論理回路

論理回路学演習

演習例題集

情報通信工学科

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

1 組合せ論理回路演習問題

演習 1–1

次の設問に答えなさい．ただし，各数の括弧の右添字は基数を示すものとする．

1. 次に示す 10 進数を 2 進数, 8 進数に変換しなさい.
   $(19.98)_{10}$, $(10.07)_{10}$, $(1998.10)_{10}$
2. 次に示す 16 進数を 10 進数に変換しなさい.
   123.45_{16}, $6B.AEC_{16}$, $ABC.EF_{16}$
3. n 桁の 10 進数を 4 進数に変換すると何桁が必要となるか? ただし $\log_{10} 4 = 0.602$ とする.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–2

次の設問に答えなさい.

1. 次の各数を，指定された形式で表しなさい．ただし，整数は小数点以上 8 桁まで，小数は小数点以下 5 桁まで求めること．各数の括弧の右添字は基数を示すものとする.

   (1): $(1C4A)_{16} \to 4$ 進数で (2): $(0.42000)_{10} \to 5$ 進数で (3): $(0.42000)_8 \to 10$ 進数で

2. 次式の各数を BCD 符号および 3 増し符号で表して計算を実行しなさい．ただし計算の過程は省略せずに示しなさい.

   (1): $(1997)_{10} + (1029)_{10}$ (2): $(1234)_{10} - (4321)_{10}$

3. MSB を符号桁とする 2 の補数形式で表わされた整数部 6 ビット, 小数部 4 ビットの 2 進固定小数点数の例を，以下に二つ示す．これらの 2 進小数を 10 進数に変換しなさい.

   (1): $(010101.1010)_2$, (2): $(101010.0101)_2$

4. 君の学籍番号 (10 進数) の下 5 桁を 5 進数および 7 進数でそれぞれ表記しなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–3

8 ビットの 2 進数の各桁に，*LSB (Least Significant Bit)* から *MSB (Most Significant Bit)* まで，順に 1 から 8 までの番号を付ける．二つの 8 ビット 2 進数の加算によって第 k 桁から生じる桁上げを c_k で表す．*MSB* からの桁上げは c_8 と表わされる．
8 ビットの 2 進数の *MSB* が符号を表す桁であるとみなし，負数を 2 の補数で表すと，8 ビットで表現できる数の範囲は $(-128)_{10} \sim (127)_{10}$ である．演算の結果がこの範囲の数で表せないとき，**オーバーフロー**が生じた，という．
$(123)_{10} + (45)_{10}$, $(-123)_{10} - (45)_{10}$, $(123)_{10} - (45)_{10}$, $(-123)_{10} + (45)_{10}$ の 4 種類の計算結果を示し， オーバーフローが生じる条件を $c_k;\ k = 1, 2, \cdots, 8$ を用いて示しなさい．ただし，減算は 2 の補数による加算によって実行するものとする．

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–4

次の問に答えなさい. ただし, 減算は補数の加算で行い, 計算のプロセスは補正計算も含めて省略せずに示すこと.

1. BCD 符号で $(284)_{10}$ と $(247)_{10}$ の加算と減算を行い, その結果を示しなさい.
2. 3 増し符号で $(284)_{10}$ と $(247)_{10}$ の加算と減算を行い, その結果を示しなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–5

任意の 2 変数論理関数を表すことのできる必要最小限の演算子の組を**素演算系**あるいは**完全系**という．講義ノートの表 2-2: に示したように, 単項演算子の**否定** (NOT) および二項演算子の **論理積** (AND) と**論理和** (OR) によってすべての 2 変数論理関数を表現できる．したがって演算子の組 (NOT, AND, OR) は素演算系をなす．ということは, (NOT, AND, OR) を表現できる演算子の組もまた素演算系をなすことを意味する．

1. (論理積, 排他的論理和, および定数 ‘1’) の組合せだけで NOT, AND および OR を表現できることを示し, これらが確かに素演算系をなすことを説明しなさい.
2. (含意および定数 ‘0’) の組合せだけで NOT, AND および OR を表現できることを示し, これらが確かに素演算系をなすことを説明しなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–6

ブール代数の公理と定理を用いて次の各項が成り立つことを証明しなさい.

1. 元 1 が唯一であること.
2. べき等則 $p \times p = p$
3. $p \times 0 = 0$
4. 二重否定 $\overline{\overline{p}} = p$
5. 吸収則 $p \times (p + q) = p$
6. $p \times (\overline{p} + q) = p \times q$
7. $p \times (\overline{p} \times q) = 0$
8. ド - モルガンの法則 $\overline{p \times q} = \overline{p} + \overline{q}$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–7

ブール代数の公理と定理に基づき, 次の等式が成り立つことを証明しなさい.

1. $p \times q + q \times r + r \times p = (p + q) \times (q + r) \times (r + p)$
   (ヒント: まず共通の要素によって整理し，次いで加法の分配法則を利用する)

2. $p \times q + q \times r + \overline{p} \times r = p \times q + \overline{p} \times r$
   (ヒント: $q \times r$ に '1' を掛けて '1' を別の変数で表し, 展開して整理する)

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–8

次の設問に答えなさい.

