

問題 2

I. 電気回路に関する以下の間に答えよ。ここで s はラプラス変換の変数である。自己インダクタンス L_1 と L_2 、相互インダクタンス M の間には、 $L_1 > M$ および $L_2 > M$ が成り立つものとする。図中の記号は凡例に従う。

- (1) 図1のように、相互インダクタンス M を有し自己インダクタンスが L_1 と L_2 の2つのインダクタに、それぞれ電流 $I_1(s)$ 、 $I_2(s)$ が流れる。これと等価である図2の回路において、自己インダクタンス L_α 、 L_β 、 L_γ を L_1 、 L_2 、 M を用いて示せ。
- (2) 図3に示す角周波数 ω の交流ブリッジ回路において、交流検出器Dに電流が流れていない。このとき自己インダクタンス L_2 と相互インダクタンス M を求めよ。抵抗値 R_A 、 R_B 、 R_C 、自己インダクタンス L_1 、キャパシタンス C 、角周波数 ω を必要に応じて用いてよい。

図4の回路は直流電圧源 E 、2つの等しい抵抗 R 、キャパシタンス C を含む。以下の問では $L_1 = L_2 = \sqrt{2}M$ が成り立つものとする。スイッチSを十分に長い時間開いた後に、時刻 $t = 0$ でスイッチを閉じた。すると $t > 0$ において回路に流れる電流に減衰振動が生じた。

- (3) 電流 $I_1(s)$ 、 $I_2(s)$ 、 $I_3(s)$ が $t > 0$ において満たす連立方程式を書け。
- (4) $I_3(s)$ を求めよ。時間領域の解に変換する必要は無い。
- (5) 減衰振動が生じるためのキャパシタンス C の範囲を示せ。

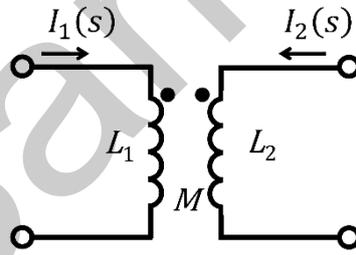
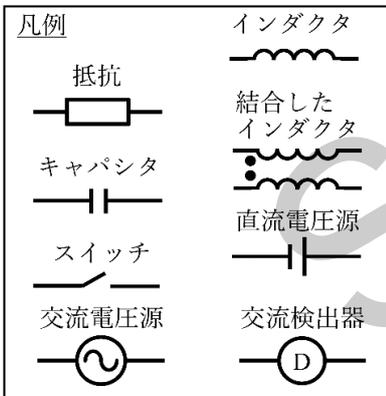


図1

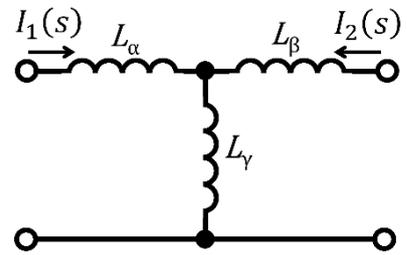


図2

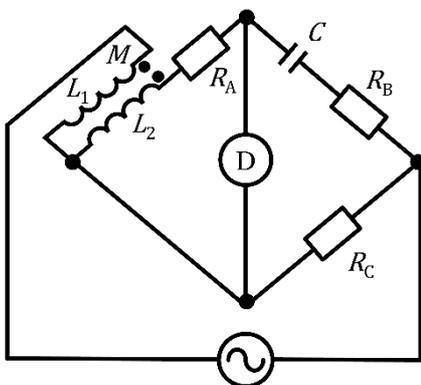


図3

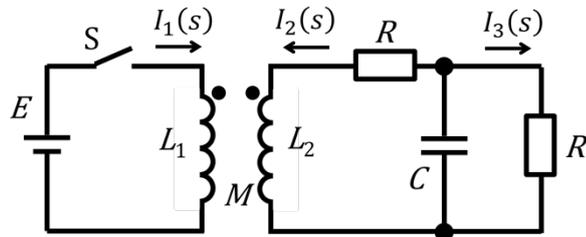


図4

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. 図中の記号は凡例に従う. N型 MOS トランジスタの小信号等価回路は図5に示す回路を用いること. ここで g_m と v_{GS} はそれぞれ相互コンダクタンスとゲート-ソース間電圧である.

