

電子回路練習問題集

電子回路及び演習 B

Q1 下記の回路について、小問(1)~(3)に答えなさい。n-ch MOSFET と p-ch MOSFET はコンプリメンタリであり、全ての MOSFET は飽和領域で動作している。電圧利得係数は、 $\beta_n = \beta_p = 1.00\text{mA/V}^2$ 、チャンネル長変調パラメータは、 $\lambda_n = \lambda_p = 10.0\text{mV}^{-1}$ 、M1 のオーバードライブ電圧を $V_{OV1} = 0.200\text{V}$ 、M2 の M オーバードライブ電圧を $V_{OV2} = -0.200\text{V}$ 、 $R_G = 5.00\text{M}\Omega$ とする。MOSFET の小信号等価回路は、図 2 で表される。数値は、3 桁まで求め、単位を付けること。

- (1) 図 1 の回路の小信号等価回路を示しなさい。ただし、キャパシタ C_1 、 C_2 のインピーダンスは 0Ω と近似すること。
- (2) 電圧利得 $G(\text{dB})$ を求めなさい。
- (3) 入力インピーダンス Z_{in} と出力インピーダンス Z_{out} を求めなさい。

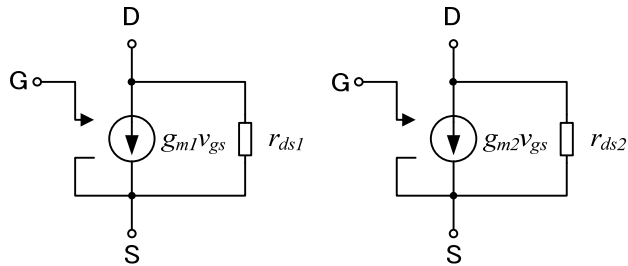
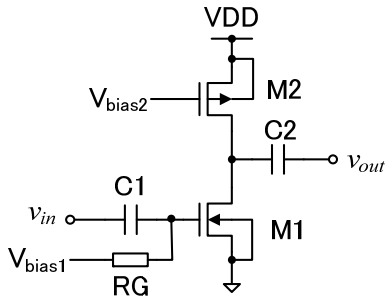


図 1 回路図

図 2 MOSFET の小信号等価回路. 左 : M1、右 : M2.

Q2 下記の回路について、小問(1)~(3)に答えなさい。全ての MOSFET は飽和領域で動作している。電圧利得係数は、 $\beta_n = 1.00\text{mA/V}^2$ 、チャンネル長変調パラメータは、 $\lambda_n = 10.0\text{mV}^{-1}$ 、M1 と M2 のオーバードライブ電圧を $V_{OV1} = V_{OV2} = 0.200\text{V}$ 、 $R_G = 5.00\text{M}\Omega$ とする。MOSFET の小信号等価回路は、図 2 で表される。数値は、3 桁まで求め、単位を付けること。

- (1) 図 1 の回路の小信号等価回路を示しなさい。ただし、キャパシタ C_1 、 C_2 のインピーダンスは 0Ω と近似すること。
- (2) 電圧利得 $G(\text{dB})$ を求めなさい。
- (3) 入力インピーダンス Z_{in} と出力インピーダンス Z_{out} を求めなさい。