1. 論理変数 x と y の論理和 $v = x + y$ および排他的論理和 $w = x \oplus y$ の真理値表を書き，さらに主加法標準形と主乗法標準形を示しなさい.
2. 講義ノート 25 ページの囲み「排他的論理和演算の基本性質」が成り立つことを，真理値表を書いて確かめなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–9

二値論理変数 x_1, x_2, x_3 の組合せに対して，値 '1' を取る論理変数の個数が偶数のときは $f = 1$ となり，奇数の場合には $f = 0$ となる論理関数 f の真理値表を示しなさい．また，この論理関数の最簡な Reed-Muller 標準形を示しなさい．

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–10

論理回路記号において，入力端子の○印は、その入力の否定を加えることを意味し、出力端子の○印は、その論理関数の否定を出力することを意味する。したがって、図 (a) では、x と $\overline{y}$ の論理積、すなわち $x \cdot \overline{y}$ が出力される。一方、図 (b) では、x と $\overline{y}$ の論理和の否定、すなわち $\overline{x + \overline{y}}$ が出力される。ド・モルガンの法則によれば、これは $\overline{x} \cdot y$ に等しい。
NOT 回路では、図 (c) や (d) のように、○印が入力側にあっても出力側にあっても、否定回路としての機能は変わらない。

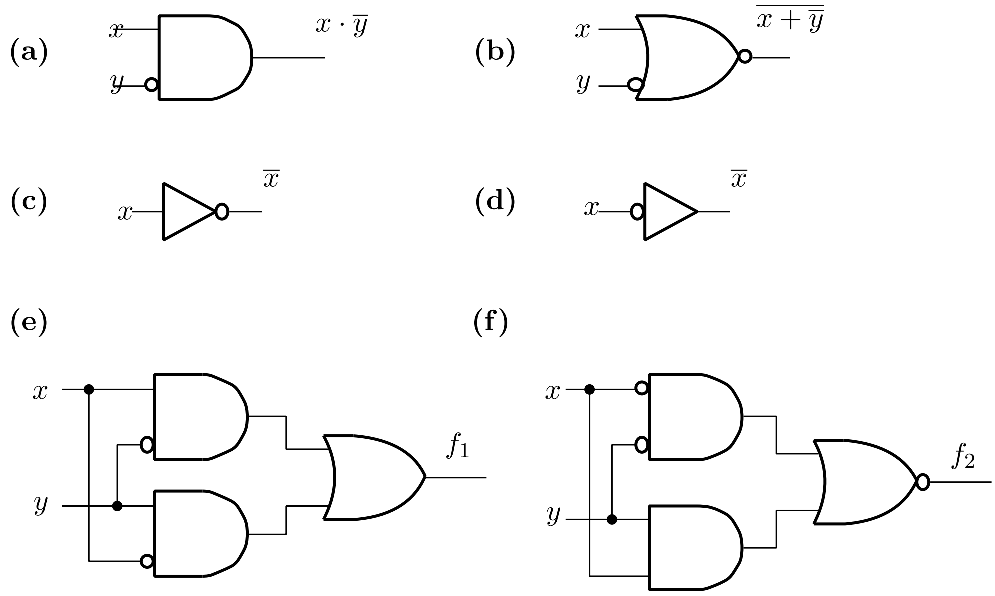


図 (e) の論理関数 f_1、および図 (f) の論理関数 f_2 を、それぞれ主加法標準形および主乗法標準形で表しなさい。

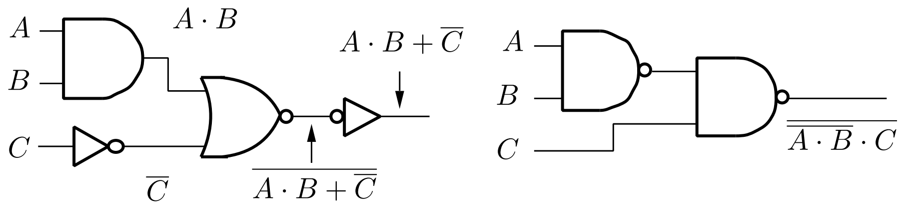
解答欄:

2008.4.2

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–11

論理式 $A \cdot B + \overline{C}$ は二重否定 $\overline{\overline{A \cdot B + \overline{C}}}$ に *de Morgan* の定理を適用して $\overline{\overline{A \cdot B} \cdot C}$ と書ける. つまり論理変数 A と B の NAND 演算結果を求め, その結果と C との NAND 演算を行えばよい.



次の 2 変数論理関数を NAND 演算だけで表し, その論理回路を示しなさい. 同様に NOR 演算だけで表し論理回路を示しなさい (否定 NOT は NAND あるいは NOR だけで実現できることに注意すること).

(a): $f_1 = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$, (b): $f_2 = A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B}$, (c): $f_3 = A \cdot B + C \cdot D$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–12

次の論理関数の真理値表を書き, 主加法標準形および主乗法標準形を示しなさい.

