

平成26年度 名古屋大学大学院工学研究科 博士課程（前期課程）
電子情報システム専攻

入学試験問題

専 門

（平成25年8月28日（水）9:00～12:00）

注 意

1. 6問中3問を選んで答えよ。ただし、以下のグループからの選択数は2問以下とする。
（問題2（電気回路論）、問題3（電子回路）、問題5（論理回路））
2. 解答は問題ごとに別の答案用紙に書き、それぞれ問題番号、受験番号を上端に記入せよ。氏名は記入してはならない。なお、草稿用紙が1枚ある。解答が用紙の裏面にまわる場合は、答案用紙下部にその旨明示すること。又、上部横線に相当する位置以下に書くこと。
3. 問題用紙、答案用紙、草稿用紙はすべて持ち出してはならない。
4. 計算機類は使用してはならない。
5. 携帯電話は時計としても使用してはならない。電源を切ること。

定格容量 300 kVA, 定格電圧 6000 / 200 V (一次側/二次側) の単相変圧器がある. 図 1 に示す一次側換算の簡易等価回路を用いて, 以下の問いに答えよ. ただし, 簡単のため, 電圧変動率は無視できるとする.

- (1) 二次側を開放し, 一次側に定格電圧を印加した場合, 無負荷損 (鉄損) $P_0 = 400$ W となった. また, 二次側を短絡し, 二次側に定格電流が流れるような電圧を一次側に印加した結果, 負荷損 (銅損) $P_1 = 3600$ W であった. 一次側換算した励磁コンダクタンス g_0 [S] および巻線抵抗 R_s [Ω] を求めよ.
- (2) 二次側に有効電力 $P = 80$ kW (遅れ力率 0.8) の負荷を接続して定格電圧を印加した. 変圧器の効率 η を求めよ.
- (3) 図 2 のように有効電力が変化する負荷 (遅れ力率 0.8) を二次側に接続し, 定格電圧を印加して 24 時間運転した. 変圧器の 24 時間の損失電力量 W [kWh] を求めよ.

図 3 のように本変圧器 3 台を Y- Δ 結線し, 三相変圧器を構成した. 以下の問いに答えよ. ただし, 変圧器の励磁アドミタンス, 巻線抵抗および漏れリアクタンスは無視する.

- (4) 定格電圧で運転する場合, 一次側および二次側の線間電圧 \dot{V}_{AB} および \dot{v}_{ab} の大きさを求めよ.
- (5) 二次側に遅れ力率 $\cos\phi$ の三相平衡負荷を接続した場合について, 一次側の線間電圧 (\dot{V}_{AB} , \dot{V}_{BC} , \dot{V}_{CA}), 一次側巻線電圧 (\dot{V}_A , \dot{V}_B , \dot{V}_C), 一次側相電流 (\dot{I}_A , \dot{I}_B , \dot{I}_C) の関係をベクトル図に示せ. ただし, 相順は右回りに A-B-C とする. また, 各ベクトルは原点を始点とし, \dot{V}_{AB} , \dot{V}_A および \dot{I}_A の位相差を明記すること.

