第 1 章

□ 1

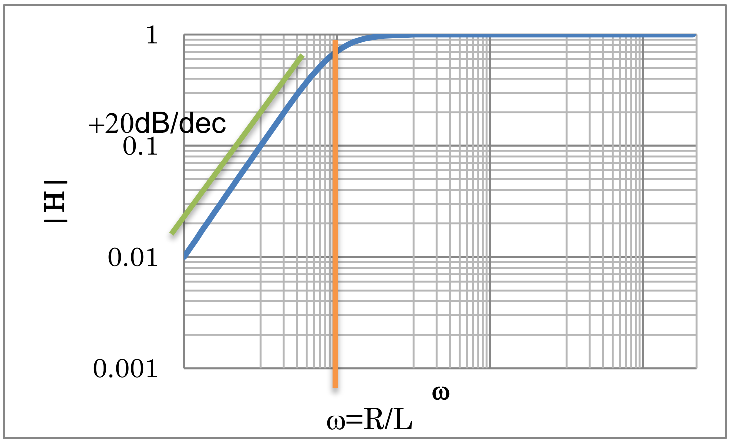
（1）

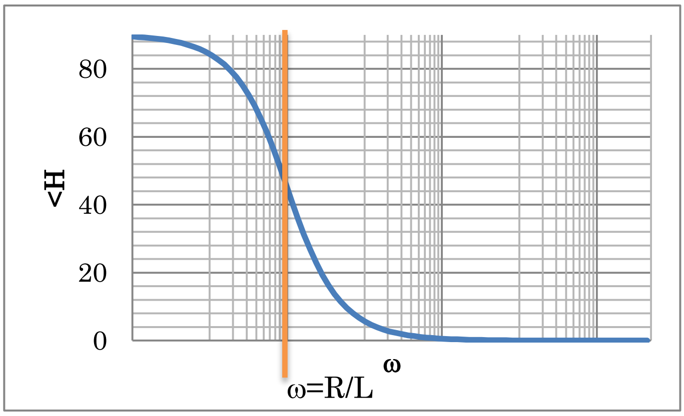
① $H(s)=\frac{sL}{R+sL}$　② $H(s)=\frac{sCR}{s^2LCR+sL+R}$　③ $H(s)=\frac{sCR}{s^2CL+sCR+1}$　④ $H(s)=\frac{R}{sL+R}$

