

HW-3 e075739A 津波古正輝 提出日:7月21日(月曜日)

(注意:回路を設計する場合、特に明記しないが、なるべく少ないゲート数で実現せよ。)

1) 2入力NANDゲートのトランジスタレベルの回路図を書け

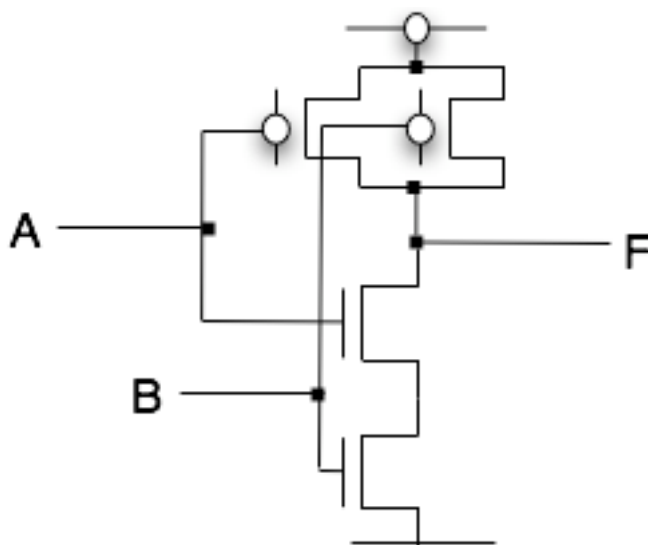


図1:2入力NANDゲートのトランジスタレベル

2) 2入力ANDの真理値表が書け

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

図2:2入力ANDの真理値表

3) 2入力ORの真理値表が書け

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

図3:2入力ORの真理値表

4)  $n$ 入力NAND、NORゲートのトランジスタ数はいくらか？

2入力、3入力と、入力に対してトランジスタ数は2ずつ増えていくので

答え： $2n$ 個

5)  $n$ 入力AND、ORゲートのトランジスタ数はいくらか？

AND、ORゲートはNAND、NORゲートにNOTゲートが必要なので

答え： $2n+2$ 個

6) 式  $f(A, B, C) = A' \cdot B \cdot C + A \cdot B' \cdot C + A \cdot B \cdot C' + A \cdot B \cdot C$  をAND、OR、NOTゲート用いて回路図を実現せよ。総トランジスタ数はいくつか？