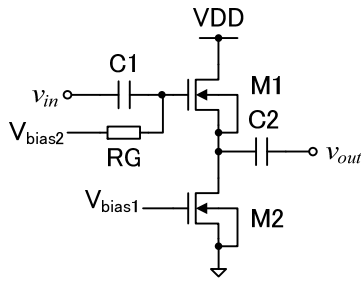


図1 回路図

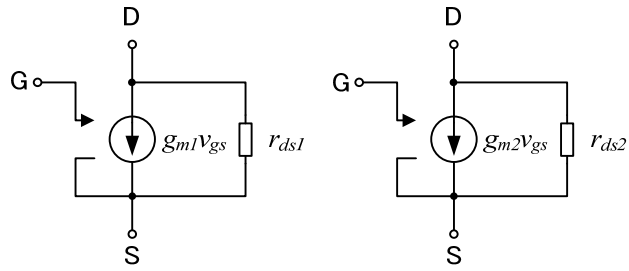


図2 MOSFETの小信号等価回路

Q3 下記の回路について、小問(1)~(4)に答えなさい。n-ch MOSFET と p-ch MOSFET はコンプリメンタリであり、全ての MOSFET は飽和領域で動作している。電圧利得係数は、 $\beta_n = \beta_p = 1.00\text{mA/V}^2$ 、チャンネル長変調パラメータは、 $\lambda_n = \lambda_p = 10.0\text{mV}^{-1}$ 、M1 のオーバドライブ電圧を $V_{OV1} = 0.200\text{V}$ 、M2 の M オーバドライブ電圧を $V_{OV2} = -0.200\text{V}$ 、 $R_S = 50\text{k}\Omega$ とする。MOSFET の小信号等価回路は、図2 で表される。数値は、3桁まで求め、単位を付けること。信号源の内部抵抗は0と近似してよい。

- (1) 図1の回路の小信号等価回路を示しなさい。ただし、キャパシタ C_1 、 C_2 のインピーダンスは 0Ω と近似すること。
- (2) 電圧利得 $G(\text{dB})$ を求めなさい。
- (3) 入力インピーダンス Z_{in} と出力インピーダンス Z_{out} を求めなさい。

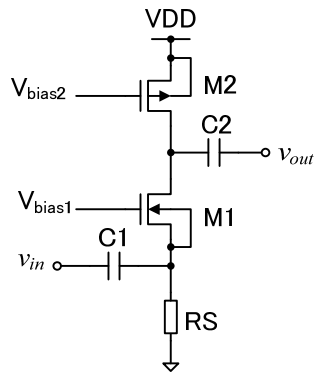


図1 回路図

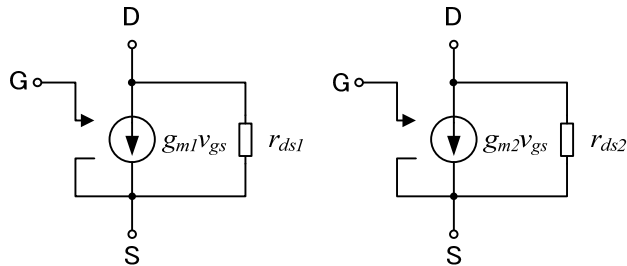


図2 MOSFETの小信号等価回路

Q4 図1の回路について、小問(1)~(5)に答えなさい。n-ch MOSFET と p-ch MOSFET はコンプリメンタリであり、全ての MOSFET は飽和領域で動作している。また、MOSFET の小信号等価回路は、図2 で表され、並列接続数 $M = 1$ のとき、 $g_m = 0.400\text{mS}$ 、 $r_{ds} = 5.00\text{M}\Omega$ 、 $\lambda = 10.0\text{mV}^{-1}$ である。

