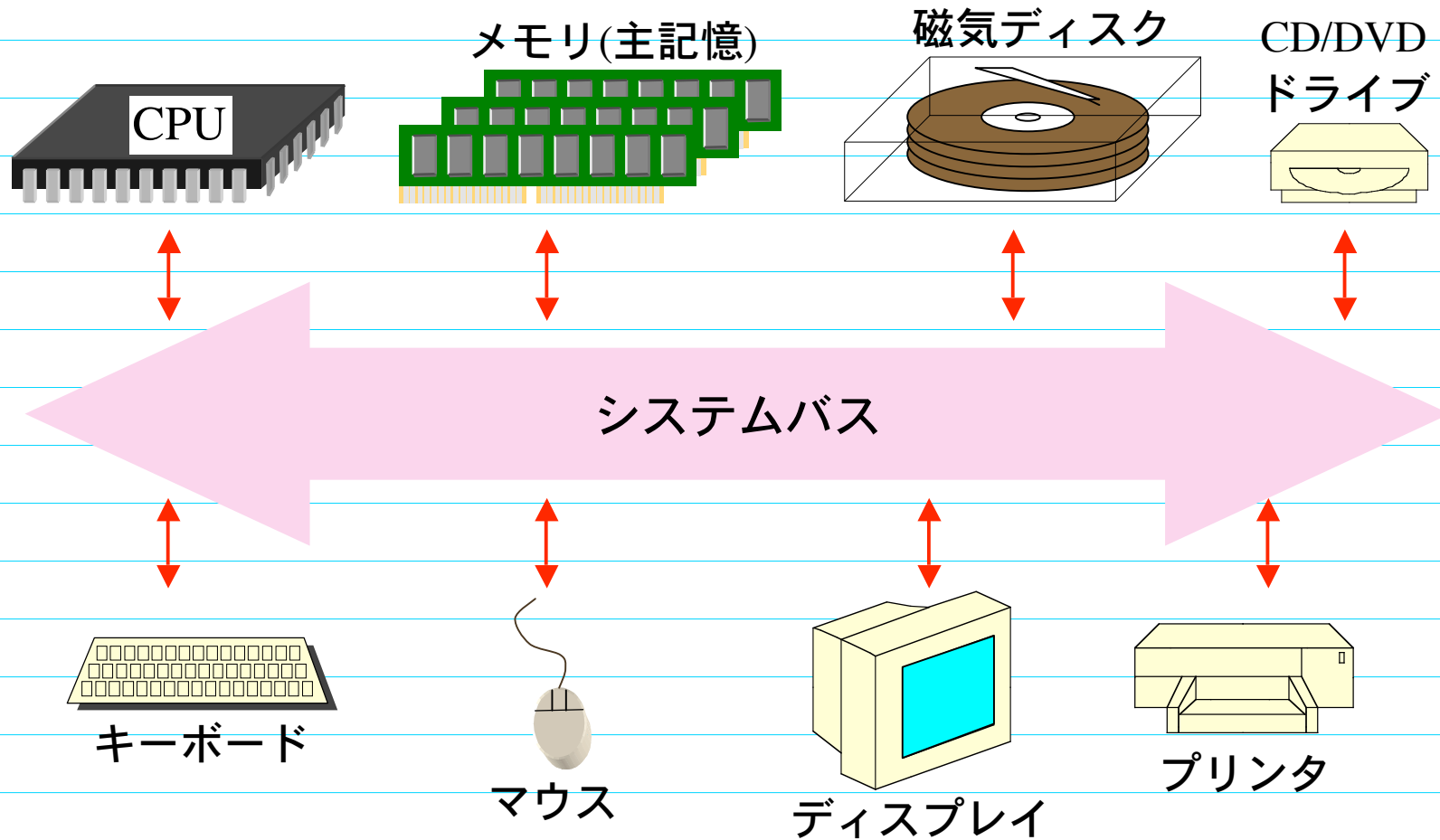


第四回 計算機の構造と演算の原理

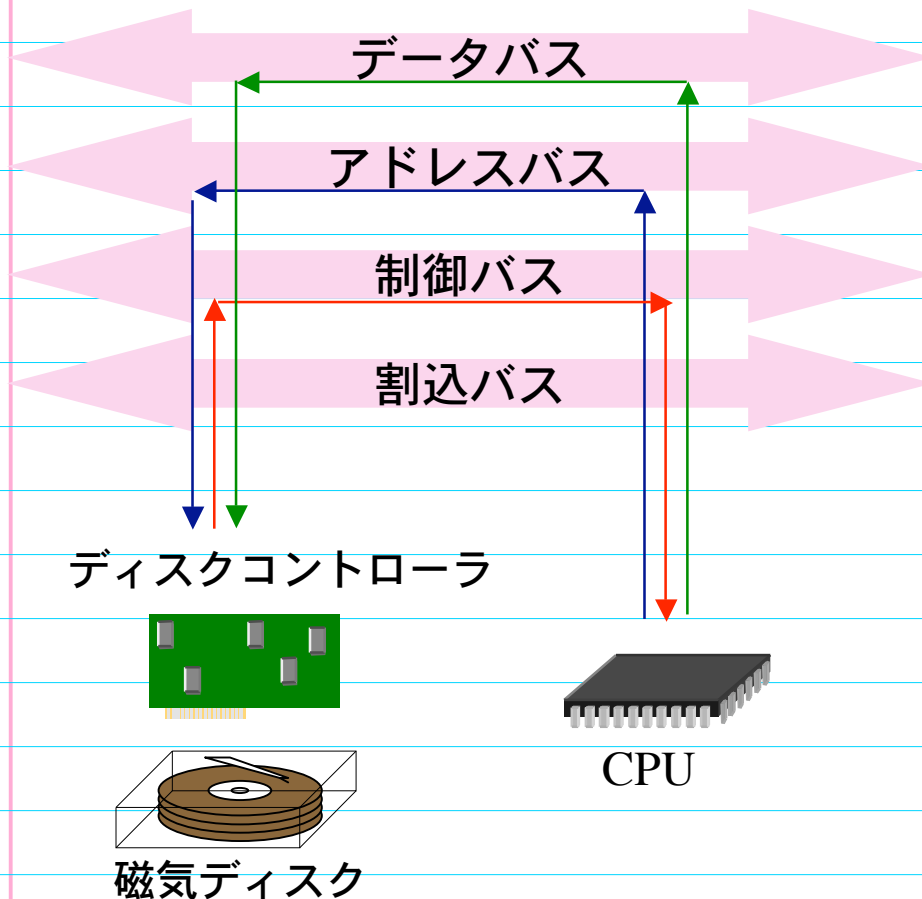
2002年9月26日

計算機の構造



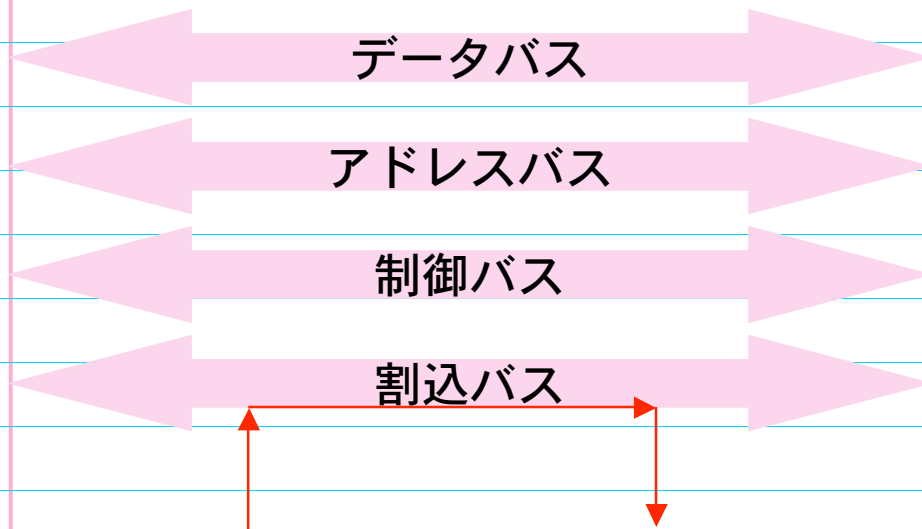
- 計算機の個々の部品は「バス」を介してアドレス、データ、制御などの信号を共有するシステムを構成している