⑤ $H(s)=\frac{s^2CL+1}{s^2CL+sCR+1}$

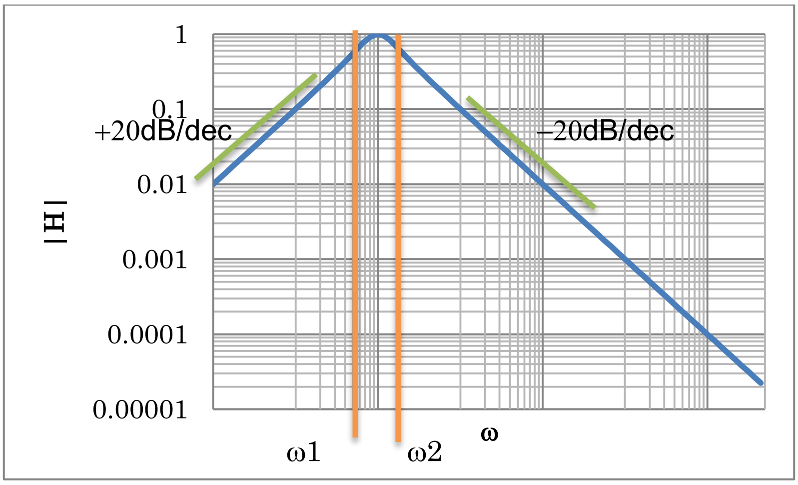
（2）

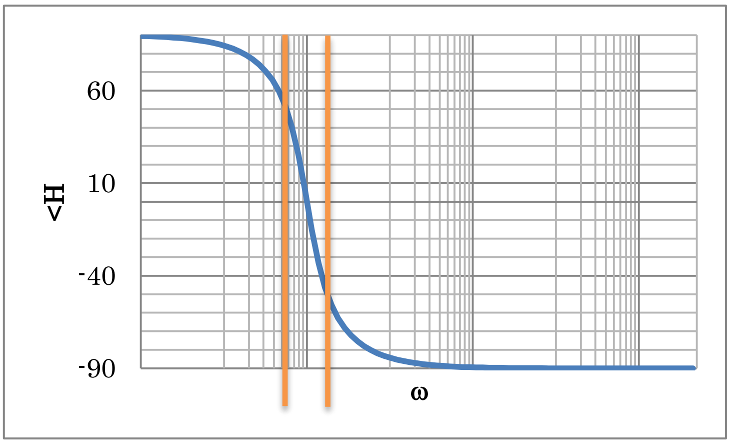
①





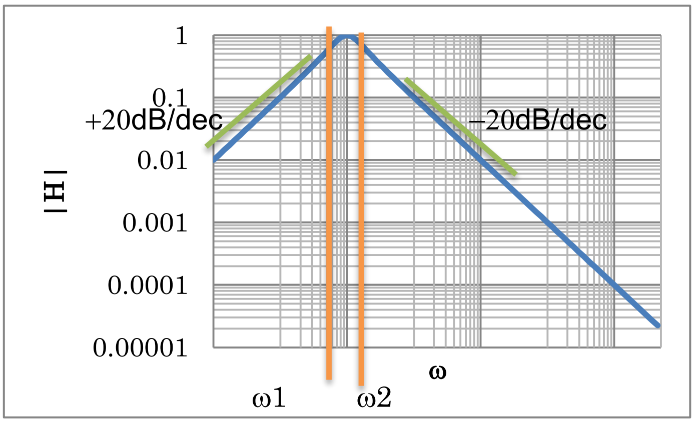
②

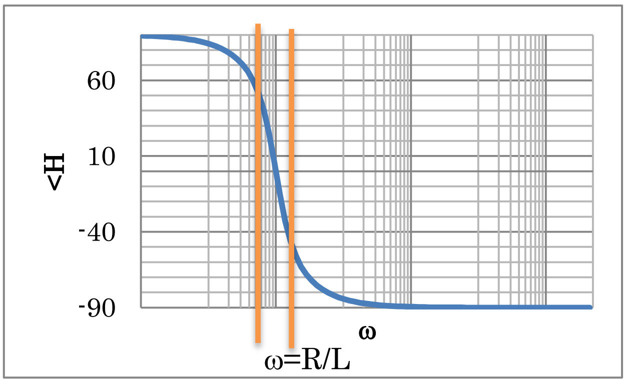




$$\omega_1, \omega_2 = \sqrt{\frac{2CR^2 + L \pm \sqrt{L^2 + 4LCR^2}}{2LC^2R^2}}$$