図

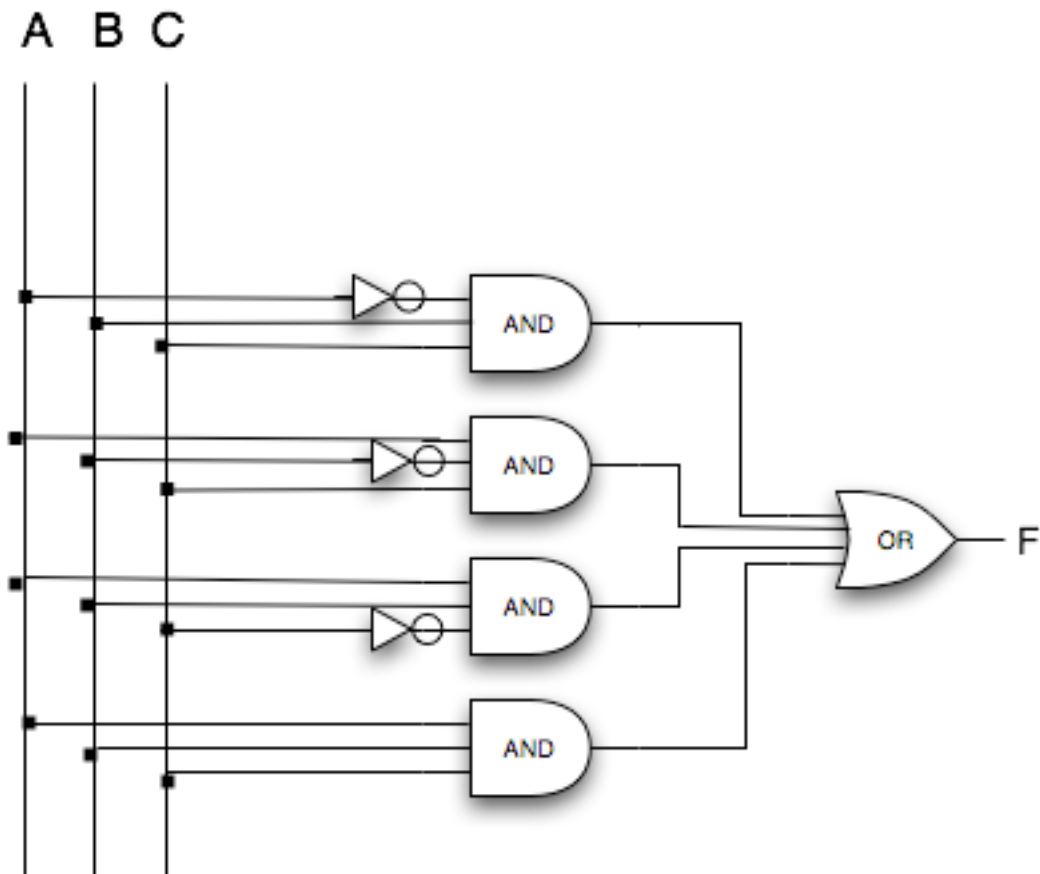


図4:回路の表現1

総トランジスタ数:

