問題２

I. 伝送線路からなる回路に関する以下の問に答えよ．電圧と電流は複素数表示であり，角周波数をωとし，虚数単位をjとする．回路は時間に対して定常状態であるとする．

(1) 単位長さ当たりのインダクタンスLおよびキャパシタンスCを有する損失のない理想的な伝送線路は，図１に示すような等価回路として表される．

(1-i) 点線で囲まれた位置xと$x+dx$の間の微小部分におけるインダクタとキャパシタの複素インピーダンスを求めよ．

(1-ii) 位置xを流れる電流と線路間電圧をそれぞれI，Vとし，位置$x+dx$を流れる電流と線路間電圧をそれぞれ$I+dI, V+dV$とする．このときIとVの間に成り立つxに関する一階の微分方程式を，ωを含んだ２つの式で表せ．

(1-iii) IとVそれぞれについて，xに関する二階の微分方程式を表せ．

(1-iv) 問(1-iii)で表した二階の微分方程式の一般解は以下のように書ける．

$$V = Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x} \qquad \text{(i)}$$

$$I = \frac{Ae^{-\gamma x}}{Z_0} - \frac{Be^{\gamma x}}{Z_0} \qquad \text{(ii)}$$

ただしAとBは定数である．このときγおよびZ_0をω，L，Cを用いて表せ．

(2) 図２に示すように，この伝送線路を，$x=l$で抵抗値Z_Rの抵抗で終端する．この抵抗に流れる電流と印加される電圧をそれぞれI_R，V_Rとする．$\beta = \omega\sqrt{LC}$と定義する．

(2-i) 式(i)と式(ii)の第１項，第２項はそれぞれ，伝搬する信号の進行波，反射波を表す．$x=l$で$B=0$となり反射波が生じなくなるとき，Z_RとZ_0の間の関係を求めよ．

(2-ii) 入力電圧をV_S，入力電流をI_Sとして，入力端$x=0$から見た伝送線路の複素インピーダンスを$Z_\mathrm{S} = V_\mathrm{S}/I_\mathrm{S}$とするとき，$Z_\mathrm{S}$を以下の式の形のように表せ．ただし$\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$である．

$$Z_\mathrm{S} = Z_0 \frac{\square + \square\tanh\left(\square\right)}{\square + \square\tanh\left(\square\right)}$$

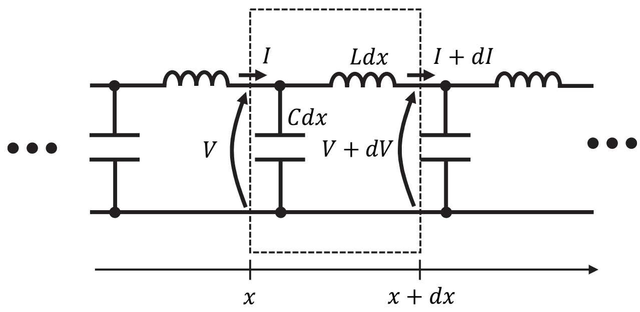


図１

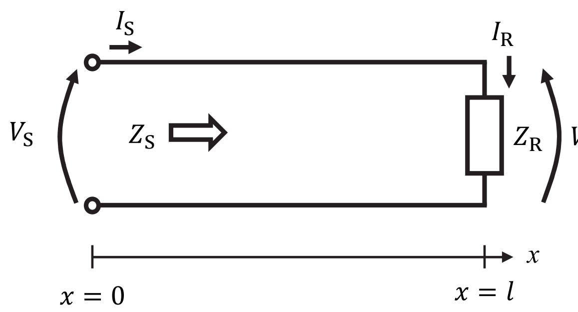


図２

II. N 型 MOS トランジスタを用いた回路に関する以下の問に答えよ．

トランジスタのゲート−ソース間の電圧をV_{GS}，閾値電圧をV_{TH}，ドレイン電流をI_{D}，トランスコンダクタンスをg_{m}とする．いくつかのV_{GS}に対する直流ドレイン電圧−ドレイン電流特性は図 3 のように表され，各曲線の変曲点におけるドレイン電圧は$V_{\mathrm{GS}}-V_{\mathrm{TH}}$となり，その電圧でのドレイン電流は$V_{\mathrm{GS}}-V_{\mathrm{TH}}$の 2 乗に比例する．トランジスタの小信号等価回路は図 4 のように表される．