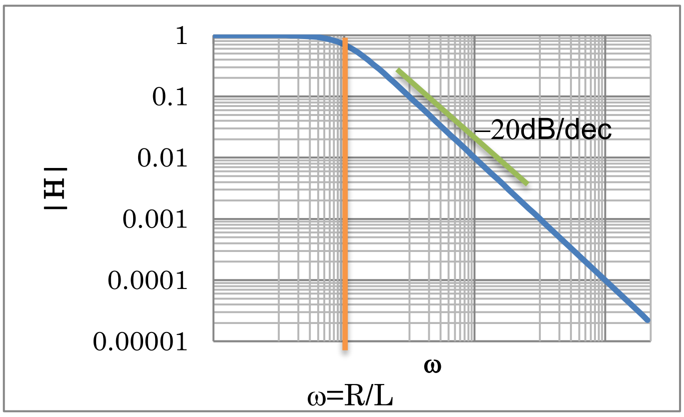
③

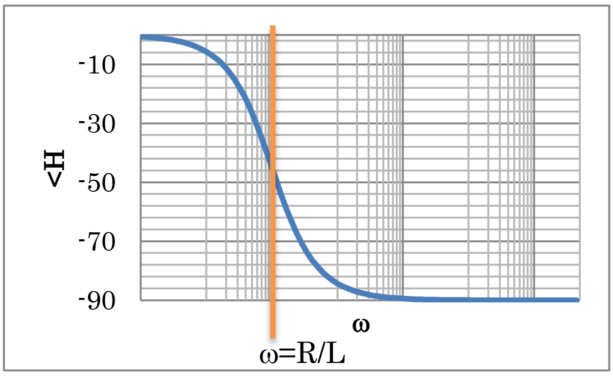




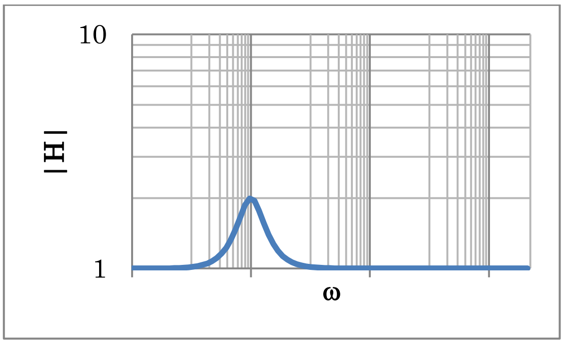
$$\omega_1, \omega_2 = \sqrt{\frac{2L + CR^2 \pm \sqrt{C^2R^2 + 4CL}}{2CL^2}}$$

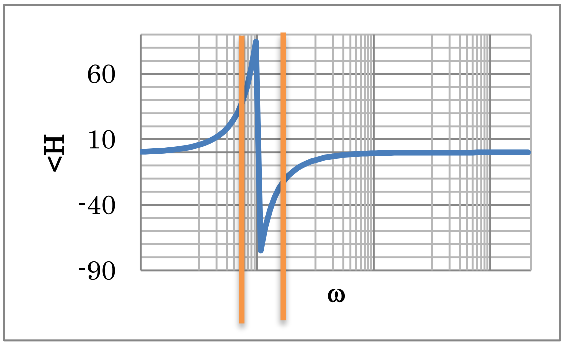
④





⑤





$$\omega_1, \omega_2 = \sqrt{\frac{2L + CR^2 \pm \sqrt{C^2R^2 + 4CL}}{2CL^2}}$$

（３）

省略

第２章

□１

（１）　$C_{ox} = \varepsilon\varepsilon_r \frac{1}{d} = 4.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{F/m^2}$

（２）$\mu C_{ox}\frac{W}{L} = 350 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-3} \times \frac{50}{0.5} = 1.4 \times 10^{-2}$ →

$$I_d = \frac{1}{2}\mu C_{ox}\frac{W}{L}(V_{GS} - V_{TH})^2(1 + \lambda V_{DS}) = \frac{1}{2} \times 1.4 \times 10^{-2} \times (5 - 0.7)^2(1 + 0.5) = 1.9 \times 10^{-1}$$

$$= 190\mathrm{mA}$$

（３）$g_m = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}} = 10\mathrm{mS}$

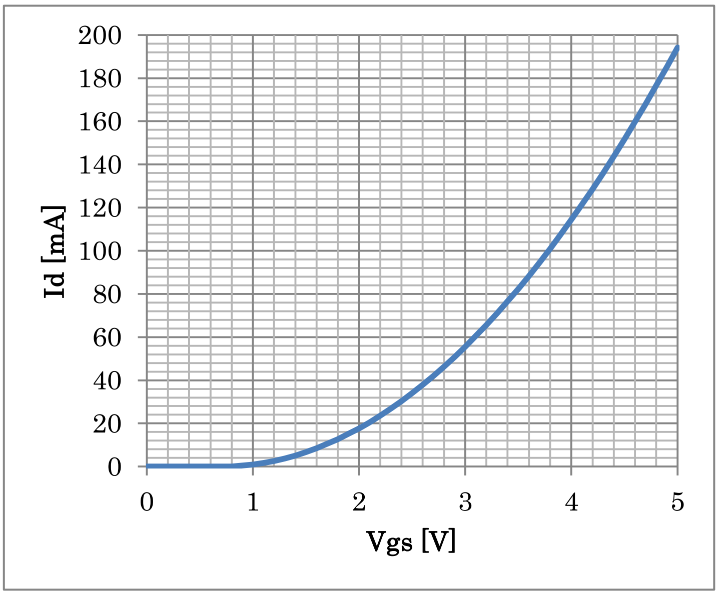
$\frac{W}{L}$: $\lambda = 0$の時：$\frac{W}{L} = \frac{2I_D}{\mu C_{ox}\frac{W}{L}(V_{GS} - V_{TH})^2} = 0.357 \fallingdotseq 0.36$