3入力AND(トランジスタ数:8)が4つ、4入力OR(トランジスタ数:10)が1つより、

$$8 \times 4 + 10 \times 1 = 42$$

答え:42個

7) 上記式をNAND、NOR、NOTを用いて実現せよ。総トランジスタ数はいくつか？

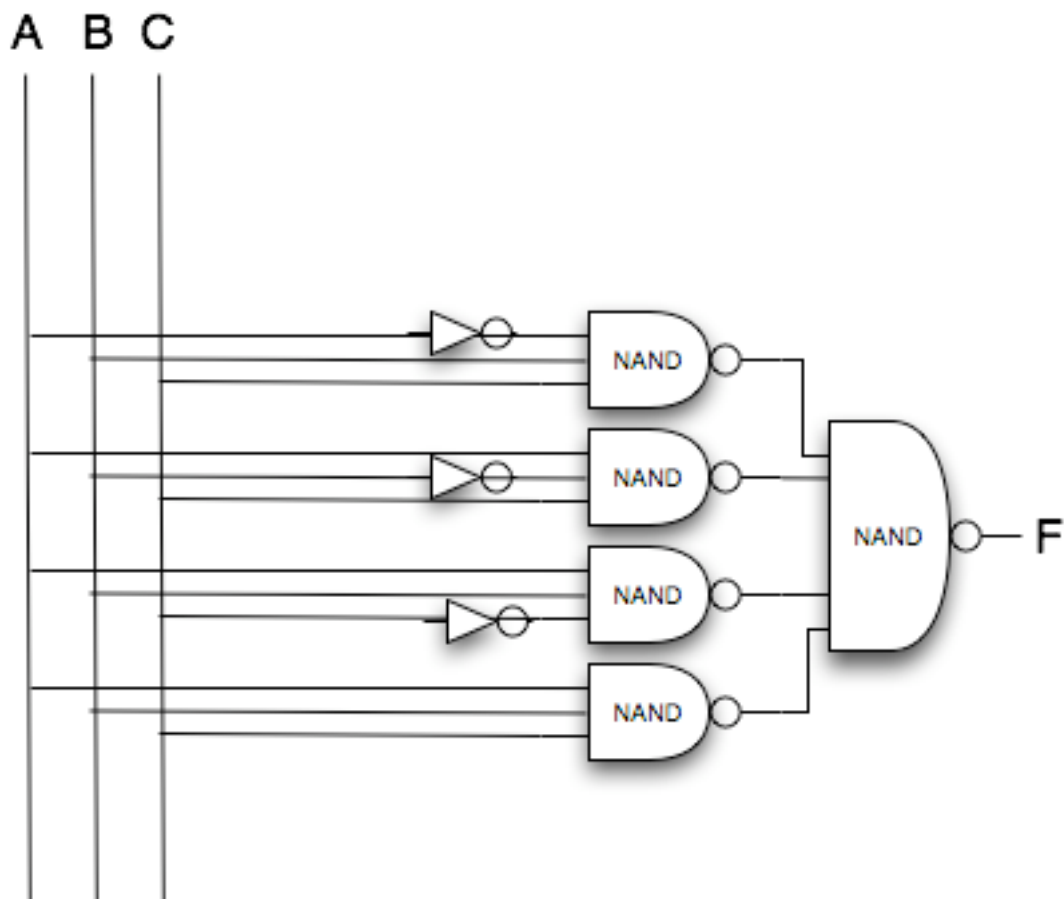


図5: 回路の表現2

総トランジスタ数:

3入力NAND(トランジスタ数:6)が4つ、4入力NAND(トランジスタ数:8)が1つより、

$$6 \times 4 + 8 \times 1 = 32$$

答え:32個

8) 上記式を以下のように変形する。最後の式はどうか？

$$f(A, B, C) = A' \cdot B \cdot C + A \cdot B' \cdot C + A \cdot B \cdot C' + A \cdot B \cdot C = (A' \cdot B \cdot C + A \cdot B \cdot C) + (A \cdot B' \cdot C + A \cdot B \cdot C) + (A \cdot B \cdot C' + A \cdot B \cdot C) = \text{????????????????????????????????????}$$

答え :  $B \cdot C + A \cdot C + A \cdot B$

9) 上記8)の結果式を、AND、OR、NOTゲートだけを用いて回路図を実現せよ (AND, OR, NOTの全てを用いる必要はない)。総トランジスタ数はいくつか？

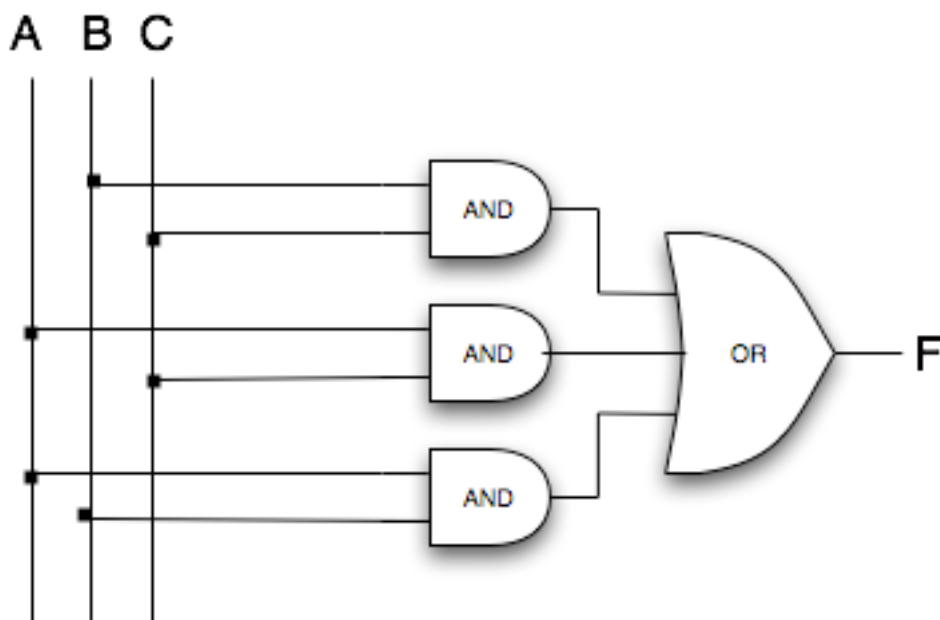


図6:回路の表現3

総トランジスタ数 :