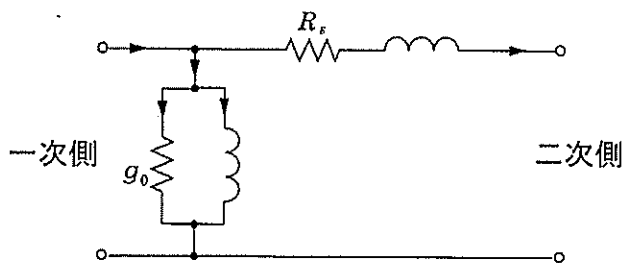


図 1

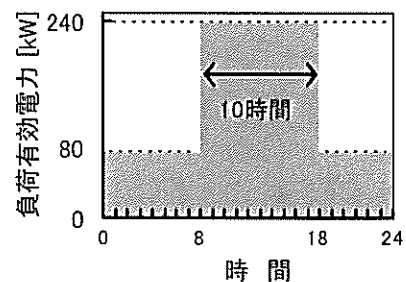


図 2

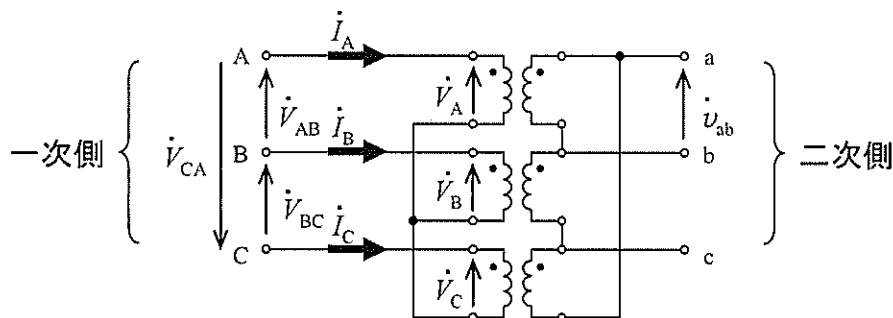


図 3

図 1 に示す回路がある．図中 A-B 間は，特性インピーダンス Z_0 ，位相速度 v_p ，長さ l の無損失分布定数線路である．

(1) 時刻 $t < 0$ では，スイッチ S_1 は a 側， S_2 は c 側， S_3 は開いた状態にあり，交流電圧源 ($V_0 \sin \omega t$)，抵抗 R_1 ，コンデンサ C からなる回路は定常状態であったとする．このとき，以下の問いに答えよ．

- 1) コンデンサ C の両端の電圧 $v_c(t)$ の最大値を求めよ．
- 2) $v_c(t)$ と交流電源電圧 ($V_0 \sin \omega t$) の位相差を求めよ．

(2) 時刻 $t = 0$ でスイッチ S_1 を b 側に切り替えた．時刻 $t = 0$ でのコンデンサ C の両端の電圧が V_{c0} であったとして，以下の問いに答えよ．

- 1) 抵抗 R_2 を流れる電流を $i(t)$ として， $i(t)$ に関する回路方程式を書け．
- 2) 回路方程式をラプラス変換して，ラプラス変換された電流 $I(s)$ を求めよ．
- 3) 抵抗 R_2 を流れる電流 $i(t)$ を求めよ．

(3) さらに十分時間が経ち，回路が定常状態になった後，スイッチ S_2 を d 側に切り替え， S_3 を閉じた． S_3 を閉じた時刻を改めて $t = 0$ として，以下の問いに答えよ．

- 1) 点 A における分布定数線路から見た電圧反射係数 r を求めよ．
- 2) $t = 2l/v_p$ における点 A の電圧を求めよ．また，その理由を書け．
- 3) 点 A における電圧を $0 < t < 6l/v_p$ の範囲で図示せよ． $t = l/v_p, 2l/v_p, 3l/v_p, 4l/v_p, 5l/v_p, 6l/v_p$ における電圧の値も示せ．その際，電圧反射係数 r を用いてよい．ただし， $R_2 > Z_0$ であるとする．
- 4) S_3 を閉じた後十分時間が経ち，定常状態になった時の点 A の電圧を求めよ．また，その理由を書け．

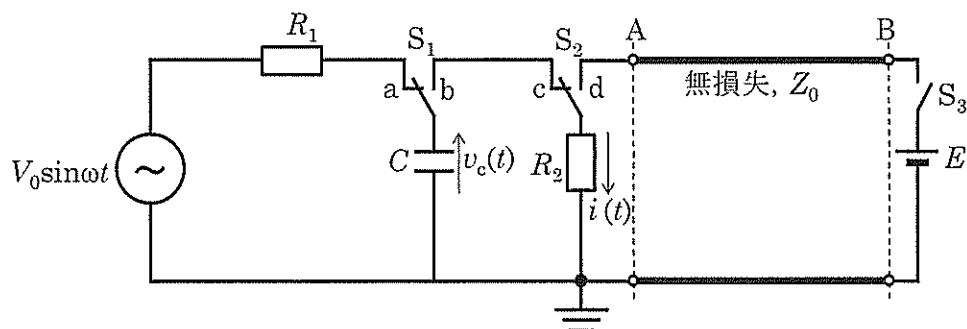


図 1

図1の npn トランジスタのエミッタ接地増幅回路について以下の問いに答えよ。

- (1) 動作点（コレクタ・エミッタ電圧 V_{CE} ，コレクタ電流 I_C ）を求めよ。ただしベース電流はコレクタ電流より十分に小さいと仮定し、ベース・エミッタ間電圧は V_{BE} とする。
- (2) 図1の回路においてコンデンサ（ C_1, C_2, C_E ）のインピーダンスがきわめて小さく、この部分は短絡と考えて良い周波数（中間周波数）に対する小信号等価回路を表わせ。なお、トランジスタの入力電圧 v_i ，入力電流 i_i ，出力電圧 v_o ，出力電流 i_o は一般的な次式の h パラメータを用いて