実際には$\frac{W}{L} = \frac{2I_D}{\mu C_{ox}\frac{W}{L}(V_{GS} - V_{TH})^2(1 + \lambda V_{DS})}$である。したがって、

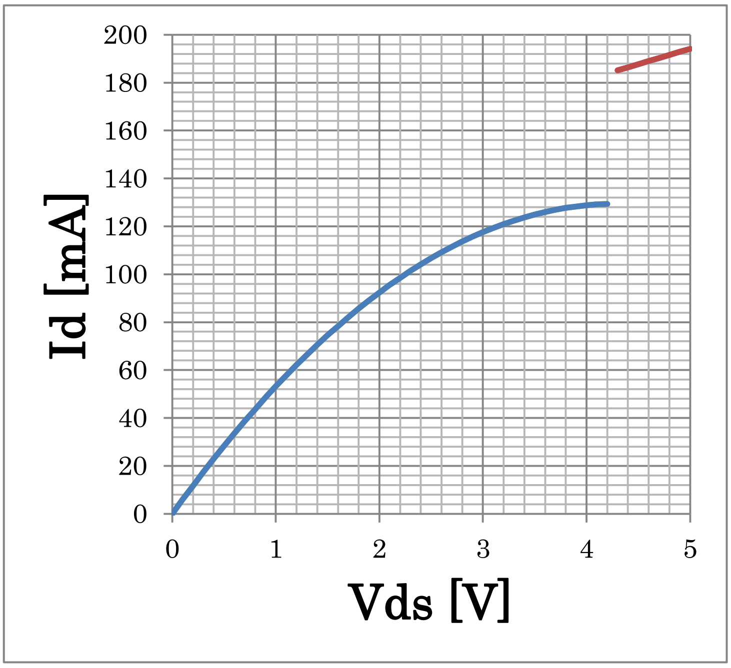
V_{DS}[V]	$\frac{W}{L}$
1	0.32
2	0.30
3	0.27
4	0.26
5	0.24

のようになる。

（４）



（５）線形と飽和領域でチャネル長変調効果の分段差が生じてしまう



（６）の時トランジスタは飽和領域であるため（$V_{GS} = V_{DS} + V_{TH} = 3.7V$とした時のドレイン電流が 0.5mA より大きくなるため、ゲート電圧が、$V_{GS} < V_{DS} + V_{TH}$を満たすため）。

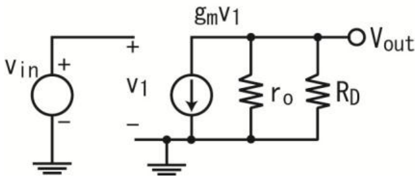
よって $(V_{GS} - V_{TH})^2 = \frac{2I_D}{\mu C_{ox}\frac{W}{L}(1+\lambda V_{DS})} = 0.0549$ → $V_{GS} = V_{TH} + 0.23 = 0.93V$

$$g_m = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}} = 4.26mS ≒ 4.3mS$$

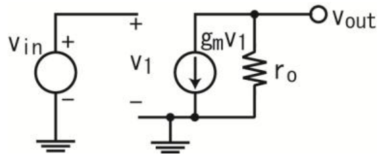
□２　この時トランジスタは飽和領域であるため、$\mathrm{I_d} = \frac{1}{2}\mu C_{ox}\frac{W}{L}(V_{GS} - V_{TH})^2(1 + \lambda V_{DS}) = \frac{1}{2}10\mathrm{m}(3 - 0.7)^2(1 + 0.1 \times 5) = 39.6\mathrm{mA} ≒ 40\mathrm{mA}$

