}{sC}+\frac{sCR^2+R}{2sCR+1}}=\frac{(sCR)^2+sCR}{2sCR+1+(sCR)^2+sCR}=\frac{(sCR)^2+(sCR)}{(sCR)^2+3(sCR)+1}$$

$$R_5=R_1\|(\frac{1}{sC_2}+R_4)=\frac{R(\frac{1}{sC}+\frac{sCR^2+R}{2sCR+1})}{R+\frac{1}{sC}+\frac{sCR^2+R}{2sCR+1}}=\frac{s^2C^2R^3+3sCR^2+R}{3(sCR)^2+4(sCR)+1}$$

$$\frac{X}{V_{in}}=\frac{R_5}{\frac{1}{sC_1}+R_5}=\frac{R_5}{\frac{1}{sC}+\frac{R\{(sCR)^2+3(sCR)+1\}}{3(sCR)^2+4(sCR)+1}}=\frac{(sCR)^3+3(sCR)^2+(sCR)}{(sCR)^3+6(sCR)^2+5(sCR)+1}$$

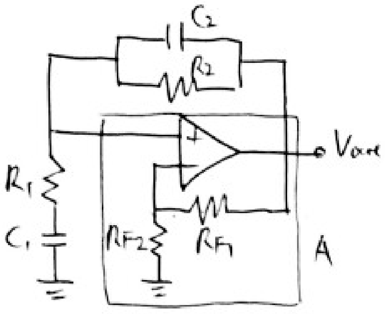
$$\frac{Z}{V_{in}}=\frac{X}{V_{in}}\cdot\frac{Y}{X}\cdot\frac{Z}{Y}=\frac{1}{sCR+1}\cdot\frac{(sCR)^2+(sCR)}{(sCR)^2+3(sCR)+1}\cdot\frac{(sCR)^3+3(sCR)^2+(sCR)}{(sCR)^3+6(sCR)^2+5(sCR)+1}$$

$$=\frac{(sCR)^2}{(sCR)^3+6(sCR)^2+5(sCR)+1}$$

$$\therefore T(s)=\frac{-A_0\cdot(sCR)^2}{(sCR)^3+6(sCR)^2+5(sCR)+1}$$

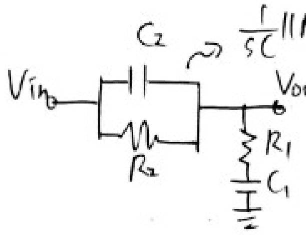
→ $s=j\omega$를 대입하면 분자의 위상은 0°
분모가 3차함수이므로 pole의 개수는 3개이다.
따라서 $T(s)$의 위상은 -270° 밑으로 떨어질 수 없다.
그런데 oscillation하기 위해서는 -360°가 되어야 하므로
이 회로는 oscillation하지 않는다.

36.



$R_1=R_2$, $C_1=C_2$ 라고 가정.

$$\frac{1}{sC}\| R = \frac{\frac{R}{sC}}{\frac{1}{sC}+R} = \frac{R}{1+sCR} = R_3$$



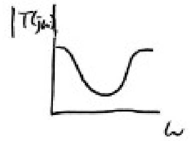
$$R+\frac{1}{sC} = \frac{1+sCR}{sC} = R_4$$

$$A = 1+\frac{R_{F1}}{R_{F2}} \qquad \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_4}{R_3+R_4}$$

$$T(s) = A\,\frac{\frac{1+sCR}{sC}}{\frac{R}{1+sCR}+\frac{1+sCR}{sC}} = A\,\frac{(sCR)^2+2(sCR)+1}{(sCR)^2+3(sCR)+1}$$

$$\angle T\,(s=j\omega) = \tan^{-1}\frac{2RC\omega}{1-R^2C^2\omega^2} - \tan^{-1}\frac{3RC\omega}{1-R^2C^2\omega^2}$$

여기서 $\angle T(j\omega)=0^\circ$ 을 만족시키는 ω는 0°, $\frac{1}{RC}$, ∞ 이다.

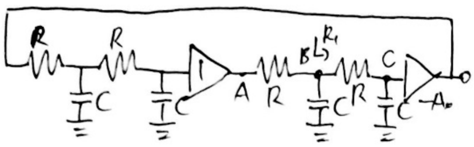


$|T(j\omega)|$의 그래프를 그려보면 $\omega=0^\circ$, $\omega=\infty$에서 가장 크므로

이 회로는 정상적으로 발진하지 않는다.

2.

2.



