

整理番号
14

2021年度4月入学(2020年度10月入学含む)東京農工大学工学府博士前期課程

電気電子工学
専攻

問題用紙

専門科目

3枚のうち1

受験番号 MC-

1 から 3 の設問全てに解答せよ。解答は解答用紙の指定の箇所にのみに記入せよ。

1

理想オペアンプで構成される回路を図 1-1 に示す。 v_{i1} , v_{i2} は入力電圧, v_o は出力電圧, v_1 は反転端子の電位, v_2 は非反転端子の電位を意味する。以下の問いに答えよ。 [2], [3], [4] については解答過程を示すこと。

- [1] v_2 と v_1 の間に成り立つ関係式を示せ。
- [2] v_{i1} と v_1 , および素子値を用いて v_o を表せ。
- [3] v_{i2} と素子値を用いて v_2 を表せ。
- [4] v_{i1} , v_{i2} と v_o の関係を素子値を用いて表せ。
- [5] v_o が $v_{i2} - v_{i1}$ に比例し, 正の定数 K を用いて $v_o = K(v_{i2} - v_{i1})$ と表されるとき, R_1, R_2, R_3, R_4 の間に成り立つ関係を答えよ。ただし, K を用いないこと。
- [6] [5] の条件を満たし, $R_2 > R_1$ のとき, 2つの入力電圧に付加された同相雑音を低減し, 電圧の差($v_{i2} - v_{i1}$)を増幅する目的の増幅回路となる。この増幅回路の名称を答えよ。

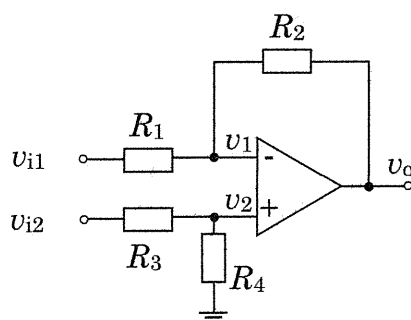


図 1-1

3 枚のうち 2

受験番号 MC-

2

図 2-1 に示すように半導体中に形成した PN 接合ダイオードに順方向電圧 V を印加した場合の電子拡散電流密度を一次元モデルにより考察しよう. 図 2-2 には, $V = 0$ における熱平衡時の PN 接合部のエネルギー帯図を示す. E_C と E_V は半導体の伝導帯と価電子帯のエネルギー準位である. E_F はフェルミ準位である. PN 接合部に空乏層が形成され, エネルギー障壁 E_B が生じる. P 型半導体側の空乏層端の位置を $x = 0$, N 型半導体側の空乏層端の位置を $x = x_N$ とする. P 型半導体のアクセプタ密度を N_a , N 型半導体のドナー密度を N_d とする. アクセプタ及びドナー原子は完全に活性化しており, $x \leq 0$ の領域においてホールキャリア密度は N_a と一致し, $x \geq x_N$ において電子キャリア密度は N_d と一致する. 伝導帯と価電子帯の有効状態密度をそれぞれ N_C , N_V とする. 問題文中の q は素電荷, D は拡散係数である. 以下の問いに答えよ. 解答欄には答えのみを記入せよ. なお, 必要ならボルツマン定数を k , 絶対温度を T として用いよ.

[1] $V = 0$ の熱平衡時の, $x = 0$ における電子キャリア密度を n_{p0} とする. (1) n_{p0} を E_C , E_F , および N_C を用いて表せ. 次に, (2) E_F を消去して, n_{p0} を E_C , E_V , N_C , N_V , および N_a を用いて表せ. さらに, (3) n_{p0} を, E_B および N_d を用いて表せ.

[2] 小さい V を印加した時, E_B は ε だけ減少する. ε を V , q , E_B のうち適切な記号を用いて表せ.

[3] E_B の低下により N 型半導体から電子キャリアが流れ込み, $x = 0$ における電子キャリア密度は n_{p0} から増加する. 増加した電子を過剰電子キャリアと言う. $x = 0$ における過剰電子キャリア密度 $n(0)$ を, n_{p0} と ε を用いて表せ.

[4] 過剰電子キャリアは P 型半導体中を拡散する. P 型半導体の厚さが拡散長 L に比べて十分大きい時, $x = 0$ から遠ざかるにつれて過剰電子キャリア密度 $n(x)$ は拡散長 L で指数関数的に減衰する ($x = -L$ のとき, $n(0) \cdot e^{-1}$ になる). $n(x)$ を, $n(0)$ と L を用いて x の関数で表せ.