第３章

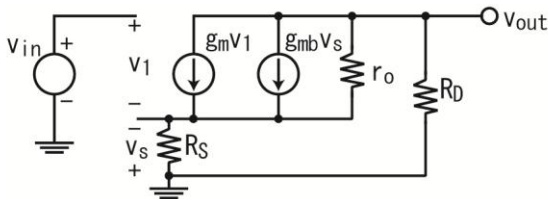
□１



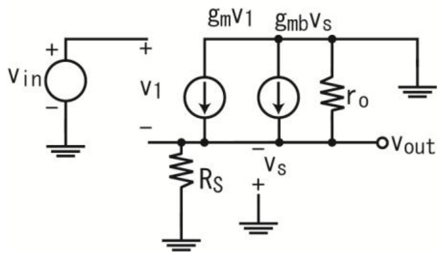
(a)



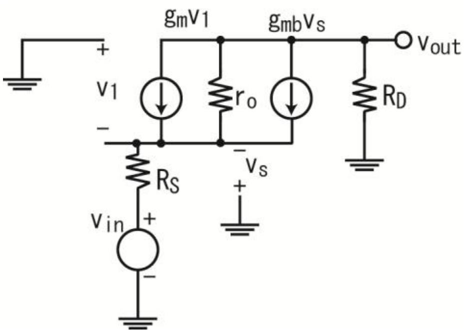
(b)



(c)



(d)



(e)

□２　$\Delta \mathrm{I_d} = g_m \Delta V_{GS} = 10\mathrm{mS} \times 100\mathrm{mV} = 1\mathrm{mA}$

□３

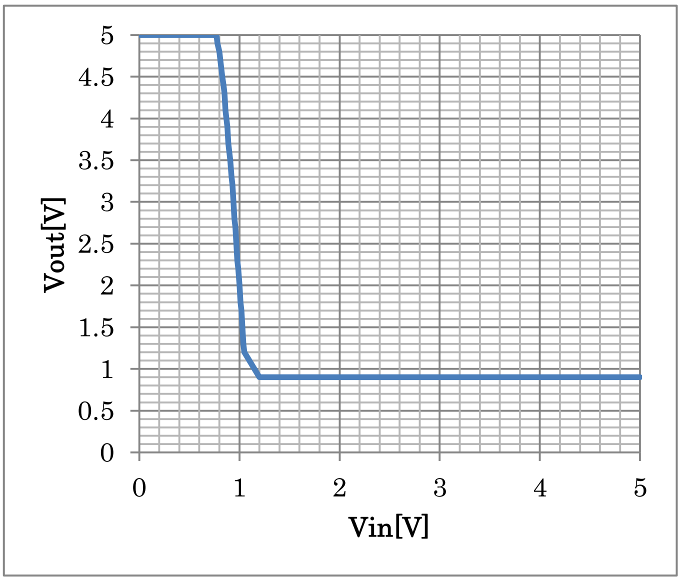
N1: $2\mathrm{C_d} + 2C_g$, N2: $2\mathrm{C_d} + \mathrm{C_L}$

N3: $\mathrm{C_d} + C_s$, N4: $2\mathrm{C_d} + 2C_g$, N5: $\mathrm{C_d} + \mathrm{C_s} + 2\mathrm{C_g}$, N6: $\mathrm{C_d} + \mathrm{C_s}$, N7: $2\mathrm{C_d} + C_L$, C8: $\mathrm{C_d} + \mathrm{C_s}$

N9: $\mathrm{C_d} + \mathrm{C_s}$, N10: $2\mathrm{C_d} + \mathrm{C_s}$, N11: $\mathrm{C_d} + \mathrm{C_s}$