- (1) 図6に示す回路の小信号等価回路を示せ.
- (2) 図6の回路に角周波数 ω の交流小信号が入力され, その複素電圧を v_{in} とする. 複素出力電圧 v_{out} を求めよ.
- (3) 図6の回路の特性について, 下記AとBのうち正しい方を選択し, その理由を簡潔に述べよ. また, 回路の遮断角周波数を求めよ.
 - A. 回路は低域通過フィルタとして機能する.
 - B. 回路は高域通過フィルタとして機能する.

図6の回路を3つ接続して, 図7の回路を構成したところ, 回路に発振する電圧が生じた. ここで回路に生じる電圧は小信号とみなせるものとする.

- (4) 発振の角周波数を求めよ.
- (5) 発振する電圧を生じるために, 抵抗 R_L と相互コンダクタンス g_m が満たすべき関係を示せ.

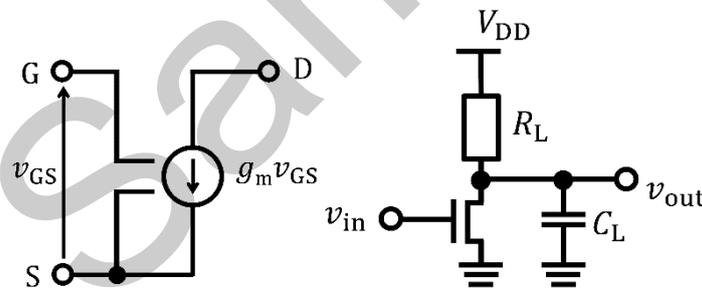
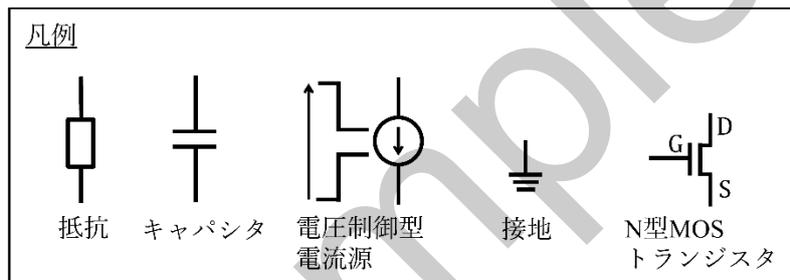


図5

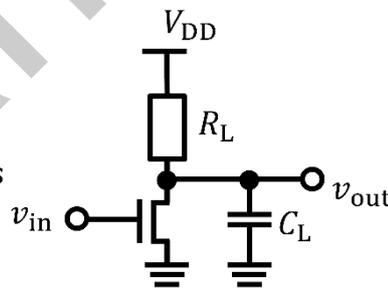


図6

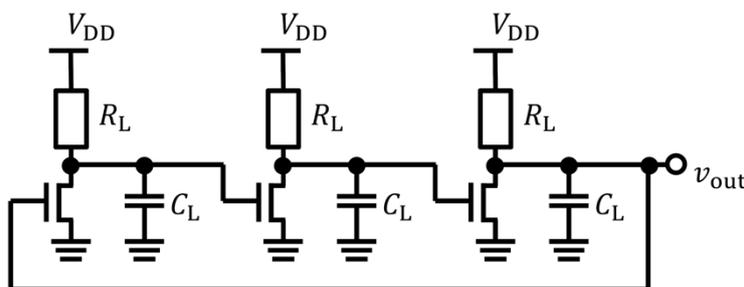


図7