

令和2年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[回路理論]

1 理想的な抵抗、キャパシタ、インダクタで構成された回路に関する以下の問いに答えよ。

【40点】

図1に示す抵抗（抵抗値 R_1 、 R_2 ）、キャパシタ（キャパシタンス C ）、インダクタ（インダクタンス L ）、直流電源（電圧 V ）、およびスイッチ S からなる回路について考える。まず時刻 $t=0$ においてスイッチ S を閉じた。

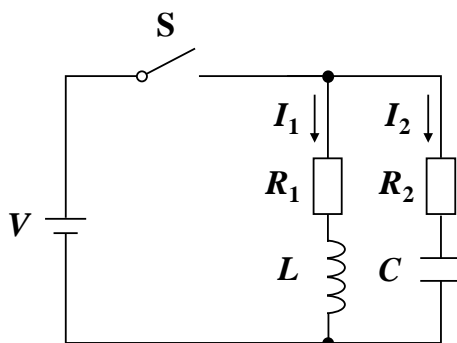


図1

- (1) 抵抗 R_1 とインダクタ L を流れる電流 I_1 を R_1 、 L 、 V 、及び時刻 t の式で表せ。ただし、電流の向きは図1に示した向きを正とする。
- (2) 抵抗 R_2 とキャパシタ C を流れる電流 I_2 を R_2 、 C 、 V 、及び時刻 t の式で表せ。ただし、電流の向きは図1に示した向きを正とする。
- (3) スイッチ S を閉じた瞬間から電源から流れる電流が常に一定であるための条件を R_1 、 R_2 、 L 、 C を用いた式で表せ。

次にスイッチ S を閉じてから定常状態になった後スイッチ S を開いた。スイッチ S を開いた時刻を改めて $t=0$ とする。

- (4) キャパシタに蓄積される電荷 Q の時間変化を表す方程式を R_1 、 R_2 、 L 、 C を用いて表せ。
- (5) (3)で求めた条件が成り立つとき、閉回路に流れる電流 I を R_1 、 R_2 、 L 、 C 、 V 及び時刻 t の中から必要なものを用いて表せ。ただし電流の向きは閉回路の時計回りを正とする。

2 理想的なオペアンプと抵抗からなる回路に関する以下の問いに答えよ。

【30点】

図2(a)に示す抵抗（抵抗値 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_f ）とオペアンプからなる回路について考える。

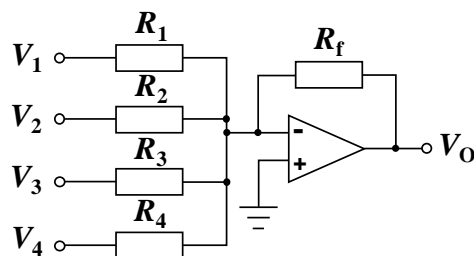


図2(a)

(1) 図2(a)の回路に電圧 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 を入力したとき、出力電圧 V_O を R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_f を含む式で表せ。

次に図2(a)の回路にスイッチと直流電源 V_C を追加し、図2(b)に示す4ビットのデジタル信号 $a_1a_2a_3a_4$ (a_1 が最上位ビット、 a_4 が最下位ビット)をアナログ値に変換する回路を構成する。 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 はそれぞれ0または1の値をとるデジタル信号であり、1のときにスイッチを V_C に接続し、0のときスイッチを接地する。

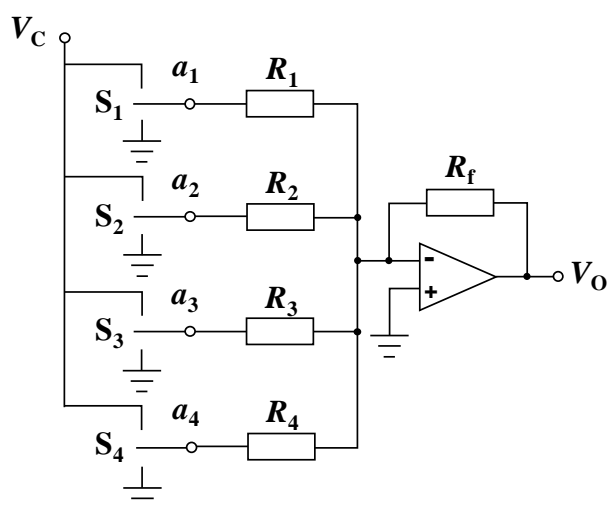


図2(b)