第４章

□１



□２　グラフから読み取る

$A_v = -20$

□３

（１）、（２）

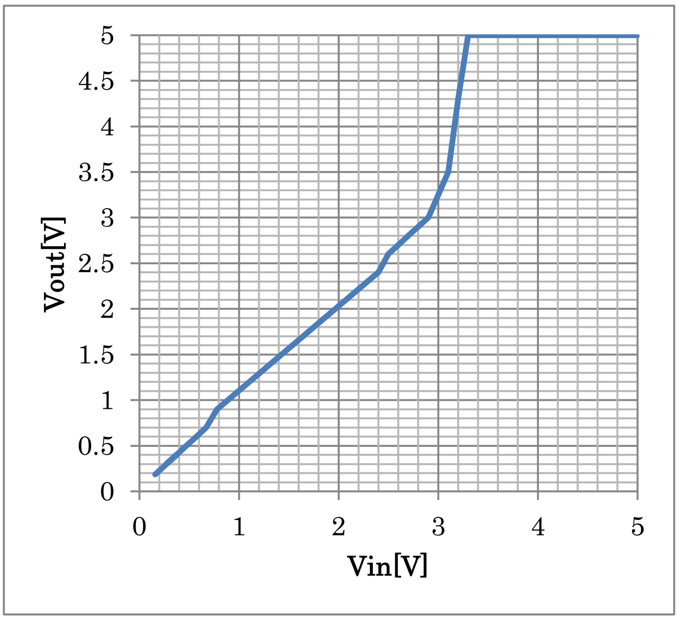
(a) $A_v = -g_m(r_o||R_D) = -10\text{m}(5\text{k}||10\text{k}) = -3.3$

(b) $A_v = -g_m r_o = -10m\ 10\text{k} = 100$

(c) $A_v = -\frac{g_m r_o R_D}{R_D + r_o + R_S\{1 + (g_m + g_{mb}) r_o\}} = -\frac{10\text{m}\ 10\text{k}\ 5\text{k}}{10\text{k}+5\text{k}+1\text{k}\{1+(10\text{m}+1\text{m})10\text{k}\}} = -\frac{500}{126} = -3.968 ≒ 4.0$

第５章

□１



□２　Vin=2V 付近ではトランジスタが線形領域である

$A_v = 1.0$

□３

（１）、（２）

(d) $A_v = \frac{R_S g_m r_o}{r_o+\{1+(g_m+g_{mb})r_o\}R_S} = \frac{1k\ 10m\ 10k}{10k+\{1+(10m+1m)10k\}1k} = \frac{100}{121} = 0.826 ≒ 0.83$

(e) $A_v = \frac{1+(g_m+g_{mb})r_o}{R_D+r_o+\{1+(g_m+g_{mb})r_o\}R_S} R_D = \frac{1+(10m+1m)10k}{5k+10k+\{1+(10m+1m)10k\}1k} 5k = \frac{555}{126} ≒ 4.4$

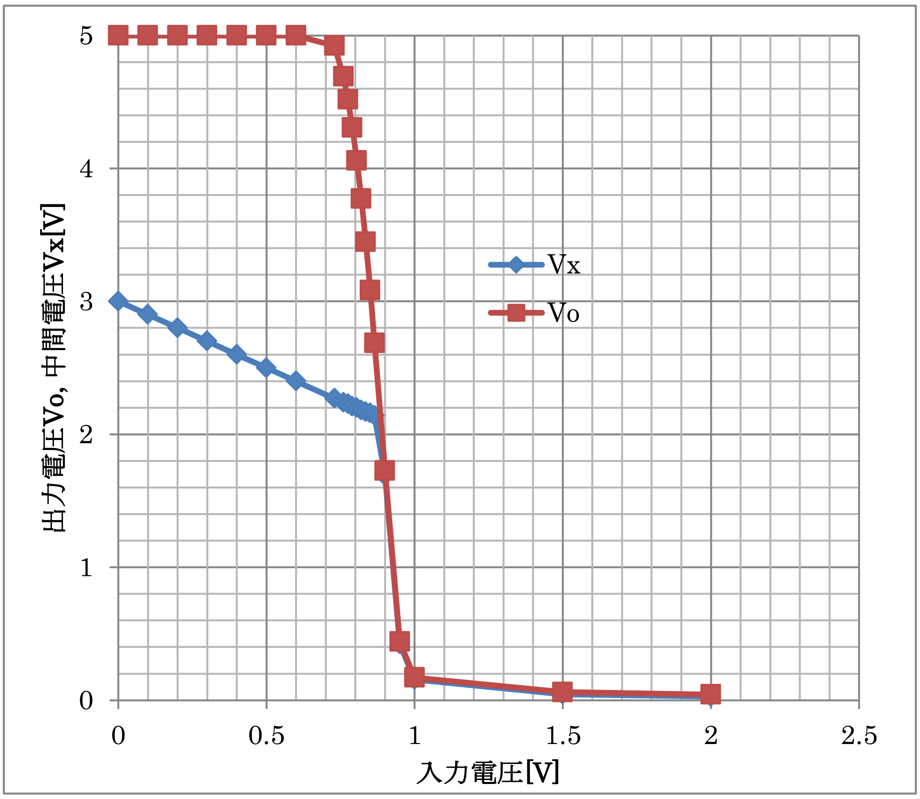
□４　$R_{in} = \frac{R_D+r_o}{1+(g_m\cancel{+g_{mb}})r_o} = 108.9\Omega ≒ 110\Omega$