1. $f_1(x, y, z) = (x \oplus y) + (y \oplus z)$
2. $f_2(w, x, y, z) = \overline{w} \cdot x \cdot y \cdot \overline{z} + w \cdot (\overline{x} + \overline{y}) \cdot z + (x + y) \cdot (\overline{z} \cdot w + z \cdot \overline{w})$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–13

次の設問に答えなさい.

1 次の 3 変数論理関数は自己双対関数であるか、そうでないか示しなさい.

$$f = A \cdot B + A \cdot C + \overline{A} \cdot B \cdot C$$

2 次の各項に示す論理関数の組に包含関係があるかどうかを調べ、その結果を示しなさい。

1. $f_1 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + x_2 \cdot x_3 \cdot x_4, \quad f_2 = (x_1 + x_3) \cdot (x_2 + x_3) \cdot (x_1 + x_4)$
2. $f_1 = x \cdot y, \quad f_2 = x \oplus y, \quad f_3 = x + y$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–14

次の論理関数が各論理変数に関して正か負かを調べて, ユネイト関数かそうでないかを示しなさい.

1. $f_1 = A \cdot C + B \cdot C + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C$
2. $f_2 = \overline{B} \cdot \overline{C} + A \cdot B + \overline{A} \cdot B \cdot C$
3. $f_3 = A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C + A \cdot B \cdot C$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–15

論理関数 $f(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ および $g(y_1, y_2, \cdots, y_m)$ は自己双対関数であるとする. f の任意の変数, 例えば x_i に g を代入して得られる論理関数 $h(x_1, x_2, \cdots, y_1, y_2, \cdots, y_m)$ が自己双対関数であることを示しなさい (論理関数 h は x_i を変数に持たないことに注意しよう).

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–16

二変数論理関数を $F(x,y)$ とし，その双対な論理関数を $F^D(x,y)$ とする．さらにもう一つの論理変数 z を追加して三変数の論理関数を次のように作成した．

$$G(x,y,z) = z \cdot F^D(x,y) + \overline{z} \cdot F(x,y).$$

この論理関数 $G(x,y,z)$ は自己双対関数であるか，そうでないか，理由を明示して解答しなさい．

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–17

4 変数論理関数 $f(A, B, C, D)$ が，閾値 2 の閾値関数であるという．このことに関して，次の設問に答えなさい．

1. f の真理値表を示し，最簡な積和形式の論理式を導きなさい．
2. f は，①: 自己双対関数であるかどうか，②: ユネイト関数であるかどうか，③: 単調増加関数であるかどうか，答えなさい．また，それらの理由を，それぞれ 50 字以内にまとめて述べなさい．

解答欄:

学籍番号:　　　　　　　　　　氏名:　　　　　　　　　　演習日時:

演習 1–18

下表に示す 2 変数の論理関数 (16 種類) の論理式を示し, それぞれの関数が① 単調 (増加) 関数か, ② ユネイトか, ③ 対称関数か, ④ 閾値関数か, を調べ, そうであれば各欄に○を記入しなさい. ただし閾値関数の場合は閾値も記入すること (f_0 と f_{15} は恒等的に '0' あるいは '1' を返す論理関数であるので, この二つに関しては回答の必要は無い).

2 変数論理演算の関数族

x y	0011 0101	論理式	単調	ユネイト	対称	閾値
f_0	0000		−−	−−	−−	−−
f_1	0001					
f_2	0010					
f_3	0011					
f_4	0100					
f_5	0101					
f_6	0110					
f_7	0111					
f_8	1000					
f_9	1001					
f_{10}	1010					
f_{11}	1011					
f_{12}	1100					
f_{13}	1101					
f_{14}	1110					
f_{15}	1111		−−	−−	−−	−−

解答欄:

演習 1–19

次の設問に答えなさい.

1. 次の関数のうち, ユネイト関数はどれか示しなさい.

$$f = x \cdot \overline{y} + \overline{y} + x \cdot z, \;\; g = x \cdot \overline{y} + y, \;\; h = \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot z + \overline{y} \cdot z + w$$

2. 次の関数のうち, 自己双対関数はどれか, 示しなさい.

$$f = x \cdot y, \;\; g = \overline{x}, \;\; h = x \cdot y \cdot z + \overline{x} \cdot y + \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot \overline{z}$$

3. 論理関数 $f(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ および $g(y_1, y_2, \cdots, y_m)$ は自己双対関数であるものとする. f の任意の変数に g を代入して得られる論理関数が自己双対関数であることを示しなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–20

論理変数 A, B, C, D で 4 桁の純 2 進符号を表すものとする. ただし MSB は A とする. この純 2 進符号をグレイ符号 (Gray code) U, V, W, X に変換するとき, U, V, W, X を表す論理式を**排他的論理和**を使って示しなさい. ただし U を MSB とする.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–21

次に示す論理関数 $F(x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4) = f$ を Karnaugh 図を利用して簡略化し、最簡な (AND-OR) 論理式を導きなさい。

$$f = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot x_3 \cdot \overline{x_4} + x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4} + \overline{x_1} \cdot x_2 \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4} + \overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_4} + \overline{x_1} \cdot x_2 \cdot x_4$$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–22