(2) デジタル信号 $a_1a_2a_3a_4$ に対する出力電圧 V_O を a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 を含む式で表せ。

(3) デジタル信号 $a_1a_2a_3a_4$ を2進数表記の数とみなして、出力がその値に比例するアナログ値に変換したい。 R_1 の値を $10\text{k}\Omega$ とするととき R_2 、 R_3 、 R_4 の値を求めよ。

(4) 各抵抗値が(3)で求めた抵抗値をもつとき、出力電圧 V_O が -5V から 0V の範囲となるように R_f の値を求めよ。ただし V_C は 5V とする。

3 理想的な論理ゲートで構成される順序回路に関する以下の問いに答えよ。

【30点】

図3(a)のように、東西を走る道路と南北を走る道路が交差する十字路に信号を設置したい。そのためにこの信号を制御する順序回路を考える。

この信号は簡単のため赤と緑の2色のみを示し、東西と南北の信号は必ず異なる色となる。信号が緑の場合には車は交差点を通り抜け、赤の場合には車は停止する。以下では、東西及び南北のそれぞれについて、交差点に接近する車または停車している車があるとき、「リクエスト状態」と呼ぶことにする。

リクエスト状態の検出と信号の点灯は順序回路のクロック信号に同期する。あるクロックで東西または南北のいずれか一方がリクエスト状態であるとき、次のクロックでその方向の信号を緑にし、そうでない方向の信号を赤にする。東西及び南北で同時にリクエスト状態であるとき、今赤の信号は次のクロックで緑になり、逆に今緑の信号は次のクロックで赤になる。いずれの方向もリクエスト状態でないときには信号は現在の状態を維持する。

順序回路を構成するための入力信号、状態変数、出力信号を以下のように定義する。

- ・ 入力信号 EW 及び SN は、それぞれ東西及び南北がリクエスト状態であるかどうかを表し、リクエスト状態のときは1、リクエスト状態でないときは0とする。
- ・ 状態変数 S は信号の状態を表し、東西の信号が緑のとき S は1であり、南北の信号が緑のとき S は0となる。
- ・ 信号の色を設定のための出力信号 O は現在の信号の状態によって決まり、東西の信号を緑にする場合には信号を1とし、赤にする場合には0とする。

- (1) 状態変数 S 、入力信号 EW と SN 、出力信号 O についての状態遷移図を描け。
- (2) 状態変数 S と次のクロックでの状態変数 S' 、入力信号 EW と SN 、出力信号 O についての状態遷移表を表せ。ただし O は S のみで決まるものとする。
- (3) 次のクロックでの状態変数 S' と出力信号 O を表す論理式を表せ。
- (4) 状態変数 S と入力信号 EW および SN から、出力信号 O と次のクロックでの状態変数 S' を計算する順序回路を、Dフリップフロップ回路と組合せ回路を用いて表せ。ただしフリップフロップ回路は図3(b)に示すように、入力に D 、出力に Q 、 \bar{Q} 、クロック信号に CLK 、リセット信号入力に RST という端子を持つものとする。順序回路は現状態の変数 S と次状態の変数 S' をそれぞれフリップフロップ回路の出力、入力信号に対応させて考える。

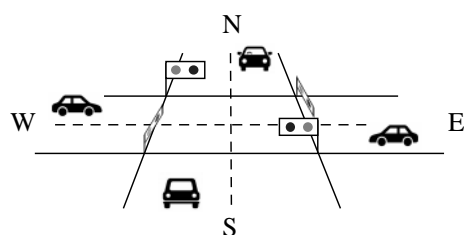


図3(a)

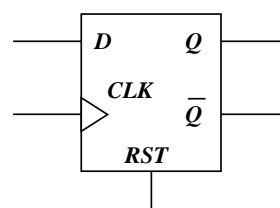


図3(b)