(a) $R_1 = \frac{1}{sC} \| \left(R + \frac{1}{sC}\right) = \frac{\frac{1}{sC}\left(R+\frac{1}{sC}\right)}{\frac{2}{sC}+R} = \frac{sCR+1}{sC(2+sCR)}$

$$\frac{B}{A} = \frac{R_1}{R+R_1}, \quad \frac{C}{B} = \frac{\frac{1}{sC}}{R+\frac{1}{sC}}$$

$$\frac{C}{A} = \frac{\frac{sCR+1}{sC(2+sCR)}}{R+\frac{sCR+1}{sC(2+sCR)}} \cdot \frac{\frac{1}{sC}}{R+\frac{1}{sC}} = \frac{\frac{sCR+1}{sC(2+sCR)}}{\frac{sCR(2+sCR)+sCR+1}{sC(2+sCR)}} \cdot \frac{1}{sCR+1}$$

$$= \frac{1}{(sCR)^2+3(sCR)+1}$$

버퍼가 있으므로 앞뒤가 분리되어 $\frac{C}{A}$가 2-stage의 형태로 된다.

$$\therefore \boxed{T(s) = \frac{1}{\{(sCR)^2+3(sCR)+1\}^2} \cdot (-A_0)}$$

(b) oscillation 조건: $\angle T(s) = 0°$ or $360°$

$\rightarrow \{(sCR)^2+3(sCR)+1\}^2$

여기서 분자의 위상은 $-$(상수)이므로 $-180°$이다. 따라서 분모의 위상은 $+180°$ or $-180°$가 되어야 한다.

$s=j\omega$을 대입하면

↳ $(sCR)^2+3(sCR)+1$의 위상은 $\pm 90°$가 되어야 한다.

$$-(\omega RC)^2 + j3(\omega RC) + 1 = 0 \rightarrow \tan\frac{(\text{Imaginary})}{(\text{Real})} = \pm 90°$$

(Real)$=0$이 되는 ω를 찾으면 된다. $\rightarrow \omega RC = 1$, $\boxed{\omega = \frac{1}{RC}}$

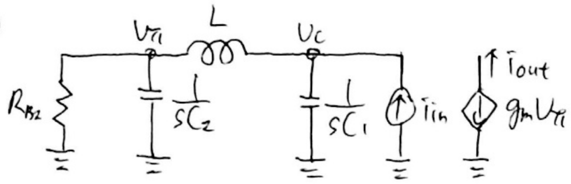
(c) oscillation이 시작하기 위한 loop gain의 범위: $|T(s)| \geq 1$ 이므로 $|T(s)|=1$이 되는 A_0를 찾으면 된다.

$s = j\frac{1}{RC}$을 대입하면

$$\frac{|-A_0|}{(|-1+1+j3|)^2} = 1, \quad \boxed{A_0 = 9}$$

3.

3. (a)



$i_{out} = -g_m v_\pi$

$$\left(\frac{1}{R_{B2}} + sC_2\right) v_\pi = \frac{v_c - v_\pi}{sL}$$

$$v_c = sL\left(\frac{1}{R_{B2}} + sC_2\right) v_\pi + v_\pi = \left\{1 + sL\left(\frac{1}{R_{B2}} + sC_2\right)\right\} v_\pi$$

$$i_{in} = \left(\frac{1}{R_{B2}} + sC_2\right) v_\pi + sC_1 v_c$$
$$= \left(\frac{1}{R_{B2}} + sC_2\right) v_\pi + sC_1\left(1 + s\frac{L}{R_{B2}} + s^2 LC_2\right) v_\pi$$

$$\boxed{\frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{-g_m}{\left(\frac{1}{R_{B2}} + sC_2\right) + sC_1\left(1 + s\frac{L}{R_{B}} + s^2 LC_2\right)}}$$

(b) Loop gain $= AK(s) \xrightarrow[\text{oscillation 조건}]{} |AK(s)| = 1,\ \angle AK(s) = 0° \ (\text{or } -360°)$

분모가 ±180°가 되어야 하므로 imaginary part가 0이 되어야 한다.

분모: $\frac{1}{R_{B2}} + sC_2 + sC_1 + s^2\frac{LC_1}{R_{B2}} + s^3 LC_1C_2 = s^3 LC_1C_2 + \frac{LC_1}{R_{B2}}s^2 + (C_1+C_2)s + \frac{1}{R_{B2}}$

$s = j\omega$를 대입하면

$j\{\underbrace{-\omega^3 LC_1C_2 + \omega(C_1+C_2)}_{0}\} - \frac{LC_1}{R_{B2}}\omega^2 + \frac{1}{R_{B2}}$ 에서 $\omega^3 LC_1C_2 = \omega(C_1+C_2)$가 되는 ω를 구한다

$\rightarrow \omega^2 = \frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}$

$\rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}}}$

(c) $|AK(s)| = 1$ 에서

$\frac{|-g_m|}{\left|1 - \frac{LC_1}{R_{B2}}\omega^2 + \frac{1}{R_{B2}}\right|} = 1$ 에서 $\omega^2 = \frac{C_1+C_2}{LC_1C_2}$ 을 대입하면

$\frac{LC_1}{R_{B2}} \cdot \frac{C_1+C_2}{LC_1C_2} - \frac{1}{R_{B2}} = g_m$, $\frac{C_1+C_2}{C_2} - 1 = g_m R_{B2} \rightarrow \frac{C_1}{C_2} = g_m R_{B2}$ ①

$g_m = \frac{I_C}{V_T}$ 에서 $g_m = \frac{1mA}{26mV}$ 이므로 이를 ①에 대입하면, $\boxed{R_{B2} = \frac{1}{g_m} = 26\Omega}$