4 ビットの 2 進数 $(x_3, x_2, x_1, x_0)_2$ に対して 2 の補数 $(z_3, z_2, z_1, z_0)_2$ を計算して出力する論理回路の真理値表を書き, カルノー図を書いて z_3, z_2, z_1, z_0 の最も簡略な論理式を導きなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–23

二値論理変数 A, B, C で 3 ビットの 2 進数 $(ABC)_2$ を作る．例えば $A = 0$, $B = 1$, $C = 1$ のとき $(ABC)_2 = 011 = 3_{10}$ である．A, B, C の任意の組み合わせに対して常に 10 進数 5 を加えて 4 ビットの 2 進数 $(UVWX)_2$ を得るのに必要な真理値表を書き, U, V, W, X それぞれに対して Karnaugh 図を書いて最簡な論理式を導きなさい．ただし 2 の補数は考えなくて良い．すべて純 2 進数とする．

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–24

次の論理関数を Quine-McCluskey 法で簡略化し, 最簡な AND–OR 論理式を導きなさい．また，Petrick の方法によっても，最簡な AND–OR 論理式を導きなさい.

$$F(x_1, x_2, x_3) = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + x_1 \cdot x_2 \cdot \overline{x_3} + x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot x_3 + \overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot x_3 + \overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3}$$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–25

次に示す論理関数 $F(x_1,\ x_2,\ x_3) = f$ を Quine-McCluskey 法で簡略化して最簡な (AND-OR) 論理式を導くものとする. 以下の問いに解答しなさい.

$$f = x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot \overline{x_2} \cdot x_3 + \overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot x_3 + x_2 \cdot \overline{x_3}$$

1. f の**真理値表**を作成し, $f = 1$ である**最小項**を**肯定型変数の数** k で分類し, **圧縮操作**を繰り返して**主項**を導きなさい.
2. 主項が最小項を被覆する**被覆表**を作成し, **最簡な論理式**を導きなさい. 最簡な論理式が複数あればそれをすべて列挙しなさい.
3. Petrick の方法で最簡な論理式を求めなさい.

解答欄:

演習 1–26

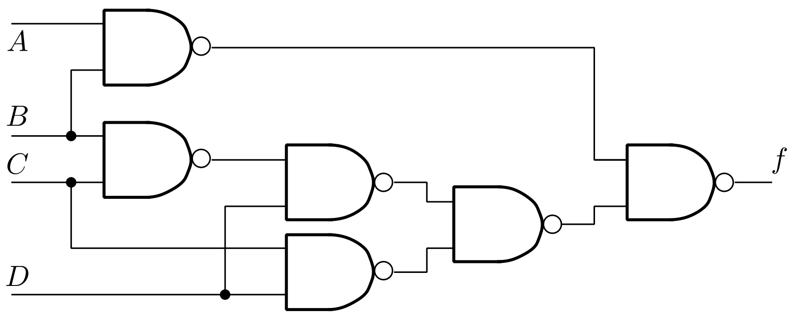
下の真理値表で表される論理関数 f を Quine-McCluskey の方法で簡略化しその結果を示しなさい．
注意: ドントケアの最小項は圧縮に利用して構わないが，包含 (被覆) 表の最小項の欄には記入しないでよい．なぜなら，その最小項を解に含めなくてもよい (don't care) からである．

x_1	x_2	x_3	x_4	f	k
0	0	0	0	1	
0	0	0	1	1	
0	0	1	0	*	
0	0	1	1	1	
0	1	0	0	*	
0	1	0	1	1	
0	1	1	0	0	
0	1	1	1	*	
1	0	0	0	*	
1	0	0	1	0	
1	0	1	0	0	
1	0	1	1	1	
1	1	0	0	1	
1	1	0	1	1	
1	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	

解答欄:

演習 1–27

下に示す論理回路の出力 f を，入力信号 A, B, C, D の論理関数として書き表しなさい．また，簡略化できるならば，Karnaugh 図を書いて最も簡略な論理式を示しなさい．



解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–28

Quine-McCluskey の方法によって，論理関数

$$f = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + B \cdot C + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D} + A \cdot \overline{C} \cdot D + \overline{B} \cdot C \cdot \overline{D}$$

を簡略化し，最も簡単な論理式をすべて示しなさい (途中から Petrick の方法を使ってもよい).