2入力AND(トランジスタ数:6)が3つ、3入力OR(トランジスタ数:8)が1つより、

$$6 \times 3 + 8 \times 1 = 26$$

答え:26個

10) 上記8)の結果式を、NAND、NOR、NOTゲート用いて回路図を実現せよ（NAND、NOR、NOTの全てを用いる必要はない）。総トランジスタ数はいくつか？

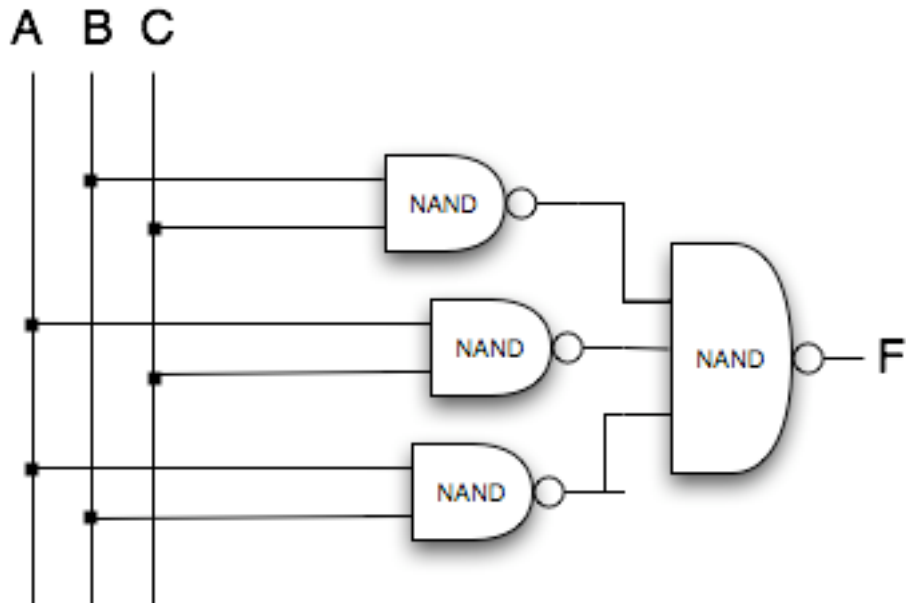


図7:回路の表現4

総トランジスタ数：

2入力NAND(トランジスタ数:4)が3つ、3入力NAND(トランジスタ数:6)が1つより、

$$4 \times 3 + 6 \times 1 = 18$$

答え:18個

11)  $A \cdot C + B \cdot C' + A \cdot B = A \cdot C + B \cdot C'$  をブール代数の公式を用いて、証明せよ。(左辺を変形してゆき、右辺にする)

$$\text{左辺} : A \cdot C + B \cdot C' + A \cdot B = A \cdot C(B+B') + B \cdot C' + A \cdot B = ABC + AB'C + B \cdot C' + A \cdot B$$

$$= AB(C+1) + AB'C + BC' = ABC + AB'C + BC'$$

$$= AC(B+B') + BC' = AC + BC'$$

以上より、証明ができた。

12) 以下の真理値表で与えられる論理関数を乗法標準形で表せ。

入力A	入力B	出力 f(A, B)
0	0	$f(0,0) = 0$
0	1	$f(0,1) = 1$
1	0	$f(1,0) = 1$
1	1	$f(1,1) = 0$

$$\text{乗法標準形} : (A+B)(A'+B')$$

13) 上記12)の乗法標準形をAND、OR、NOTゲートを用いて回路図を実現せよ(AND, OR, NOTの全てを用いる必要はない)。総トランジスタ数はいくつか？