□５　$R_{out} = [\{1+(g_m \cancel{+ g_{mb}})r_o\}R_S]||R_D ≒ 94\Omega$

□６　$A_v = \frac{R_S g_m r_o}{r_o+\{1+(g_m+g_{mb})r_o\}R_S} ≒ 0.83$

第６章

□１



□2

（1） $R_{out} = g_m r_o^2$ =1MΩ

（2） $|A_v| = R_D g_m$ =100

（3） $A_v = (g_m r_o)^2$ =10,000

□3 $A_v = (g_m r_o)^3$ =1,000,000

第7章

□1

（1）$A_{v,diff} = \frac{1}{2} g_m R_D$ =<u>10</u>

（2）題意より $g_m R_{SS} \gg 1$であるため、$A_{v,com} = \frac{R_D}{2R_{SS}}$ =<u>0.01</u>

（3）CMRR = $\frac{A_{v,diff}}{A_{v,com}}$=<u>1000</u>

第8章

□1

（1）$R_{out} = \frac{1}{2} r_o$ =<u>5kΩ</u>

（2）$A_{v,diff} = g_m R_{out} = \frac{1}{2} g_m r_o$ =<u>50</u>

（３） $A_{v,com} \approx \frac{1}{1+2g_m R_{SS}}$ =<u>0.0005</u>

（４） $CMRR = \frac{A_{v,diff}}{A_{v,com}}$ =<u>100,000</u>

□２

（１） $R_{M3} = \frac{1}{g_{mp}+\frac{1}{r_{op}}} \approx \frac{1}{g_{mp}}$

（２） $R_{out} = r_{op}||r_{on}$

（３） $v_{out} = -R_{out} \cdot i_{M2} = -g_{mn}(r_{op}||r_{on})v_{in}$

（４） $v_A = -(R_{M3}||r_{on})g_{mn}v_{in} \approx -\frac{g_{mn}}{g_{mp}}v_{in}$

（５） $v_{out} = -R_{out}g_{mp}v_A = R_{out}g_{mp}\frac{g_{mn}}{g_{mp}}v_{in} = g_{mn}(r_{op}||r_{on})v_{in}$

（６） $v_{out1} = g_{mn}(r_{op}||r_{on})v_{in1}$ ， $v_{out2} = -g_{mn}(r_{op}||r_{on})v_{in2}$ ， $v_{out} = v_{out1} + v_{out2} = g_{mn}(r_{op}||r_{on})(v_{in1} - v_{in2})$ → $A_{v,diff} = \frac{v_{out}}{v_{in1}-v_{in2}} = g_{mn}(r_{op}||r_{on})$

（７） $A_{v,com} = 0$

第９章

□１

（１） Loop gain: βA =100, Close loop gain: $\frac{A}{1+\beta A} = \frac{1000}{1+100}$ =<u>9.9</u>

（２） $R_{out} = R_{amp}\frac{1}{1+\beta A}$ =<u>9.9Ω</u>

（３） $BW_{FB} = BW_{amp}(1+\beta A)$=<u>101kHz</u>

（４） GB_{amp} =1MHz, GB_{FB} =9.9*101kHz=1MHz

第１０章

（１） $\omega_{p2} \geq 2\beta\omega_u$ =200kHz

（２） $\omega_{p2} \geq 4\beta\omega_u$ =400kHz

第１１章

□１

$V_{in,min} = V_{OD,SS} + V_{GS1}$ =<u>1.2V</u>

$V_{in,max} = V_{DD} - (|V_{OD3}| + |V_{TH3}|) + V_{TH1}$ =<u>V_{DD} – 0.2V</u>

□２

$\mathrm{V_{in,min,com}} = V_{OD,SS} + V_{GS1}$ =<u>1.2V</u>

$\mathrm{V_{in,max,com}} = V_{DD} - (|V_{OD3}| + |V_{TH3}|) + V_{TH1}$ =<u>$\mathrm{V_{DD}}$ – 0.2V</u>