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–29

Quine-McCluskey の方法を用いて，次の論理関数を簡略化しなさい.

$$\begin{aligned} f(A,B,C.E) &= \overline{A}\cdot\overline{B}\cdot\overline{C}\cdot\overline{D}+\overline{A}\cdot\overline{B}\cdot\overline{C}\cdot D+\overline{A}\cdot B\cdot C\cdot\overline{D}+\overline{A}\cdot B\cdot C\cdot D \\ &+ A\cdot\overline{B}\cdot\overline{C}\cdot D+A\cdot\overline{B}\cdot C\cdot\overline{D}+A\cdot\overline{B}\cdot C\cdot D+A\cdot B\cdot C\cdot\overline{D} \end{aligned}$$

ヒント: 主項は 7 個の 1-cube のみ.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–30

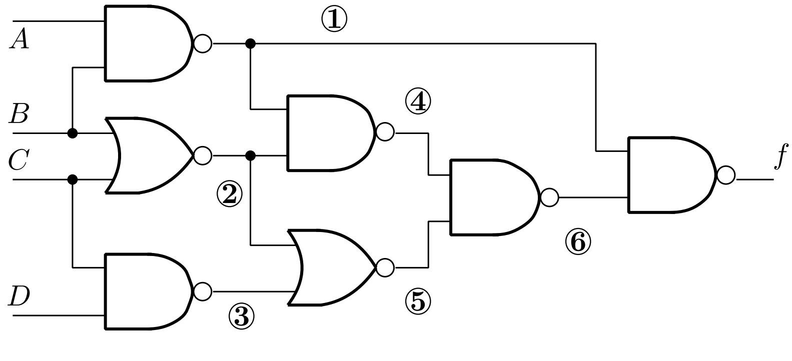
Quine–McCluskey の方法を使って次の論理関数を簡単化し, 最も簡単な論理式を導きなさい. また同様に Karnaugh 図を使った簡略化も行いなさい.

$$f = \overline{A} \cdot \overline{C} \cdot D + A \cdot C \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C + A \cdot B \cdot D + \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D} + \overline{B} \cdot C \cdot D$$

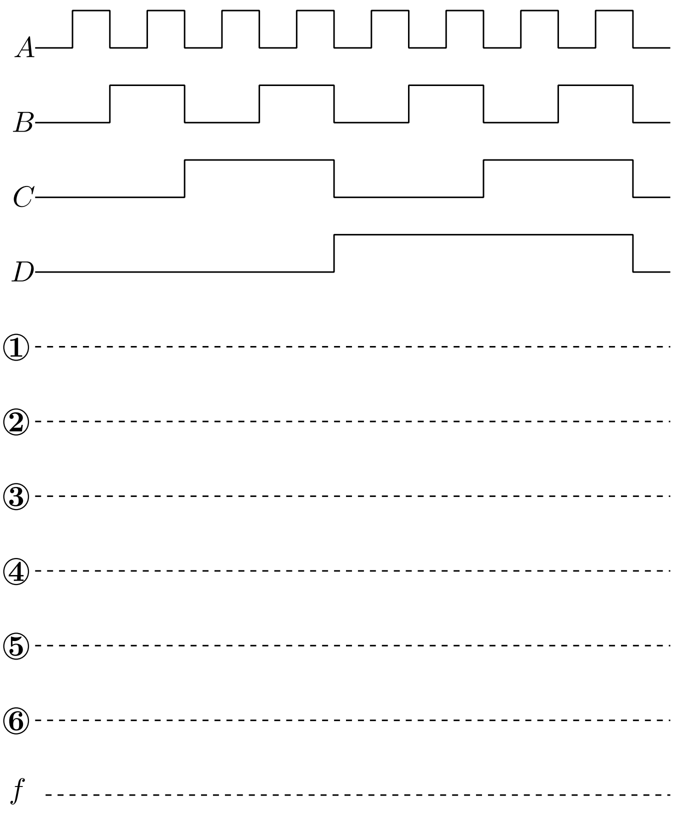
解答欄:

演習 1–31

下図に示す論理関数 $f(A,B,C,D)$ の入力論理変数 A,B,C,D が時間とともに図のように変化するという．このとき，回路各部の変化を次ページのタイミングチャートに書き込みなさい．



4 種の論理変数 A,B,C,D を入力とする論理回路



入力論理変数の値の時間的変化 (タイミングチャート)

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–32

二つの 2 進数 $X = (x_1, x_0)$ と $Y = (y_1, y_0)$ の大きさを比較し, その結果を次のように出力する AND-OR 二段回路を設計しなさい.

$$X > Y \text{ のときのみ } z_0 = 1,\quad X = Y \text{ のときのみ } z_1 = 1,\quad X < Y \text{ のときのみ } z_2 = 1,$$

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–33

3 増し符号の 10 進 1 桁を論理変数 x_3, x_2, x_1, x_0 で表す. これを論理変数 A, B, C, D で表される 2 進化 10 進 (BCD) 符号に変換したい. ただし MSB はそれぞれ x_3 および A とする. このとき以下の設問に答えなさい.