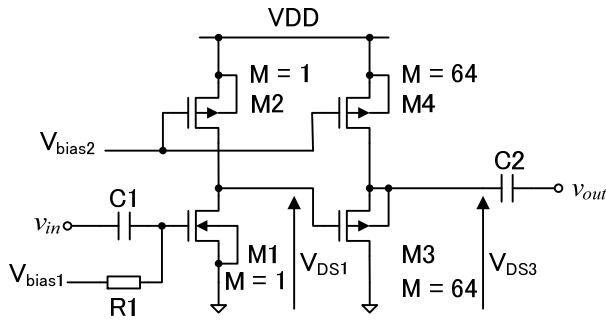


図1 回路図

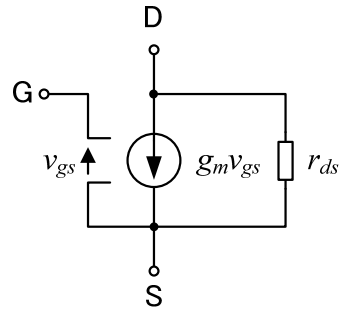


図2 MOSFETの小信号等価回路

- (1) $V_{bias1} = VDD - V_{bias2}$ が成り立つとき、M1の動作点電圧 V_{DS1} と M3の動作点電圧 V_{DS3} を求めよ。
- (2) M3のトランスコンダクタンス g_{m3} とドレーンコンダクタンス g_{ds3} を求めなさい。
- (3) 図1の回路の小信号等価回路を示しなさい。ただし、キャパシタ C_1 、 C_2 のインピーダンスは 0Ω と近似すること。
- (4) 図1の回路の電圧利得 $G = v_{out}/v_{in}$ の値を求めよ。
- (5) 図1の回路の入力インピーダンス Z_{in} と出力インピーダンス Z_{out} を求めなさい。 $R1 = 10.0M\Omega$ とする。

Q5 図1の回路について、小問(1)~(7)に答えなさい。n-ch MOSFET と p-ch MOSFET はコンプリメンタリであり、全ての MOSFET は飽和領域で動作している。また、MOSFET の小信号等価回路は、図2で表され、 $g_{m1} = g_{m2} = 0.400mS$ 、 $r_{ds1} = r_{ds2} = 5.00M\Omega$ 、 $C_{ds1} = C_{ds2} = 10fF$ とする。

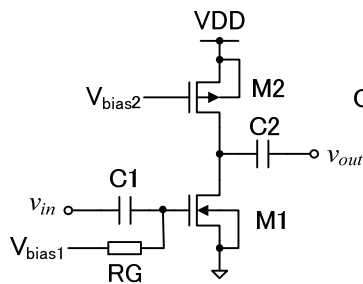


図1 回路図

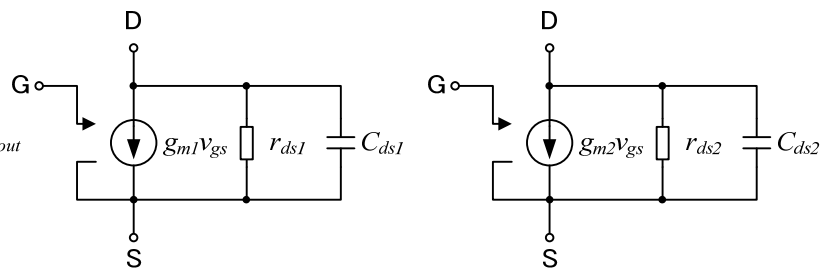


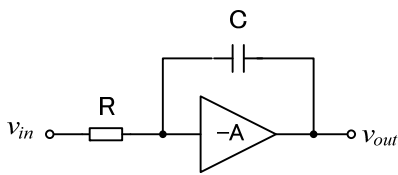
図2 小信号等価回路. 左: M1、右: M2.

- (1) 図1の回路の小信号等価回路を示しなさい。ただし、キャパシタ C_1 、 C_2 のインピーダンスは 0Ω と近似すること。
- (2) 電圧利得 $G(\omega)$ を求めなさい。 g_{m1} 、 r_{ds1} 、 r_{ds2} 、 C_{ds1} 、 C_{ds2} を用いて式で表すこと。
- (3) コーナ角周波数 ω_p を数値で求めなさい。キャパシタ C_1 、 C_2 のインピーダンスは 0Ω

と近似すること。

- (4) 角周波数 $\omega \ll \omega_p$ における、電圧利得のデシベルと位相を求めなさい。
- (5) コーナ角周波数における、電圧利得のデシベルと位相を求めなさい。
- (6) 電圧利得のボーデ線図の概略を描きなさい。 $\omega \ll \omega_p$ 、 $\omega = \omega_p$ 、 $\omega \gg \omega_p$ における電圧利得と位相、特性の傾きも記入すること。
- (7) GB 積(Hz)の値を求めなさい。