□３

$\mathrm{V_{in,min}} = V_{OD,SS} + V_{GS1} = 2V_{OD} + V_{TH}$

$\mathrm{V_{in,max}} = V_X - V_{OD1} + V_{GS1} = (V_{b1} - V_{GS3}) - V_{OD1} + V_{GS1} = V_{b1} - V_{OD}$

$\mathrm{V_{out,min}} = V_{b2} - V_{TH5} = \mathrm{V_{b2}} - V_{TH}$

$\mathrm{V_{out,max}} = V_{b3} + |V_{TH7}| = \mathrm{V_{b3}} + V_{TH}$

□４

$\mathrm{V_{in,min}} = V_{OD1} + V_{TH1} + V_{OD9} = V_{TH} + 2V_{OD}$

$\mathrm{V_{in,max}} = V_{DD} - |V_{OD,SS}| - |V_{GS1}| = V_{DD} - 2V_{OD} - V_{TH}$

$\mathrm{V_{out,min}} = V_{b1} - V_{TH3} = \mathrm{V_{b1}} - V_{TH}$

$\mathrm{V_{out,max}} = V_{b2} + |V_{TH5}| = \mathrm{V_{b2}} + V_{TH}$

□５

図１１．１１

初段　$\mathrm{V_{in,min}} = 2V_{OD} + V_{TH}$，$\mathrm{V_{in,max}} = V_{DD} - V_{OD} + V_{TH}$，$\mathrm{V_{out,min}} = 2V_{OD}$，$\mathrm{V_{out,max}} = V_{DD} - V_{OD}$

二段目 $\mathrm{V_{in,min}} = \mathrm{V_{OD}} - V_{TH}$，$\mathrm{V_{in,max}} = V_{DD} - V_{TH} - V_{OD}$，$\mathrm{V_{out,min}} = V_{OD}$，$\mathrm{V_{out,max}} = V_{DD} - V_{OD}$

図１１．１２

初段　$\mathrm{V_{in,min}} = 2V_{OD} + V_{TH}$，$\mathrm{V_{in,max}} = V_{b1} - V_{OD}$，$\mathrm{V_{out,min}} = \mathrm{V_{b1}} - V_{TH}$，$\mathrm{V_{out,max}} = \mathrm{V_{b2}} + V_{TH}$

二段目 $\mathrm{V_{in,min}} = \mathrm{V_{OD}} - V_{TH}$，$\mathrm{V_{in,max}} = V_{DD} - V_{TH} - V_{OD}$，$\mathrm{V_{out,min}} = V_{OD}$，$\mathrm{V_{out,max}} = V_{DD} - V_{OD}$

第１２章

□１

補償前

$\omega_{\mathrm{AB}} \approx \frac{1}{\frac{1}{2}C_L r_o}$, $\omega_{\mathrm{XY}} \approx \frac{1}{2C_{SD}\cdot\frac{1}{g_m}}$,　$\omega_{\mathrm{EF}} \approx \frac{1}{(2C_{SD}+C_G)g_m r_o^2}$

補償後：２段なので、補償の容量は E-A 間、F-B 間につける → $\mathrm{C_{cEF}} = \frac{g_{m,9,10} r_{o,9,10}}{2}\mathrm{C_c}$, $\mathrm{C_{cAB}} = C_c$

$\omega_{AB} \approx \frac{1}{\frac{1}{2}(C_L+C_c)\,r_o}$, $\omega_{XY} \approx \frac{1}{2C_{SD}\cdot\frac{1}{g_m}}$, $\omega_{EF} \approx \frac{1}{\left(2C_{SD}+C_G+\frac{g_m r_o}{2}C_c\right)g_m r_o^2} \approx \frac{1}{\frac{g_m^2 r_o^3 C_c}{2}}$

よって、もともと接近していたω_{AB}, ω_{EF}のうち、ω_{EF}が大幅に低い周波数となることで、極が分離し、安定化する