1 BCD 符号の各ビット A, B, C, D を x_3, x_2, x_1, x_0 で表しなさい.

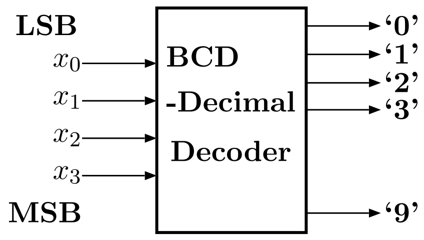
2 3 増し符号 x_3, x_2, x_1, x_0 を入力とし, BCD 符号の各ビット A, B, C, D を出力とする論理回路を設計しなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–34

右図は **BCD - 10 進**復号器である．この回路の入出力に関する真理値表を書き，各復号出力 ‘0’, ‘1’,···‘9’ を求める回路を設計しなさい．簡略化が行えるならば Karnaugh 図を利用して簡略化を行いその結果を示しなさい．



BCD - 10 進復号器のブロック図

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–35

BCD 符号を (x_3, x_2, x_1, x_0) で表す．ただし x_0 が LSB である．x_3, x_2, x_1, x_0 の中で '1' の個数が奇数のときに値 1 をとる論理関数 f の真理値表およびカルノー図を示し，x_3, x_2, x_1, x_0 を入力として f を出力とする論理回路を NOR 回路で実現しなさい．ただしドント・ケアを考慮すること．

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–36

ある部屋に 4 つの入口があり, 各入口のそばには一個のスイッチがあって室内の照明のオン・オフが可能だという. スイッチをそれぞれ A, B, C, D とし, 照明器具を L で表す. スイッチ A, B, C, D が下に押し下げられている状態を '0' で, 上に倒された状態を '1' でそれぞれ表すことにする. また照明がオフであることを $L = 0$ で表し, オンであれば $L = 1$ とする.
初期状態では A, B, C, D はすべて '0' の状態であり, 室内は暗く $L = 0$ だとする. どのスイッチでも現在 '1' であれば '0' に, あるいは '0' であれば '1' に, それぞれ状態を変更すれば照明のオン・オフ状態を反転できるようにしたい. この目的を実現するため, A, B, C, D を変数として L を表す真理値表を書き, L をリード・マラー標準形で示しなさい. ただし二つ以上のスイッチが同時に操作されることはないものとする.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 1–37

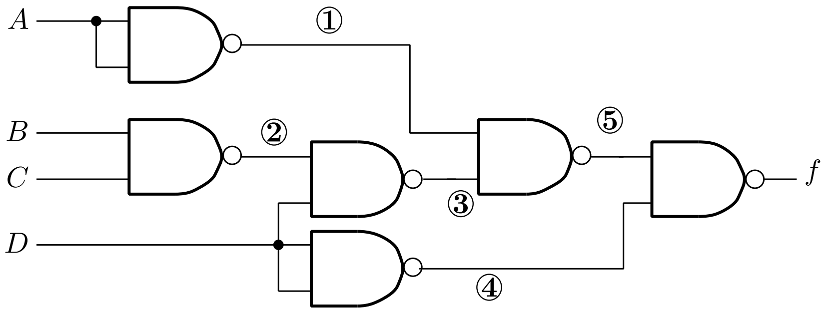
2 ビットで表された正の 2 進整数 $X = (x_1x_0)_2$ および $Y = (y_1y_0)_2$ の乗算を 4 ビットの 2 進整数 $Z = (z_3z_2z_1z_0)_2$ で表すものとする．ただし $x_1, x_0, y_1, y_0, z_3, z_2, z_1, z_0 \in \{0, 1\}$ であり，x_0, y_0, z_0 をそれぞれの数の *LSB* とする．このとき次の設問に答えなさい．

1. x_1, x_0, y_1, y_0 を変数として z_3, z_2, z_1, z_0 を表す真理値表を書きなさい．
2. この真理値表に基づいてカルノー図を作成し，z_3, z_2, z_1, z_0 を表す論理式を導きなさい．
3. x_1, x_0, y_1, y_0 を入力とし z_3, z_2, z_1, z_0 を出力とする論理回路を AND, OR, NOT 回路を使って設計しなさい．

解答欄:

演習 1–38

論理変数 A, B, C, D の論理関数 f が，下図のような論理回路で表されている．図中の ①〜⑤ までの中間出力を論理式で表し，最終的にこの回路の出力 f の論理式を導きなさい．また，簡略化が可能であれば，f の最簡の論理式を示しなさい．



解答欄:

学籍番号:　　　　　　　　　　氏名:　　　　　　　　　　演習日時:

2　順序回路演習問題

演習 2–1

押しボタン X_0 を押すと赤信号に, X_1 を押すと青信号に, 両方同時に押すと黄信号に, 何も押されていなければ現在の信号を保持する信号機を設計したい. この問題では回路の状態と出力 (信号の色) は不可分であり, Moore 型の順序回路を用いることにする. この信号機の状態遷移表と状態遷移図を書きなさい. ただし, ボタンが押されると論理値 '1' が入力され, 押されていない場合には '0' が入力されるものとする. また, 状態は '赤', '青', '黄' とすること.