$$\begin{aligned} v_i &= h_{ie} i_i + h_{re} v_o \\ i_o &= h_{fe} i_i + h_{oe} v_o \end{aligned}$$

で表わされるが、両式とも右辺第2項が第1項に比べて十分小さいとして、等価回路では、 $h_{re} v_o$ ， $h_{oe} v_o$ の項を省略せよ。

- (3) 問(2)の等価回路を利用して、中間周波数における電圧増幅度 $A_v = |v_2/v_1|$ を求めよ。
- (4) 結合コンデンサ C_1 による低域しや断周波数 f_{L1} を求めよ。ただし、バイパスコンデンサ C_E のインピーダンスは十分に小さいとして無視せよ。
- (5) バイパスコンデンサ C_E の役割を説明せよ。

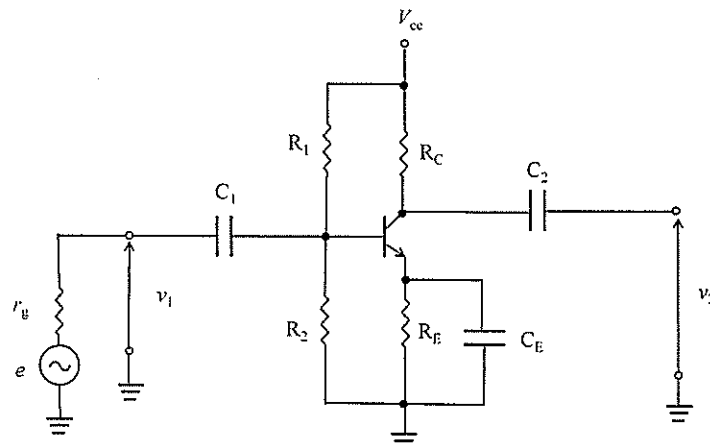


図1 エミッタ接地増幅回路

物質中の電子状態について、以下の問に答えよ。

- (1) 質量 m の自由電子が空間的に一様なポテンシャル ($U_0=0$) の中で運動している場合を考える。このとき、3次元空間での自由電子の時間に依存しないシュレーディンガー方程式を示せ。また、波数ベクトル $\mathbf{k}=(k_x, k_y, k_z)$ を持つ平面波を用いて、その固有関数 $\varphi(x, y, z)$ とエネルギー固有値 E を示せ。なお、体積 V あたり 1 個の電子が存在するものとする。プランク定数を h とし、 $\hbar=h/2\pi$ とする。
- (2) 電子が 1 辺の長さが L の立方体内に存在し、この立方体の面と面が完全に重なるように、周期的に繰り返し接続されたものを結晶と考える。このとき、(1) で示した波動関数に対する周期境界条件を示せ。この周期境界条件を満たす波数ベクトル $\mathbf{k}=(k_x, k_y, k_z)$ を求めよ。
- (3) 問 (2) で求めた波数ベクトル $\mathbf{k}=(k_x, k_y, k_z)$ を有する電子状態に関して、 \mathbf{k} 空間 (逆格子空間) で考える。 \mathbf{k} 空間において、その単位体積あたりに存在する電子の状態数を求めよ。なお、スピンによって $\pm 1/2$ の 2 つの状態が許されることを考慮すること。
- (4) 基底状態において、体積 V の中にある N 個の電子のエネルギーの総和は、問 (1) で求めた電子のエネルギー固有値を、 \mathbf{k} 空間において波数 0 からフェルミ波数 k_F までの領域で積分することによって求めることが出来る。(V が十分に大きいことから、 \mathbf{k} は連続的であると見なせるものとする。) これを計算せよ。また \mathbf{k} 空間において、フェルミ波数 k_F で規定される球内の電子数が N であることから、1 電子あたりの平均エネルギーを求めよ。
- (5) エネルギー E よりも低いエネルギーを持つ電子状態の数 $N(E)$ を求めよ。また、 $N(E)$ を用いて、3次元電子ガスにおける状態密度 (単位エネルギーあたりの電子状態の数) $D(E)$ を求めよ。