Q6 下記の回路について、以下の小問(1)~(4)に答えなさい。増幅回路の入力インピーダンスは $\infty\Omega$ とする。



- (1) 周波数伝達関数 $H(j\omega) = v_{out}/v_{in}$ を求めなさい。
- (2) 入力インピーダンス Z_{in} を求めなさい。
- (3) 周波数伝達関数 $H(j\omega)$ のコーナの角周波数を求めなさい。
- (4) 入力インピーダンス Z_{in} のボーデ線図の概略を描きなさい。

Q7 図1の回路について、以下の小問(1)~(6)に答えなさい。ここで使用されている増幅回路の電圧利得の周波数特性は、 $A(\omega)$ のような関数で表され、入力インピーダンスは、無限に大きい。

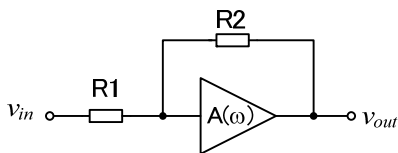


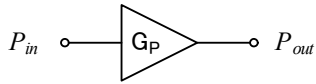
図1 回路図

$$A(\omega) = \frac{-A_0}{1 + j\omega B} \quad \text{ただし、} A_0, B \text{ は正の実数}$$

- (1) $A(\omega)$ のユニティゲイン周波数 f_u (Hz) を A_0 と B で表しなさい。計算方法も示すこと。
- (2) 利得帯域幅積(Hz)を A_0 と B で表しなさい。計算方法も示すこと。
- (3) $\omega = 0$ 、 $\omega = 1/B$ 、 $\omega \gg 1/B$ の3つの周波数における、 $A(\omega)$ の位相を求めなさい。
- (4) 図1の回路の電圧利得 $G(\omega) = v_{out}/v_{in}$ を示しなさい。
- (5) $G(\omega)$ のコーナ角周波数を求めなさい。
- (6) 利得帯域幅積(Hz)を求めなさい。

Q8 電力利得 20dB の増幅回路について、小問(1)~(3)に答えなさい。単位を付け忘れない

こと。

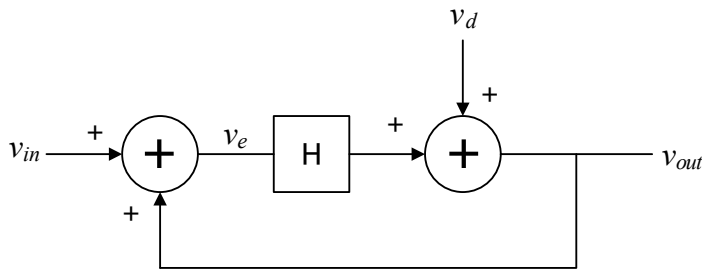


- (1) 入力信号の SNR(Signal to Noise Ratio) = 50dB のとき、出力信号の SNR を調べたところ、SNR = 46.5dB であった。この回路の NF(Noise Figure)を求めなさい。
- (2) 入力信号レベル（電力）が $S_1 = -20\text{dBm}$ 、入力ノイズレベル（電力）が $N_1 = -150\text{dBm}$ のとき、出力信号レベル S_2 と出力ノイズレベル N_2 を求めよ。
- (3) 問(2)の入力条件において、入力の SNR と出力の SNR を求めよ。

Q9 v_{in} を入力信号、 v_d 誤差信号、 v_{out} を出力信号とする下記のブロック図で示される回路について、以下の小問に答えなさい。ただし、 H の周波数伝達関数は、次式で表される。

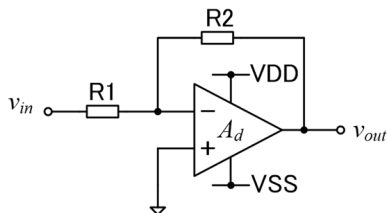
$$H(j\omega) = \frac{-A_0}{j\omega C}$$

ただし、 A_0 、 C は正の実数。



- (1) v_{out} を H 、 v_{in} 、 v_d を用いた式で表しなさい。
- (2) v_{out} を A_0 、 C 、 ω 、 v_{in} 、 v_d を用いた式で表しなさい。
- (3) $\omega = 0\text{rad/s}$ のとき、閉ループ利得 $\text{Gain} = v_{out}/v_{in}$ を求めなさい。
- (4) $\omega = 0\text{rad/s}$ のとき、信号伝達関数と誤差伝達関数を求めなさい。
- (5) この回路は、次の(A)~(C)のどの分類に該当するか答えなさい。(A)負帰還回路、(B)正帰還回路、(C)正帰還回路でも負帰還回路のどちらでもない。また、その理由も説明しなさい。