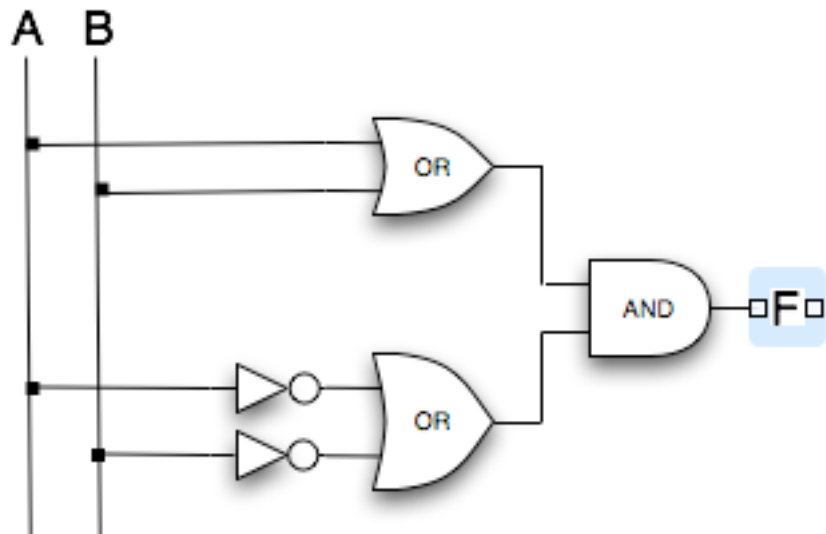


図8: 回路の表現5

総トランジスタ数 :

NOTゲート(トランジスタ数2)が2つ、2入力ORゲート(トランジスタ数6)が2つ、2入力ANDゲート(トランジスタ数6)が1つよって

$$2 \times 2 + 6 \times 2 + 6 \times 1 = 4 + 12 + 6$$

答え : 22個



14) 上記12)の乗法標準形をNAND、NOR、NOTゲートを用いて回路図を実現せよ（NAND、NOR、NOTの全てを用いる必要はない）。総トランジスタ数はいくつか？

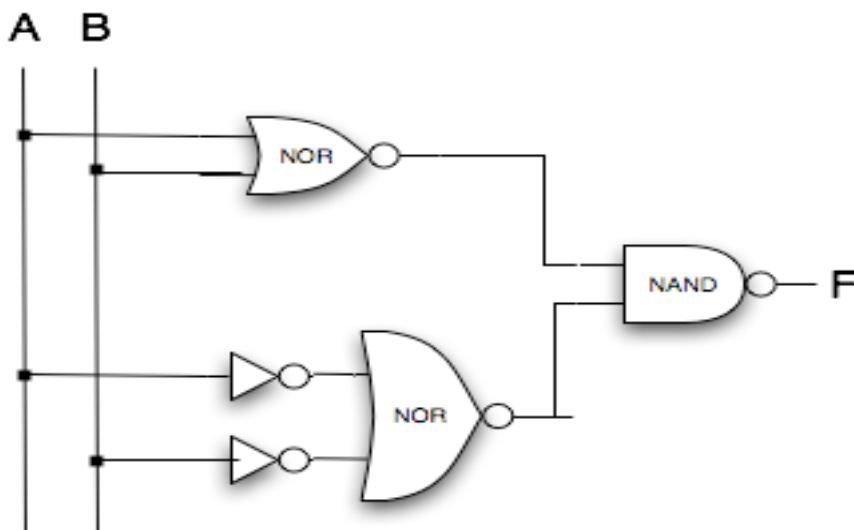


図9:回路の表現6

総トランジスタ数：

NOTゲート(トランジスタ数2)が2つ、2入力NORゲート(トランジスタ数4)が2つ、2入力NANDゲート(トランジスタ数4)が1つよって

$$2 \times 2 + 4 \times 2 + 4 \times 1 = 4 + 8 + 4$$

答え：16個

15) 以下の真理値表で与えられる回路をNAND、NOR、NOTだけを用いて設計せよ（NAND、NOR、NOTの全てを用いる必要はない）。（ヒント：この回路は加算器で、3つの入力の1の数を数えて、2桁の2進数（上位：c、下位：s）として出力する回路）それぞれの出力cと出力sに関する論理式を加法標準形で求めて、回路図を作成すればよい。