- (1) 図1の回路Aは、3ビットの二進数 $X_2X_1X_0$, $Y_2Y_1Y_0$ を加算して、3ビットの二進数 $Z_2Z_1Z_0$ を出力するものである。回路Aは3個のフル・アダー (full adder, 全加算器) で構成されている。フル・アダーの入力は X , Y , C_{in} , 出力は Z , C_{out} である。出力 Z , C_{out} のそれぞれについて、カルノー図を示し、論理式を最小積和表現形で表せ。
- (2) 回路AとD-フリップフロップを用いて、図2のような回路Bを構成した。 Q_2 , Q_1 , Q_0 の初期値をそれぞれ 1, 0, 1 とした。さらに、図3に示すようなクロック信号 CLK を入力した。
- 1) 図2に示すように、 Y_2 , Y_1 , Y_0 の値をそれぞれ 0, 0, 1 に設定する。解答用紙に、 Q_2 , Q_1 , Q_0 の波形を初期状態から描き、タイミング図を完成させよ。また、二進数 $Q_2Q_1Q_0$ の値の周期的変化のパターンを具体的に示せ。
 - 2) Y_2 , Y_1 , Y_0 の値を変更したところ、二進数 $Q_2Q_1Q_0$ の周期的変化が逆回りになった。このときの Y_2 , Y_1 , Y_0 の値を答えよ。

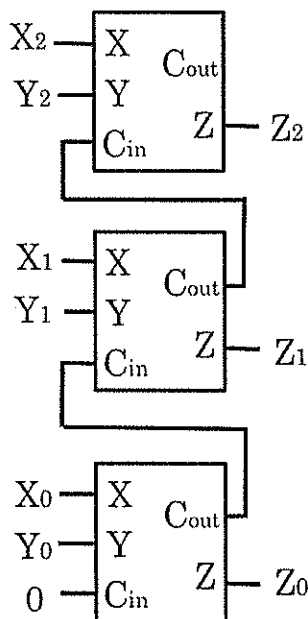


図1 回路A

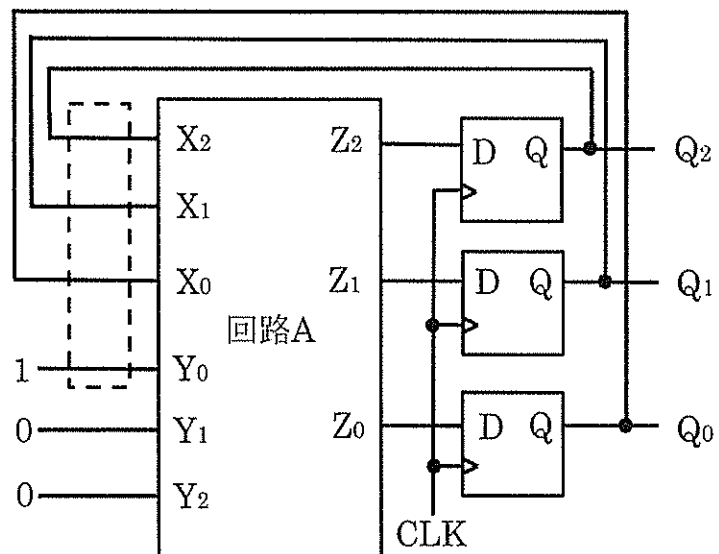


図2 回路B



図3 CLKのタイミング図

(3) 回路 B が保持する二進数 $Q_2Q_1Q_0$ に対して任意の初期値 $P_2P_1P_0$ を設定できるようにするため、図 4 のようなセクタを用いた回路 C を回路 B の点線部分に追加した。

- 1) セクタにおける入力 X , Y , S と出力 Z の関係をカルノー図に表し、セクタの論理式を最小積和表現形で表せ。なお、初期値を設定するときには $S = 1$ ，それ以外では $S = 0$ を与える。
- 2) セクタの内部の論理回路を、NOT ゲート、2 入力の AND ゲート、2 入力の OR ゲートのみを用いて、できるだけ簡単な形で表せ。