(1) トランジスタが飽和領域にあるときのg_{m}をV_{GS}，I_{D}，V_{TH}を用いて表せ．

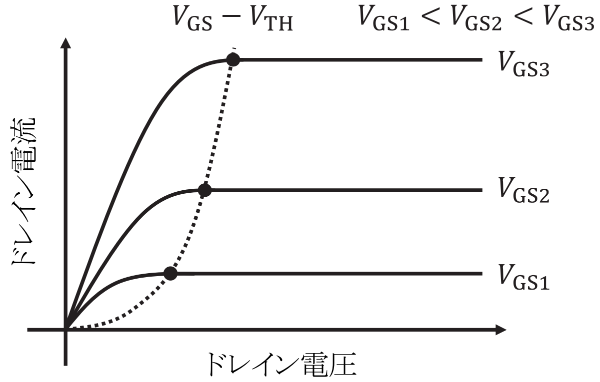


図 3

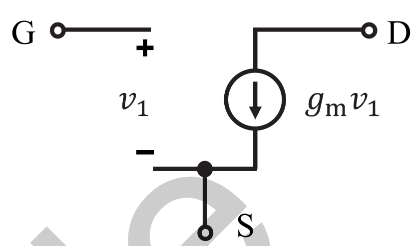


図 4

トランジスタMと抵抗およびキャパシタを用いて図 5 に示す電圧増幅回路を構成した．電源電圧をV_{DD}とする．小信号の入力電圧，出力電圧をそれぞれv_{in}，v_{out}とし，そのラプラス変換を$V_{\mathrm{in}}(s)$，$V_{\mathrm{out}}(s)$とする．sをラプラス変換の変数とする．

(2) 電源電圧V_{DD}を印加した時，Mにはドレイン電流I_{D}が流れる．この時，Mが飽和領域で動作するための負荷抵抗R_{L}の最大値をV_{DD}，V_{TH}，I_{D}を用いて表せ．
(3) Mが飽和領域で動作しているとき，図 5 の回路の小信号等価回路を図示せよ．
(4) Mが飽和領域で動作しているとき，伝達関数$\frac{V_{\mathrm{out}}(s)}{V_{\mathrm{in}}(s)}$を求めよ．
(5) 問(4)で求めた伝達関数について，振幅と位相に関するボーデ線図を示せ．ただし，C_1RはC_2R_{L}に対して十分に大きいものとする．
(6) 周波数が十分に高い領域において問(4)で求めた伝達関数の振幅が 1 となるときの角周波数を求めよ．

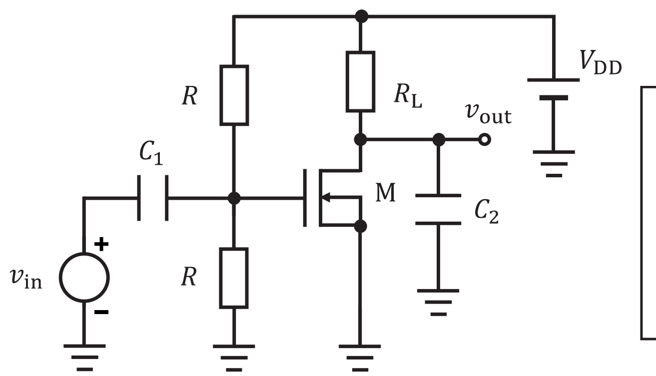
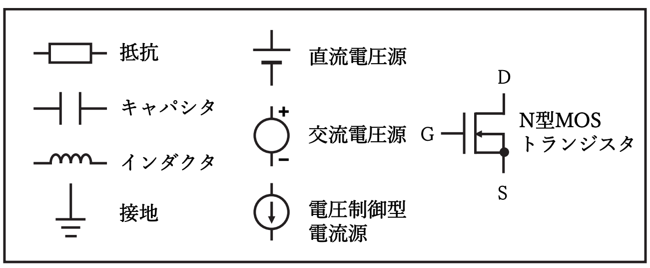


図 5



凡例