2つの回路で同じ信号を共通に使用してもよい。

入力A	入力B	入力C	出力C	出力S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

真理値表より、

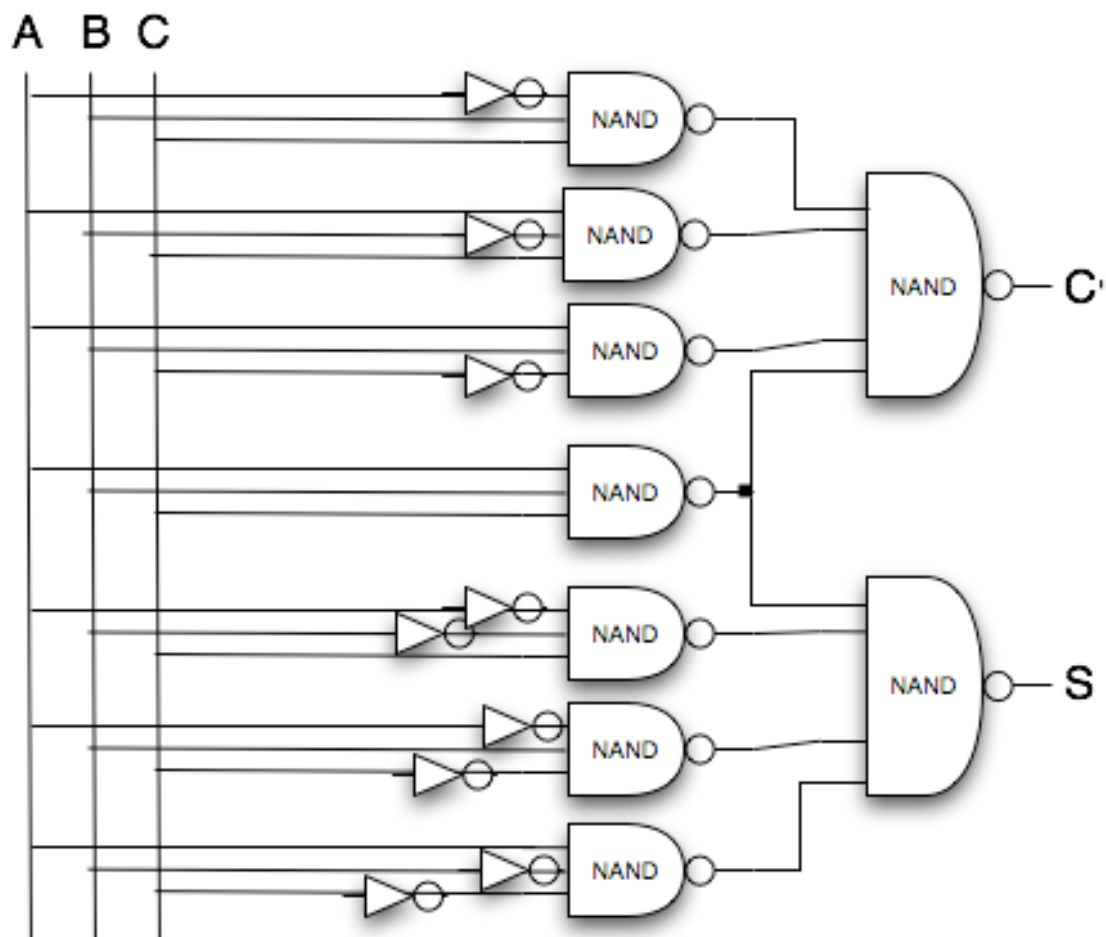


図 10:回路の表現 10

16) 上記 15) で設計した回路の総トランジスタ数はいくらか？

3 入力 NAND(トランジスタ数:6)7 つ、NOT(トランジスタ数:2)9 つ 4 入力 NAND(トランジスタ数:8)2 つより、

$$6 \times 7 + 2 \times 9 + 8 \times 2 = 42 + 18 + 16$$

答え : 76 個