解答欄:

演習 2–2

下表で示される状態遷移表を持つ順序回路の等価性を検査し, 等価な状態同士を求めて状態遷移図を書きなさい.

	d			p		
	a	b	c	a	b	c
Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	1	0	0
Q_1	Q_0	Q_2	Q_3	0	0	0
Q_2	Q_3	Q_0	Q_1	0	0	0
Q_3	Q_0	Q_4	Q_1	0	0	0
Q_4	Q_3	Q_0	Q_3	0	0	0

$\Pi^{(1)}$	$\boldsymbol{Q}$	a	b	c

$\Pi^{(2)}$	$\boldsymbol{Q}$	a	b	c

$\Pi^{(3)}$	$\boldsymbol{Q}$	a	b	c

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–3

下表の状態遷移表を持つ順序回路の等価性を検査し, 等価な状態同士を求めなさい. また次の状態同士が互いに等価では無かった場合, それらを**区別**する最短の入力系列をすべて求めなさい.

(1): $Q_0,\ Q_1$ (2): $Q_1,\ Q_6$ (3): $Q_4,\ Q_5$

	d			p		
	a	b	c	a	b	c
Q_0	Q_0	Q_1	Q_4	0	1	0
Q_1	Q_1	Q_0	Q_3	0	1	0
Q_2	Q_7	Q_4	Q_6	1	1	0
Q_3	Q_3	Q_4	Q_0	1	1	0
Q_4	Q_4	Q_3	Q_1	1	1	0
Q_5	Q_3	Q_2	Q_1	1	1	0
Q_6	Q_6	Q_0	Q_5	0	1	0
Q_7	Q_0	Q_3	Q_5	1	1	0

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–4

下の左に示す状態遷移表を持つ不完全定義順序回路の両立性を検査し, 互いに非両立的な状態の対をすべて書きなさい. また極大両立的状態集合をすべて求め, 簡単化した状態遷移図を示しなさい.

	d		p	
	0	1	0	1
Q_0	Q_0	Q_2	0	1
Q_1	Q_1	Q_3	1	0
Q_2	Q_2	Q_4	*	1
Q_3	Q_3	Q_5	*	0
Q_4	Q_4	Q_0	0	*
Q_5	Q_5	Q_1	1	*

	d		p	
	0	1	0	1
Q_1	Q_5	Q_2	0	1
Q_2	Q_6	$*$	0	*
Q_3	$*$	Q_5	*	1
Q_4	Q_6	Q_3	*	1
Q_5	Q_1	$*$	1	*
Q_6	Q_3	Q_4	1	1

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–5

上の右に示す状態遷移表を持つ不完全定義順序回路について,

1. 極大両立的状態集合をすべて示しなさい.
2. 状態の両立性に基づいて簡単化した状態遷移表を示しなさい.

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–6

文字集合 $\boldsymbol{X} = \{$‘0’, ‘1’$\}$ を入力として受け入れ, 同じく文字集合 $\boldsymbol{Z} = \{$‘0’, ‘1’$\}$ を出力する順序回路を考える. 一連の入力文字列中で特定の部分文字列 ‘1011’ を受理したら ‘1’ を出力し, それ以外の時は ‘0’ を出力する最も簡単な Meely 型順序回路を設計しなさい. この順序回路の初期状態を明示したうえで簡単化された状態遷移図を示すこと.

入力文字列の例: 0101011011001111101101101

出力文字列: 0000001001000000000100100

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–7

入力文字の集合が $\boldsymbol{X} = \{\mathrm{a}, \mathrm{c}, \mathrm{e}, \mathrm{u}\}$，出力文字の集合が $\boldsymbol{Z} = \{0, 1\}$ と定義されている順序回路が，部分文字列 ‘u e c’ が入力されると ‘1’ を出力し，それ以外の入力に対しては ‘0’ を出力する，という．この順序回路が初期状態にあるときに下の第一行目の文字列を入力したところ，第二行目の出力文字列が得られた．この結果を手がかりにして，この順序回路の最簡な状態遷移図を示しなさい．
注意: この例ではいくつかの状態遷移が未定義であるが，各状態遷移先が自明であれば，適当な遷移先を定義して解答してよい．

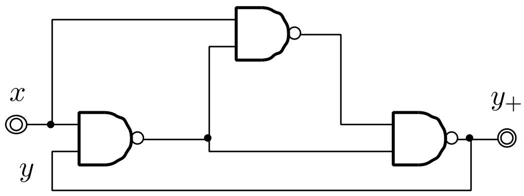
acecuaucuueaueeaueueuueccuece
00000000000000000000000100010

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–8

下図に示す回路の内部状態に関する状態遷移表と状態遷移図を書きなさい.



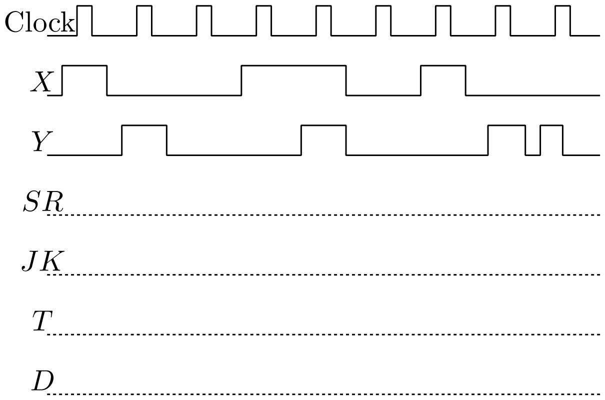
1 本のフィードバックループを持つ論理回路

解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–9

下図に示すクロックパルスと入力信号 X, Y が与えられたとき，各フリップフロップの出力 Q の変化をタイミングチャートで表しなさい．SR-ff で入力が禁止されているために出力が定義できない区間はハッチング (網掛け) などで明示すること．
ただし，SR-ff では X が S に，Y が R に接続されるものとし、JK-ff では，X が J に，Y が K に接続されるものとする．T-ff と D-ff では，X が入力であり、Y は無視する．また，各フリップフロップはクロックパルスの立ち下がりエッジで動作し，初期状態では $Q = 0$ とする．



解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–10

右に示す状態遷移表を持つ順序回路を設計したい.