Q10 下記の反転増幅回路について、以下の小問(1)~(5)に答えなさい。



- (1) $A_d = \infty$ の場合の電圧利得 $G_i = v_{out}/v_{in}$ を求めなさい。

- (2) A_d が有限値の場合の電圧利得 $G_r = v_{out}/v_{in}$ を求めなさい。
- (3) G_i を真値とした場合の実際の非反転増幅回路の利得 G_r の誤差率 R_{err} を、 R_1 、 R_2 、 A_d で表しなさい。
- (4) $R_2 = R_1$ のとき、利得の誤差率が $-1/1000$ になるために必要な差動利得 A_d を求めなさい。
- (5) $R_2 = R_1$ 、 A_d が次式の周波数特性をもつとき、 $|R_{err}|(\text{dB})$ の周波数特性の概略を示しなさい。

$$A_d(\omega) = \frac{A_0}{1 + j\omega/\omega_p}$$

Q11 図1、図2の回路について、以下の小問(1)~(3)に答えなさい。n-ch MOSFET と p-ch MOSFET はコンプリメンタリであり、小信号等価回路は図3で表される。

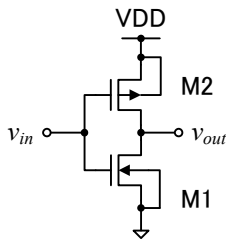


図1 回路1

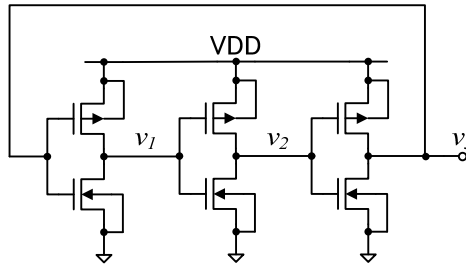


図2 回路2

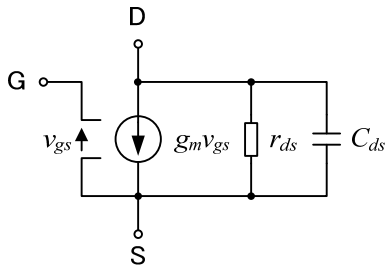
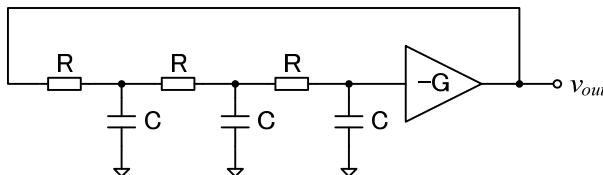


図3 MOSFET の小信号等価回路

- (1) 回路1の小信号等価回路を示しなさい。
- (2) 回路1の周波数伝達関数を求めなさい。
- (3) 回路2の位相条件と振幅条件を、 g_m 、 r_{ds} 、 C_{ds} を用いて示しなさい。

Q12 下記の回路について、小問(1)~(3)に答えなさい。



- (1) ループゲイン G_{loop} を R 、 C 、 G を用いて表しなさい。増幅回路の入力インピーダンスは

∞ とする。

(2) 位相条件と振幅条件を求めなさい。

(3) RC-LPF が2段または4段のとき、発振条件を満足することができるか。

Q13 入力交流電圧 v_{ac} は、振幅 10.0V、周波数 60.0Hz、出力電圧の直流成分は $V_{DC} = 6.20V$ 、負荷電流は $I_L = 100mA$ のとき、リップル含有率が 5%以下となる、容量 C を求めなさい。