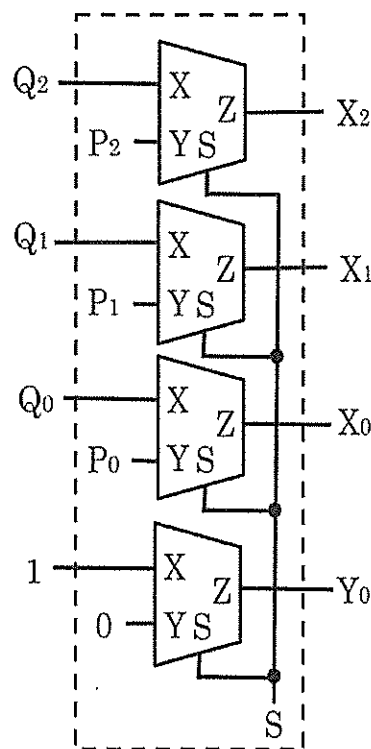


図 4 回路 C

6

以下の問い (1) ~ (3) に答えよ. なお, 計算においては, $\log_2 3 = 1.58$, $\log_2 5 = 2.32$, $\log_2 7 = 2.81$ を用いよ.

- (1) 図 1 で表されるマルコフ情報源について考える. ただし, 図中の “1 / 0.1” は, 0.1 の確率で遷移し, この際にシンボル 1 を出力することを意味する.
 - 1) ある時点 n において状態 S_0 , S_1 にある確率を $p_n(S_0)$, $p_n(S_1)$ とする. $p_{n-1}(S_0)$, $p_{n-1}(S_1)$ と, $p_n(S_0)$, $p_n(S_1)$ との関係を, 遷移確率行列により示せ.
 - 2) この情報源が定常情報源であるとき, つまり遷移確率が n に依存しないとき, 状態 S_0 , S_1 の定常確率 $p(S_0)$, $p(S_1)$ を求めよ.
 - 3) このマルコフ情報源の随伴情報源のエントロピー $H(\bar{L})$ を求めよ. なお, この随伴情報源は図 2 で表せる. $p(S_0)$, $p(S_1)$ には 2) で求めた確率値が入る.
- (2) 2 次の拡大情報源を考える. つまり, 連続して出力されるシンボルを 2 個ずつまとめ, $\{00, 01, 10, 11\}$ を新たな出力シンボルとする場合を考える.
 - 1) 出力シンボルが, 図 1 のマルコフ情報源に対する随伴情報源 (すなわち図 2) から出力される場合, 各出力シンボルの生起確率を求めよ.
 - 2) 1) の出力シンボルをハフマン符号化する場合, 平均符号長 \bar{l}^2 を求めよ.
 - 3) 出力シンボルが, 図 1 で表されるマルコフ情報源から出力される場合, 各出力シンボルの生起確率を求めよ.
 - 4) 3) の出力シンボルをハフマン符号化する場合, 平均符号長 l^2 を求めよ.
 - 5) 上記 2) と 4) の結果を比較し, このような大小関係となる理由を, 随伴情報源のエントロピー $H(\bar{L})$ との関係を含めて述べよ.

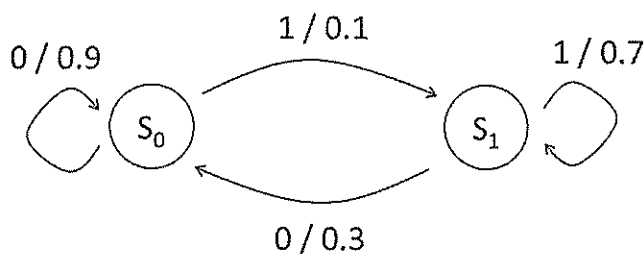


図 1 マルコフ情報源の状態遷移図

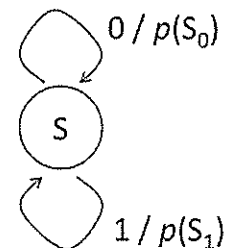


図 2 随伴情報源の状態遷移図

- (3) このマルコフ情報源の m 次拡大情報源から得られるシンボルを、ハフマン符号化する場合を考える。このときの平均符号長を l^m とすると、 $m \rightarrow \infty$ とした場合の $\frac{l^m}{m}$ の具体的な値を求めよ。