1. 適当に状態変数を割り当てて状態遷移表を作成しなさい.
2. 個々の状態変数の応用方程式を求めなさい.

	次に遷移する状態		出力	
現在の状態	0	1	0	1
S_0	S_0	S_1	0	0
S_1	S_0	S_2	0	1
S_2	S_2	S_0	1	1

上で求めた応用方程式と各種フリップフロップの特性方程式を組み合わせて

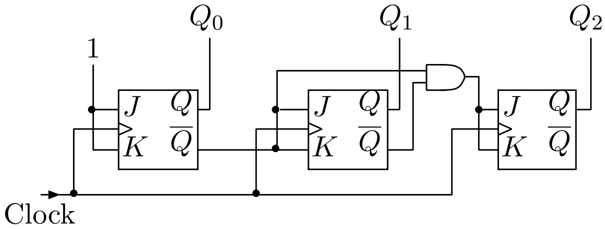
(a): SR–ff を使用してこの順序回路を作りなさい.

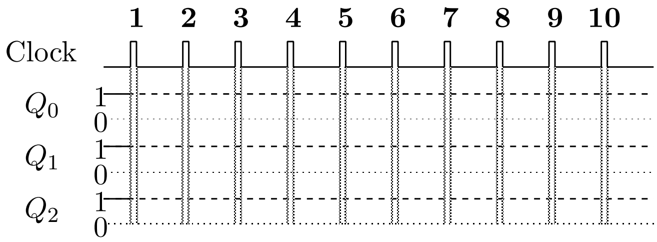
(b): D–ff を使用してこの順序回路を作りなさい.

解答欄:

演習 2–11

下に示す順序回路は初期状態で $(Q_0Q_1Q_2) = (111)$ だったという．この状態から出発してクロックパルスが入力されるたびに，この順序回路がどのように動作するか，タイミングチャートを完成させて動作を説明しなさい．ただし初段のフリップフロップの JK 入力には論理値 ‘1’ が入力されている。

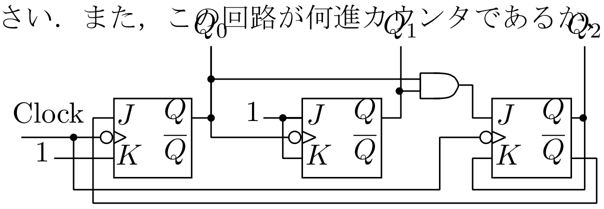


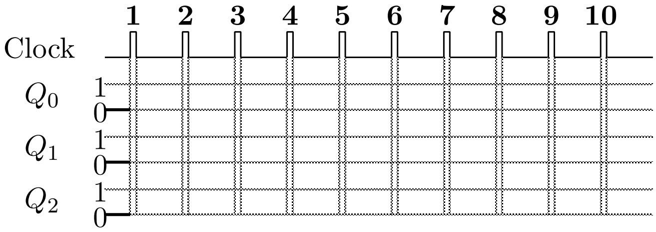


解答欄:

演習 2–12

下に示す順序回路は初期状態で $(Q_0Q_1Q_2) = (000)$ となっている．この状態から出発してクロックパルスが入力されるたびにこの順序回路がどのように動作するか，を調べたい．下図のタイミングチャートを完成させなさい．また，この回路が何進カウンタであるか，述べなさい．





解答欄:

学籍番号: **氏名:** **演習日時:**

演習 2–13

N 個のフリップフロップの中でたった一つのフリップフロップだけが 1 の状態であり, 入力が加えられるたびに 1 の状態のフリップフロップが順次循環的に移動していくように構成されたカウンタがある. このカウンタでは, それぞれのフリップフロップは N 個の入力が加えられるたびに状態 1 を取り, N 進カウンタとしての機能を果たす. このような構成のカウンタを**リングカウンタ** (Ring counter) という. 3 進リングカウンタの遷移表を下表に示す. この表に基づいて各状態変数の応用方程式を書きなさい. また, JK フリップフロップを使ってこの 3 進リングカウンタを設計しなさい.

3 進リングカウンタの遷移表

現在の状態			入力後の状態						出力	
			$x=0$			$x=1$			z	
Q_1	Q_2	Q_3	Q_{1+}	Q_{2+}	Q_{3+}	Q_{1+}	Q_{2+}	Q_{3+}	$x=0$	$x=1$
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1

解答欄: