
デジタル回路 演習解答例

第1回

1)負の数の2進法による表現で以下の計算を行え。

a)-9を5ビット符号付き2進法(符号に1ビット/数値に4ビット)で表せ(3点)

まず 9 を4ビット2進法で書くと

$$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 1001 \text{である。}$$

$$1001 \text{の2の補数は } 11111 - 01001 + 00001 = 10110 + 00001 = 10111$$

b)3+(-9)を計算せよ。(3点)

3 を4ビット2進法で書くと

$$0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 0011 \text{である。}$$

3+(-9)は

00011

+10111

11010

検算 11010は2の補数をとると

$$00101 + 0001 = 00110$$

で6であり、確かに-6を表している

2) 次の16進数の計算を、補数を用いて2進法による表現で行え。

a) $(3F)_{16} + (B3)_{16}$

1項目は $(00111111)_2$, 2項目は $(10110011)_2$ となる。

$$\begin{array}{r} 00111111 \\ + 10110011 \\ \hline 11110010 \end{array}$$

$(10110011)_2$ を補数と捉えるかどうかによって意味が違ってくる。 $(-14)_{10}$ になるか $(242)_{10}$ になるか。

b) $(85)_{16} - (6B)_{16}$

1項目は $(10000101)_2$, 2項目は $(01101011)_2$ となる。

$$\begin{array}{r} 10000101 \\ - 01101011 \\ \hline \end{array}$$

補数

$$\begin{array}{r} 10000101 \\ + 10010101 \\ \hline 100011010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 00011010 \\ 10011010 \end{array}$$

3) $(76)_{10}$ を偶数パリティのBCDコードで表すとき、パリティビットは
どうなるか？

$(0111_0110)_{\text{BCD}}$

偶数パリティであるので、1の数が偶数となるように、
パリティビットを設定。よって、パリティビットは“1”。

デジタル回路 演習解答例

第2回

演習

1) つぎの関数を加法標準形で表せ

a) $A + B + C$

$$ABC + ABC\bar{C} + A\bar{B}C + \bar{A}BC \\ + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C}$$

これは、どこかに1が入れば正になるから、
000以外の7項目をとるべき

ちなみに乗法標準形ならそのまま

b) $\overline{(A \cdot B + C)} \cdot (A + B \cdot C)$

これは、真理値表作らないとわからない・・・

A	B	C	AB	AB+C	NOT(AB+C)	BC	A+BC	f0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1	0

一項だけ！

$$A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$$

演習

1) つぎの関数を加法標準形で表せ

c) $A \cdot B \cdot C + D$

これは、Dを含むすべての項とABCの項になる。

$$\begin{aligned} & ABCD + ABC\bar{D} + AB\bar{C}D \\ & + \bar{A}BCD + \bar{A}B\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}CD \\ & + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D \end{aligned}$$

演習

2) つぎの関数を乗法標準形で表せ

a) $A \cdot B \cdot C$

これは、 $A \cdot B \cdot C = 1$ を含まない最大項 $(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})$ だけを取り除けばよいから

$$(A + B + \bar{C}) \cdot (A + \bar{B} + C) \cdot (\bar{A} + B + C) \cdot (A + \bar{B} + \bar{C}) \\ \cdot (\bar{A} + B + \bar{C}) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + C) \cdot (A + B + C)$$

ちなみに加法標準形ならそのまま

$$A B C \bar{A} \bar{B} \bar{C} = \cdot \pi r^2$$

演習

2) つぎの関数を乗法標準形で表せ

b) $A \cdot B \cdot C + D$

真理値表でゼロになるところは7か所、
Dがゼロである (**0) の8組から(1110)を除けばよい。

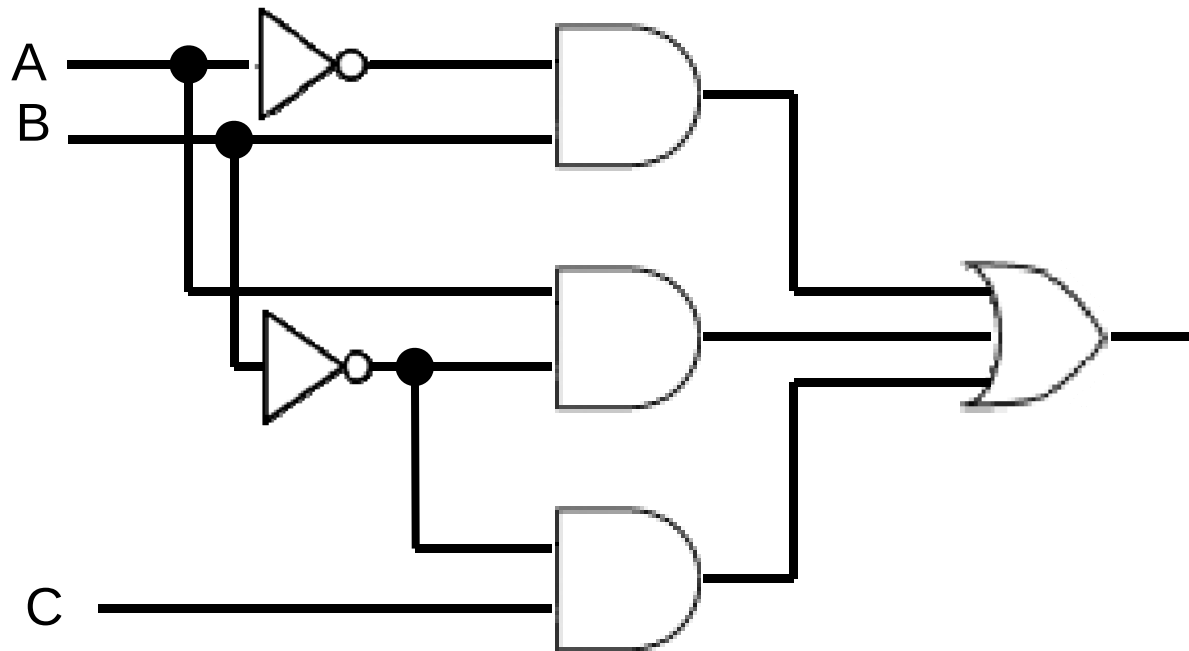
これは、 D を含むうちから $(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + D)$
の最大項を取り除けばよいから

$$\begin{aligned} & (A + B + \bar{C} + D) \cdot (A + \bar{B} + C + D) \cdot (\bar{A} + B + C + D) \\ & \cdot (A + \bar{B} + \bar{C} + D) \cdot (\bar{A} + B + \bar{C} + D) \cdot (\bar{A} + \bar{B} + C + D) \\ & \cdot (A + B + C + D) \end{aligned}$$

演習回答例

3) つぎの関数を回路の形で表せ

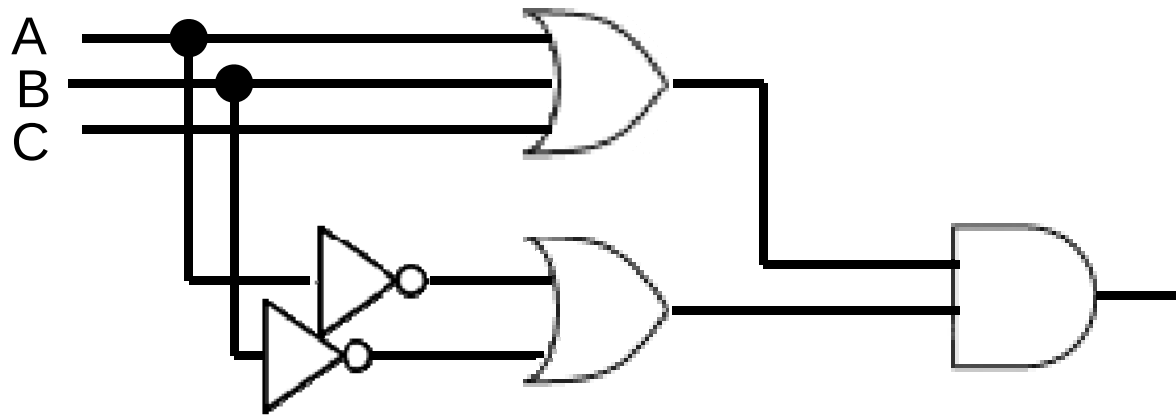
a) $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot C$



演習回答例

3) つぎの関数を回路の形で表せ

b) $(A + B + C)(\bar{A} + \bar{B})$

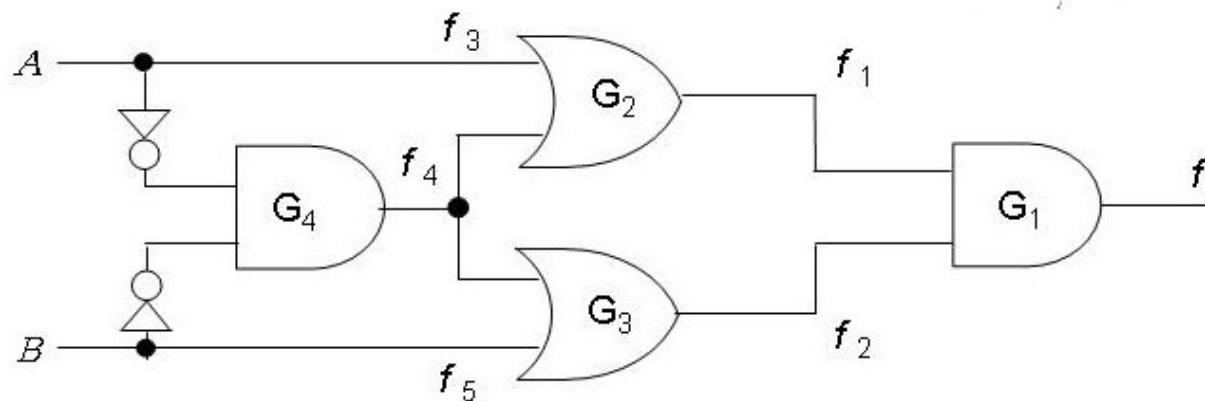
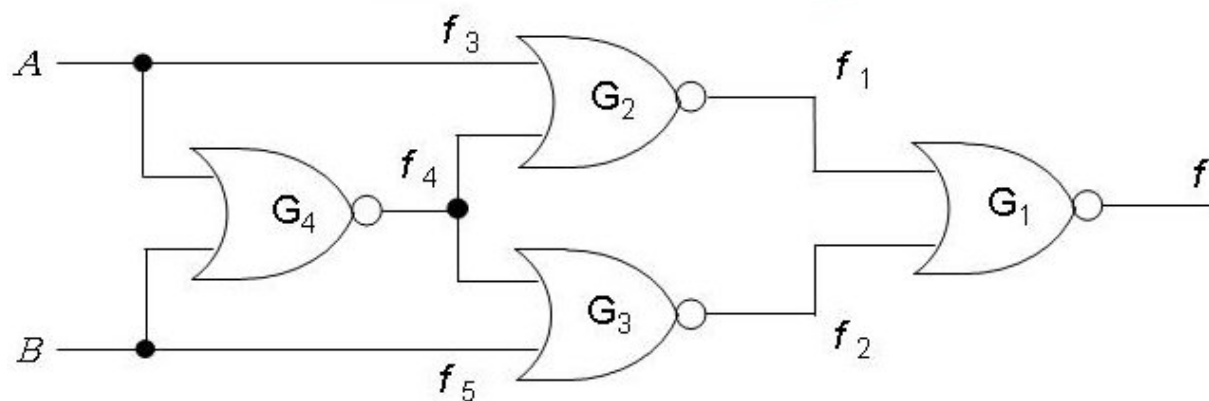


デジタル回路 演習解答例

第3回

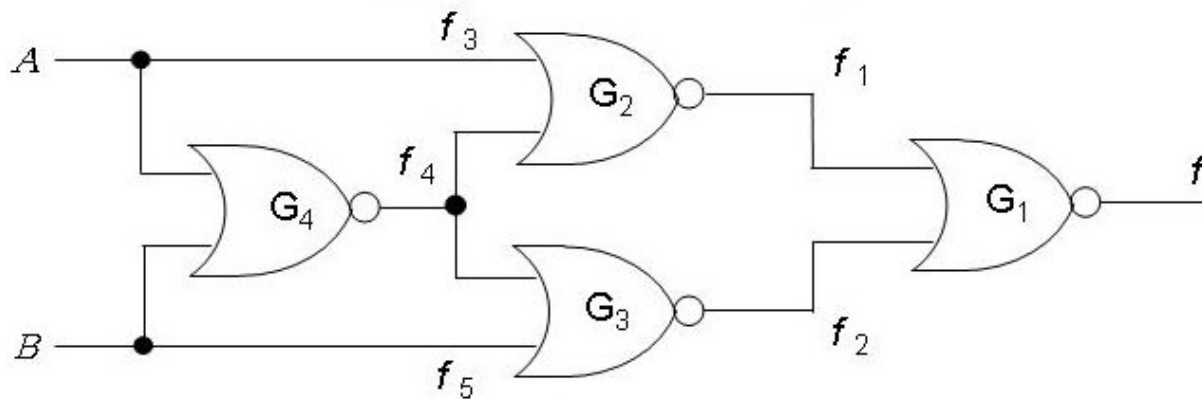
演習回答例

- 1) つぎの二つの図から、真理値表を各段階で作ри、出力が同一の関数であることをしめせ。



演習回答例

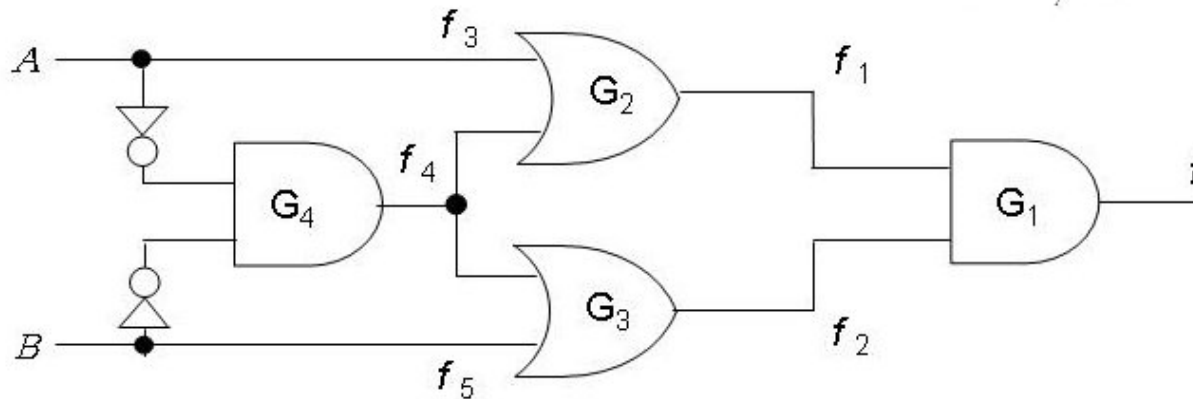
- 1) つぎの二つの図から、真理値表を各段階で作ри、出力が同一の関数であることをしめせ。



A=F3	B=F5	F4	F1	F2	F
0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

演習回答例

- 1) つぎの二つの図から、真理値表を各段階で作り、出力が同一の関数であることをしめせ。



A=F3	B=F5	F4	F1	F2	F
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1

演習回答例

- 1) つぎの二つの図から、真理値表を各段階で作り、出力が同一の関数であることをしめせ。

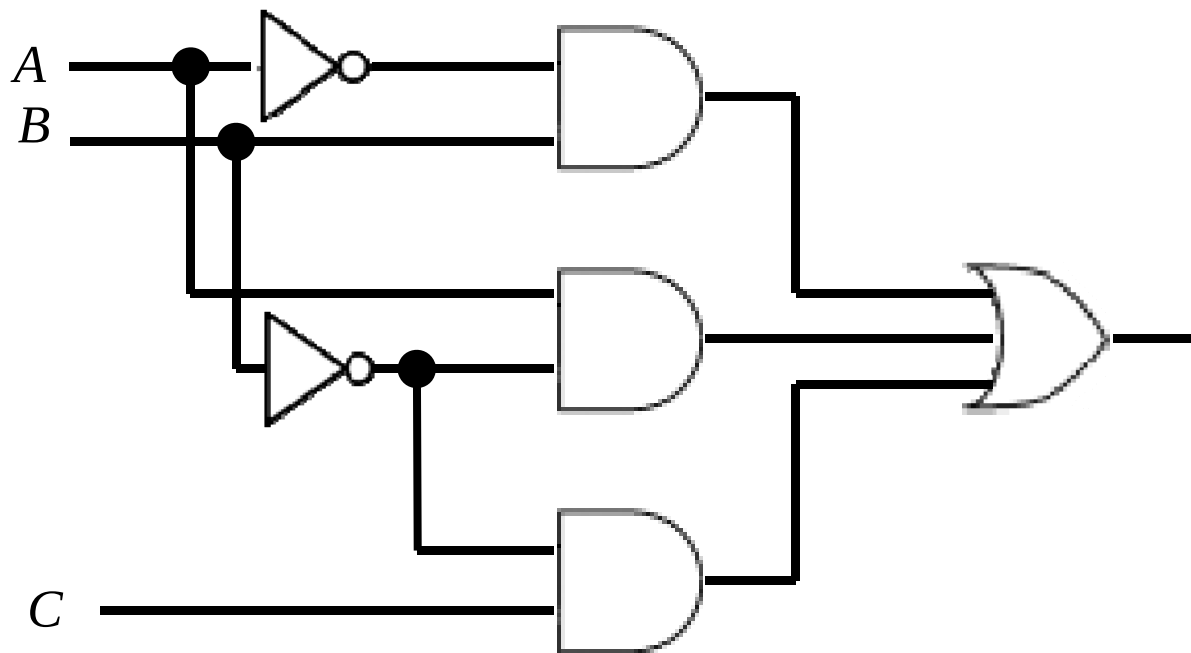
A=F3	B=F5	F4	F1	F2	F
0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

A=F3	B=F5	F4	F1	F2	F
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	1

演習回答例

2) つぎの関数をまず積和系で書いてからNANDのみを用いて回路の形で示せ

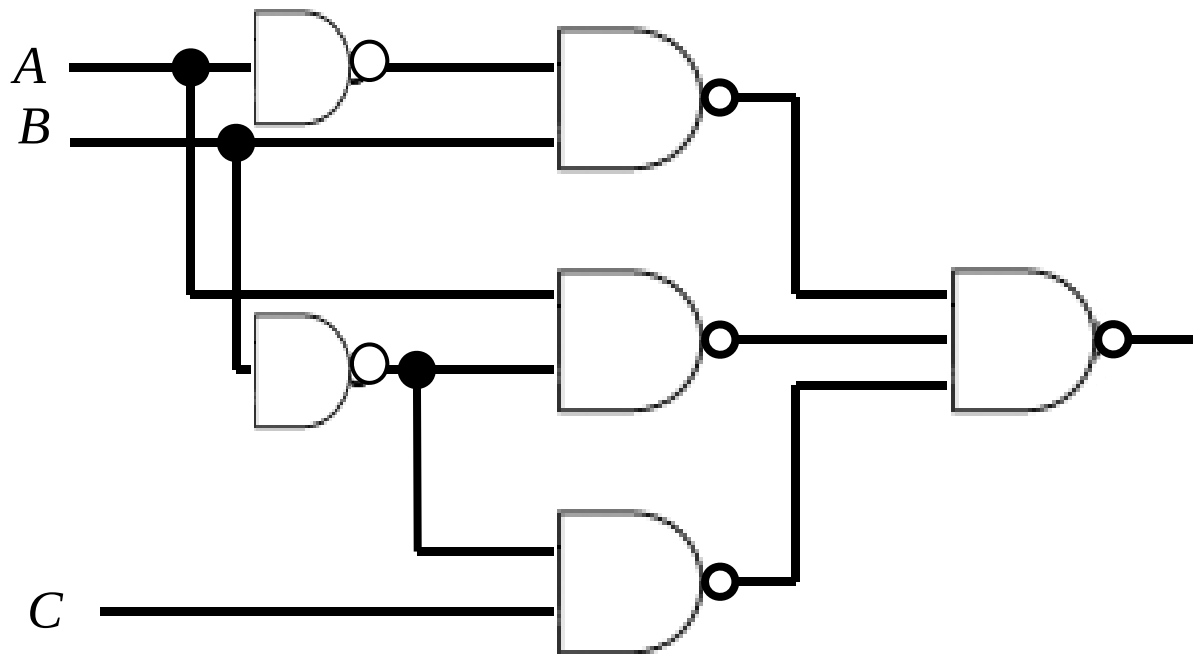
$$\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot C$$



演習回答例

2) つぎの関数をまず積和系で書いてからNANDのみを用いて回路の形で示せ

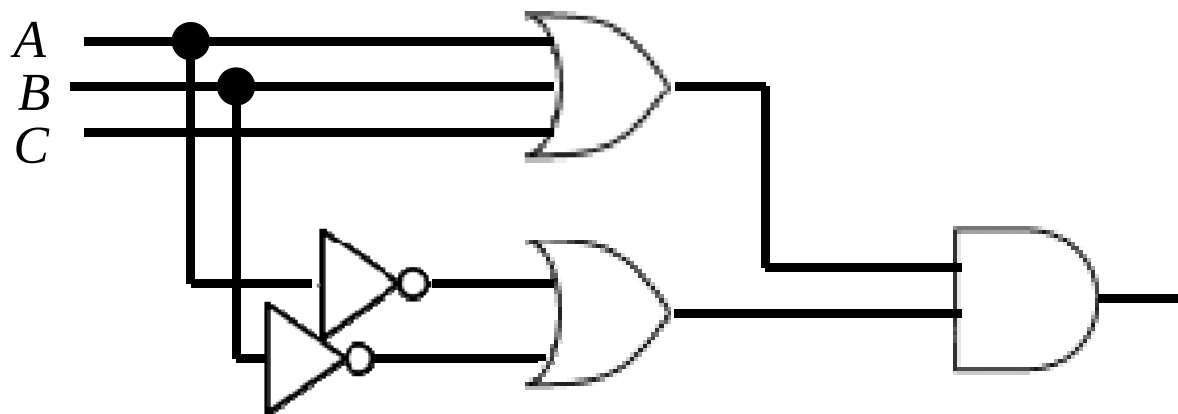
$$\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot C$$



演習回答例

3) つぎの関数をまず和積系で書いてからNORのみを用いて回路の形で示せ

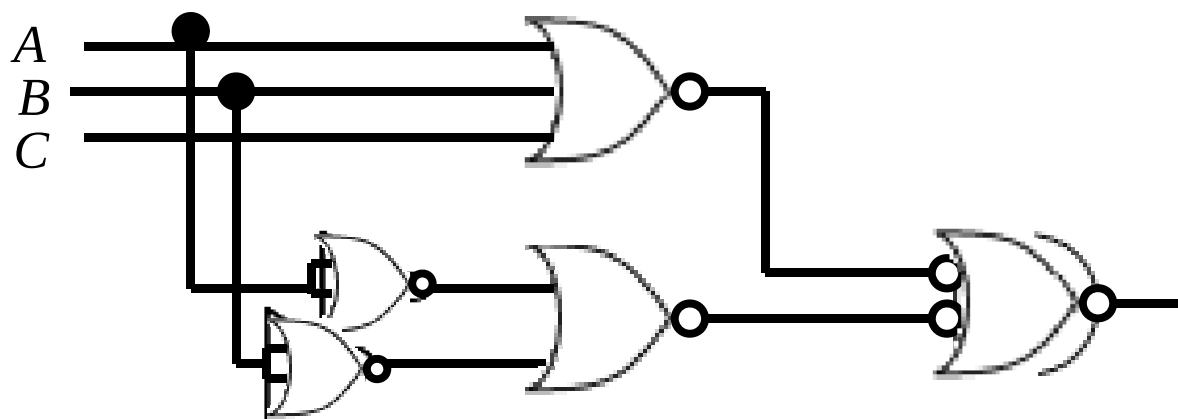
$$(A + B + C)(\bar{A} + \bar{B})$$



演習回答例

3) つぎの関数をまず和積系で書いてからNORのみを用いて回路の形で示せ

$$(A + B + C)(\bar{A} + \bar{B})$$



デジタル回路 演習解答例

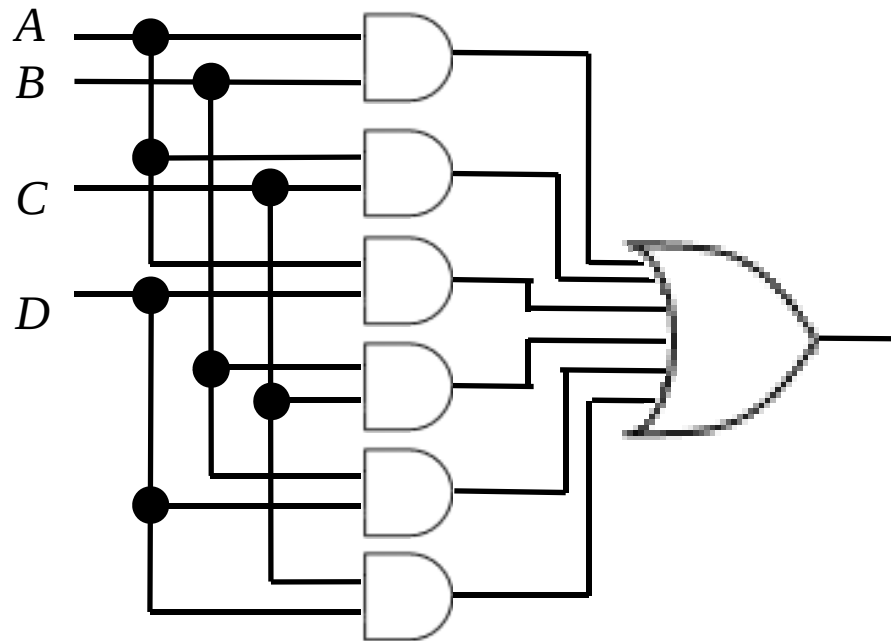
第4回

1の入力が2つ未満(0が3つ以上)ならば0、1の入力が2つ以上(0が2つ以下)の回路(5点)

カルノーマップは右図

従って、

$$A \cdot B + A \cdot C + A \cdot D \\ + B \cdot C + B \cdot D + C \cdot D$$



AB \ CD	00	01	11	10
00			1	
01		1	1	1
11	1	1	1	1
10		1	1	1

1の入力が2つ未満(0が3つ以上)ならば0、1の入力が2つ以上(0が2つ以下)の回路(5点)

否定のカルノーマップは右図

従って、

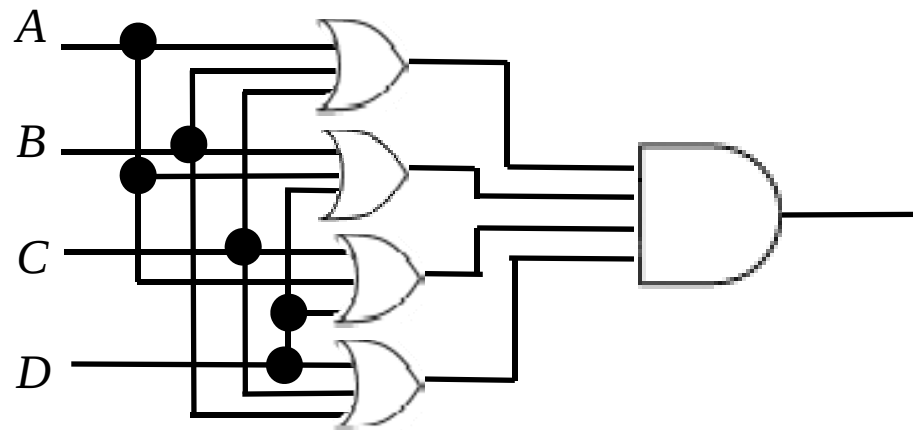
$$\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{D}$$

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

$$(\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}) \cdot (\overline{A} + \overline{B} + \overline{D})$$

$$\cdot (\overline{A} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot (\overline{B} + \overline{C} + \overline{D})$$

AB \ CD	00	01	11	10
00	1	1		1
01	1			
11				
10	1			



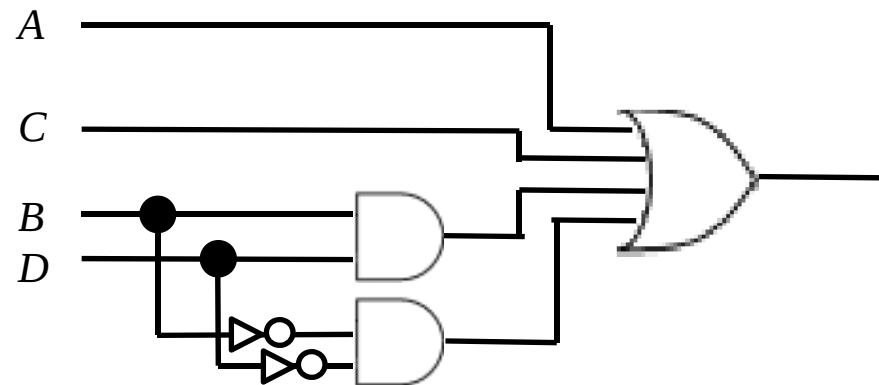
ドライバー回路(10点)

0,2,3,5,6,7,8, 9で点灯する。
10以降15までドントケア

ABCDで4桁で表記すると
左のようになる。

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

AB \ CD	00	01	11	10
00	1		Φ	1
01		1	Φ	1
11	1	1	Φ	Φ
10	1	1	Φ	Φ



デジタル回路 演習解答例

第5回

ドライバー回路

0,2,3,5,6,7,8,9で点灯する。

$$f_1 = \{ \overset{\text{----}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1} \}$$

10以降15まで dont care
1の数で仕分ける

$$f_{\text{DONT CARE}} = \{ \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}, \overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1} \}$$

1の数=0

1の数=1

1の数=2

1の数=3

1の数=4

$\overset{\text{----}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321

$\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321

$\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321

$\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321
 $\overset{\text{--}}{4} \overset{\text{--}}{3} \overset{\text{--}}{2} \overset{\text{--}}{1}$
4321

4321

ドライバー回路

1の数=0	1の数=1	1の数=2	1の数=3	1の数=4
$\overline{\overline{\overline{\overline{4321}}}} \checkmark$	$\overline{\overline{4321}} \checkmark \checkmark$	$\overline{\overline{4321}} \checkmark \checkmark$	$\overline{4321} \checkmark \checkmark \checkmark \checkmark$	$4321 \checkmark \checkmark \checkmark \checkmark$
	$\overline{\overline{\overline{4321}}} \checkmark \checkmark$	$\overline{\overline{4321}} \checkmark$	$\overline{4321} \checkmark \checkmark \checkmark \checkmark$	
		$\overline{\overline{4321}} \checkmark \checkmark$	$\overline{4321} \checkmark \checkmark \checkmark$	
		$\overline{\overline{4321}} \checkmark$	$\overline{4321} \checkmark \checkmark \checkmark$	
	$\overline{\overline{432}} \checkmark \checkmark$	$\overline{\overline{4321}} \checkmark \checkmark \checkmark$	$\overline{4321} \checkmark \checkmark \checkmark \checkmark$	
	$\overline{\overline{421}} \checkmark \checkmark$	$\overline{\overline{4321}} \checkmark \checkmark$		
	$\overline{\overline{321}} \checkmark \checkmark$			
$\overline{\overline{\overline{431}}} \checkmark \checkmark$	$\overline{\overline{432}} \checkmark \checkmark$			
$\overline{\overline{321}} \checkmark \checkmark$	$\overline{\overline{431}} \checkmark \checkmark$			
	$\overline{\overline{421}} \checkmark \checkmark$			

ドライバー回路

1の数=0	1の数=1	1の数=2	1の数=3	1の数=4
$\overline{\overline{431}} \checkmark$	$\overline{\overline{432}} \checkmark$	$\overline{421} \checkmark$	$\overline{431} \checkmark$	$321 \checkmark$
$\overline{\overline{321}} \checkmark$	$\overline{\overline{421}} \checkmark$	$\overline{321} \checkmark$	$\overline{421} \checkmark$	$421 \checkmark$
	$\overline{\overline{321}} \checkmark$	$\overline{321} \checkmark$	$\overline{432} \checkmark$	$431 \checkmark$
	$\overline{\overline{432}} \checkmark$	$\overline{431} \checkmark$	$\overline{421} \checkmark$	$432 \checkmark$
	$\overline{\overline{431}} \checkmark$	$\overline{432} \checkmark$	$\overline{432} \checkmark$	
$\overline{\overline{31}}$	$\overline{\overline{421}} \checkmark$	$\overline{42}$	$321 \checkmark$	$431 \checkmark$
$\overline{\overline{31}}$		$\overline{32}$	43	42
		$\overline{21}$	41	32
		$\overline{42}$	41	32
		$\overline{43}$		41
				42
				42
				43
				43

ドライバー回路

1の数=0	1の数=1	1の数=2	1の数=4
$\overline{\overline{31}}$	$\overline{42} \checkmark$	$42 \checkmark \checkmark$	
	$\overline{32} \checkmark$	$21 \checkmark$	
	$\overline{42} \checkmark$	31	
	$2\overline{1} \checkmark$	$32 \checkmark$	
	$4\overline{3} \checkmark$	$41 \checkmark$	
	$4\overline{1} \checkmark$	$43 \checkmark$	
	2	2	
	2	4	
	2	4	

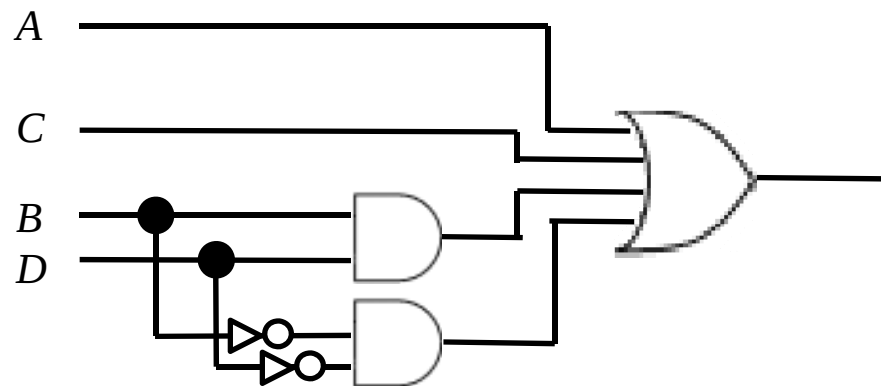
ドライバー回路

0,2,3,5,6,7,8,9で点灯する。

選択表

	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}\overline{3}\overline{2}\overline{1}$
$\overline{3}\overline{1}$	⊙	✓					✓	
31				⊙		✓		
2		✓	⊙		⊙	✓		
4							✓	⊙

どれも必須

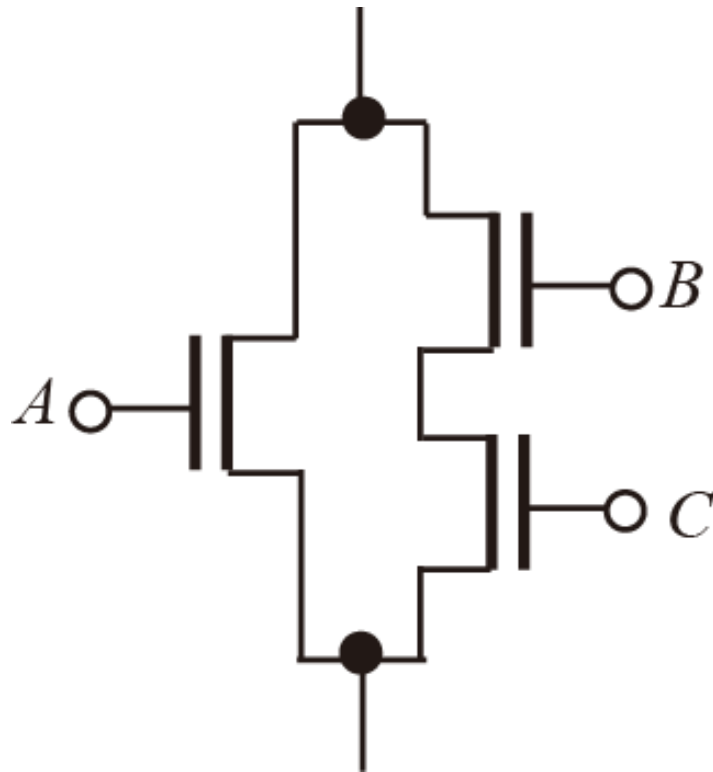


デジタル回路 演習解答例

第6回

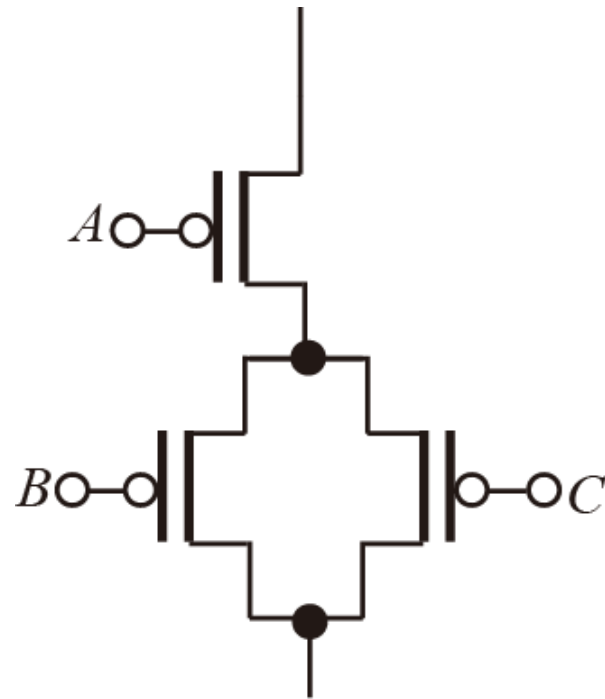
演習回答例

1) $\overline{A + B \cdot C}$ を満たすときだけオフするnMOS部分をつくれ



演習回答例

2) $\overline{A + B \cdot C}$ を満たすときだけオンするpMOS部分をつくれ



デジタル回路 中間演習解答例

1. (1) 5ビット符号付2進数で、負の数は2の補数を用いるとする。

a) 10進数の5、-5および-10を符号付き2進数で表せ。

b) $5+(-10)=-5$ の演算を符号付き2進数により行い、計算過程を説明せよ。

a) 5 00101

-5 11111から00101 を引いて1足す。 11011

-10 11111から01010 を引いて1足す。 10110

b) 2の補数で負の数を表せば、単純に足せばよい。

$$\begin{array}{r} 00101 \\ + \quad 10110 \\ \hline 11011 \end{array}$$

1.

(2) ドモルガンの定理を用いて $\overline{ABC}$ をNOT 記号と OR記号だけで表せ。

(3) $\overline{ABC}$ を加法標準形で示せ。

(4) $\overline{ABC}$ を乗法標準形で示せ。

$$(2) \overline{ABC} = \overline{\overline{A} + BC} = \overline{\overline{A} + \overline{\overline{B} + \overline{C}}} \\ \text{または } \overline{ABC} = A(\overline{B} + \overline{C}) = A\overline{B} + A\overline{C} = \overline{\overline{A} + B} + \overline{\overline{A} + C}$$

$$(3) \overline{ABC} = A(\overline{BC} + \overline{BC} + \overline{BC} + \overline{BC}) \\ = A\overline{BC} + A\overline{BC} + A\overline{BC} + A\overline{BC}$$

$$(4) \overline{ABC} = \overline{ABC} + \overline{ABC} + \overline{ABC} \\ = \overline{\overline{ABC} + \overline{ABC} + \overline{ABC} + \overline{ABC} + ABC} \\ = (A + B + C)(A + B + \overline{C})(A + \overline{B} + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})$$

3. 0から8までの数字を2進法で入力したときに、5で割ったあまりが奇数の時に1を出力する論理関数を以下の手順で簡単化したい。まず論理関数を加法標準形で表した後、クワイン・マクラスキー法により簡単化し、積和形の回路で示せ。

0 から8までの数字を2進法で表記 4ケタ 8が1000

5で割った余りが奇数

1、3、6、8 が奇数 加法標準形では

$$\overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + A\overline{B}CD$$

クワインマクラスキー法ではドントケアの9-15を足す。

1が1つ	1が2つ	1が3つ	1が4つ
$\overline{4}\overline{3}\overline{2}1$	$\overline{4}\overline{3}2\overline{1}$	$\overline{3}2\overline{1}$	$432\overline{1}$
$4\overline{3}\overline{2}\overline{1}$	$\overline{4}32\overline{1}$	$32\overline{1}$	
	$\overline{4}3\overline{2}1$	$4\overline{3}1$	
	$\overline{4}31$	$4\overline{2}1$	
	$\overline{3}2\overline{1}$	$4\overline{3}2$	421
	$4\overline{3}2$	$42\overline{1}$	431
	$4\overline{3}1$	$43\overline{2}$	432
	$42\overline{1}$	$43\overline{1}$	

1が1つ

$\overline{\overline{431}}$ レ

$\overline{\overline{321}}$ レ

$\overline{\overline{432}}$ レ

$\overline{\overline{431}}$ レ

$\overline{\overline{421}}$ レレ

1が2つ

$\overline{\overline{321}}$ レ

$\overline{\overline{321}}$

$\overline{\overline{431}}$ レレ

$\overline{\overline{421}}$ レレ

$\overline{\overline{432}}$ レレ

$\overline{\overline{421}}$ レレ

$\overline{\overline{432}}$ レレ

$\overline{\overline{431}}$ レレ

1が3つ

$\overline{\overline{421}}$ レレ

$\overline{\overline{431}}$ レレ

$\overline{\overline{432}}$ レレ

$\overline{\overline{31}}$

$\overline{\overline{31}}$

$\overline{\overline{43}}$

$\overline{\overline{42}}$

$\overline{\overline{43}}$

$\overline{\overline{41}}$

$\overline{\overline{42}}$

$\overline{\overline{41}}$

41

41

42

42

43

43

1が1つ

1が2つ

1が3つ

$3\bar{2}\bar{1}$

1が1つ

1が2つ

$\bar{3}1$

41 レ

4 $\bar{3}$ レ

42 レ

4 $\bar{2}$ レ

43 レ

4 $\bar{1}$ レ

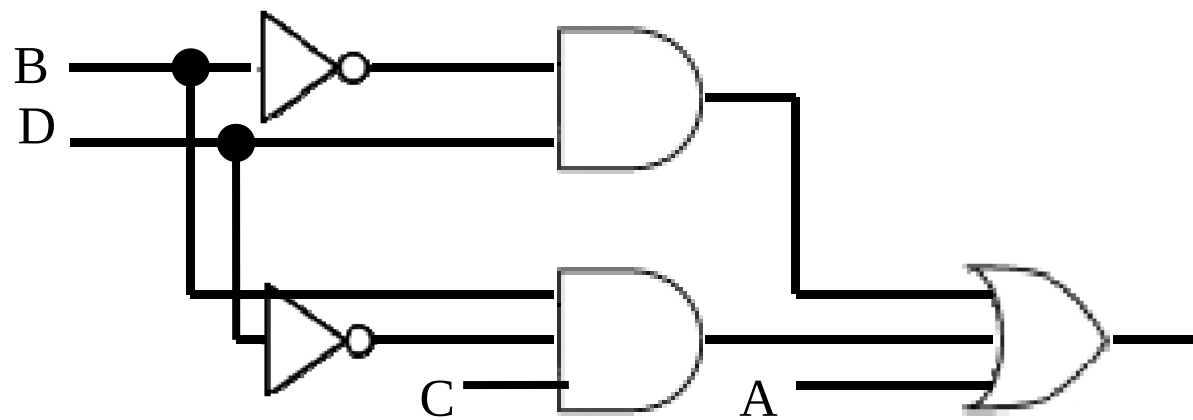
4

主項は 4, $\bar{3}1$, $3\bar{2}\bar{1}$ の三つ

	$\bar{4}3\bar{2}1$	$\bar{4}3\bar{2}\bar{1}$	$\bar{4}3\bar{2}1$	$\bar{4}3\bar{2}\bar{1}$
4				㊟
$\bar{3}1$	㊟	㊟		
$3\bar{2}\bar{1}$			㊟	

全部必須

$4, \bar{3}1, 32\bar{1}$ の回路を積和で作れば



$$4. f = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C$$

の論理関数をNANDのみの回路で簡単化して表せ。

カルノー図を書くと

		AB			
		00	01	11	10
C	0		1		
	1	1	1		1

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