[5] 過剰電子キャリアの拡散は電子拡散電流を生じる. x における電子拡散電流密度 $J(x)$ は $J(x) = qD \frac{dn(x)}{dx}$ と表される. $x = 0$ における電子拡散電流密度 $J(0)$ を q , D , n_{p0} , L , および V を用いて表せ.

[6] N_a を大きくすると P 型半導体の電気抵抗は低下する一方で, $J(0)$ は減少する. 理由を文章で表せ.

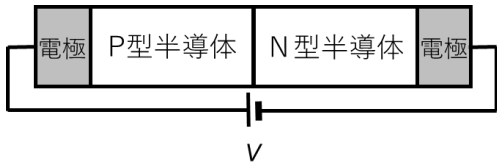


図 2-1

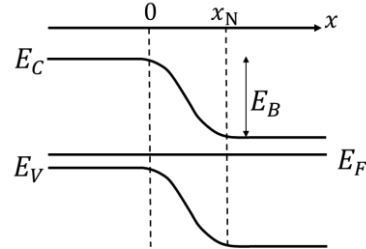


図 2-2

問題用紙

専門科目

3枚のうち3

受験番号 MC-

3

[1] 以下の問いに答えよ.

- (1) 16進数の4Bを, 2進数, 10進数に変換せよ.
- (2) 10進数の251.375を2進数, 16進数に変換せよ.
- (3) 2の補数表現された2進数10011100を10進数に変換せよ.

[2] 論理式 $y = \overline{AC} + \overline{AD} + \overline{BC} + BD + \overline{CD}$ を, 最も簡単な積和形で表せ.

[3] 連続して1が3個以上続いたときに1を出力し(n 個連続したときは, 1を $(n-2)$ 回続けて出力), それ以外のときは0を出力する順序回路を設計する.

- (1) 現在, 1つ前, 2つ前の入力をそれぞれ x_t, x_{t-1}, x_{t-2} とし, 出力を y_t としたとき, y_t を x_t, x_{t-1}, x_{t-2} の論理式で表現せよ.
- (2) このシステムは図3-1に示す3つの状態(S_0, S_1, S_2)を持つ状態遷移図で表現できる. 状態遷移を表す矢印に, 入力 x と出力 y の対 x/y を記入することで図が完成する. 完成した状態遷移図における, アイウエ, オカキク, ケコサシを16進数で表現せよ.
- (3) 表3-1の状態遷移表に示すように, 3つの状態(S_0, S_1, S_2)を Q_1 と Q_0 の組に割り当てる. 現在の状態を表す Q_1, Q_0 と入力 x に対して, 次の状態を表す Q_1', Q_0' と出力 y を記述する状態遷移表(表3-1)を完成させよ. ドントケアは, *と記入すること.
- (4) 次の状態を表す Q_1' および Q_0' と, 出力 y の論理式を, Q_1, Q_0 と x を用いた簡単な積和形で記述せよ.
- (5) 入力を J, K とし, 現在の出力と次の出力をそれぞれ Q, Q' とするとき, 特性方程式が $Q' = J\overline{Q} + KQ$ で与えられるフリップフロップはJK-FFと呼ばれる. JK-FFを2つ用いて, 図3-1の状態遷移図を順序回路で実現したい. Q_1 を出力とするJK-FFの入力を J_1, K_1 とし, Q_0 を出力とするJK-FFの入力を J_0, K_0 とすると, 入力 J_1, K_1 および J_0, K_0 の論理式を簡潔に記述せよ.

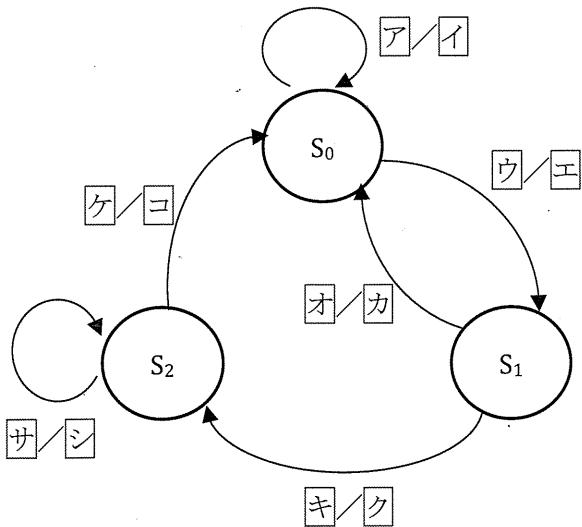


図3-1

表3-1

状態			x=0			x=1		
	Q_1	Q_0	Q_1'	Q_0'	y	Q_1'	Q_0'	y
S_0	0	0						
S_1	0	1						
S_2	1	0						
	1	1						