システムバスの原理

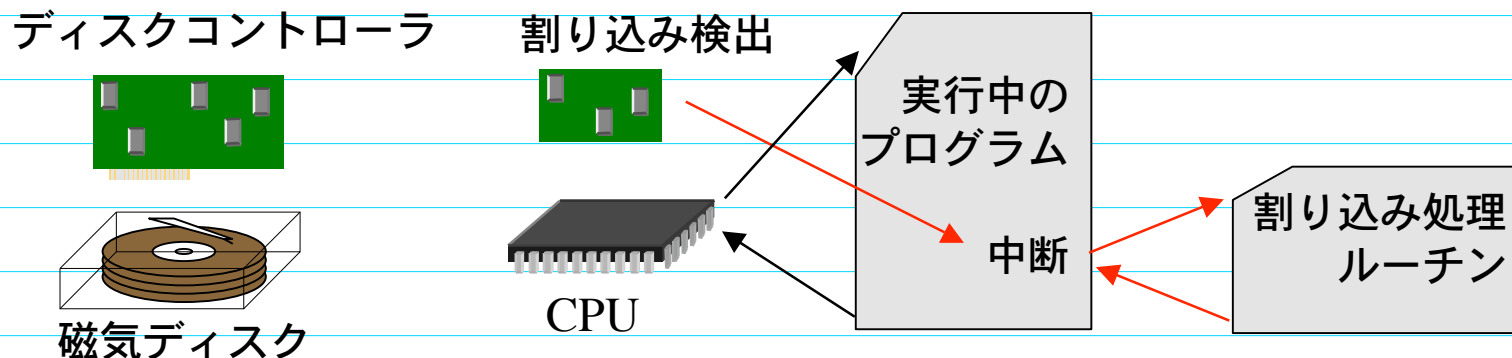


- 各機器にはそれぞれのアドレスを持つレジスタがあり、データの受け渡しや制御に用いられる。
- CPUは制御レジスタの値を読んで各機器の状態を知る。
- CPUと各機器はデータバスを介してデータの書き込みや読み込みを行う。

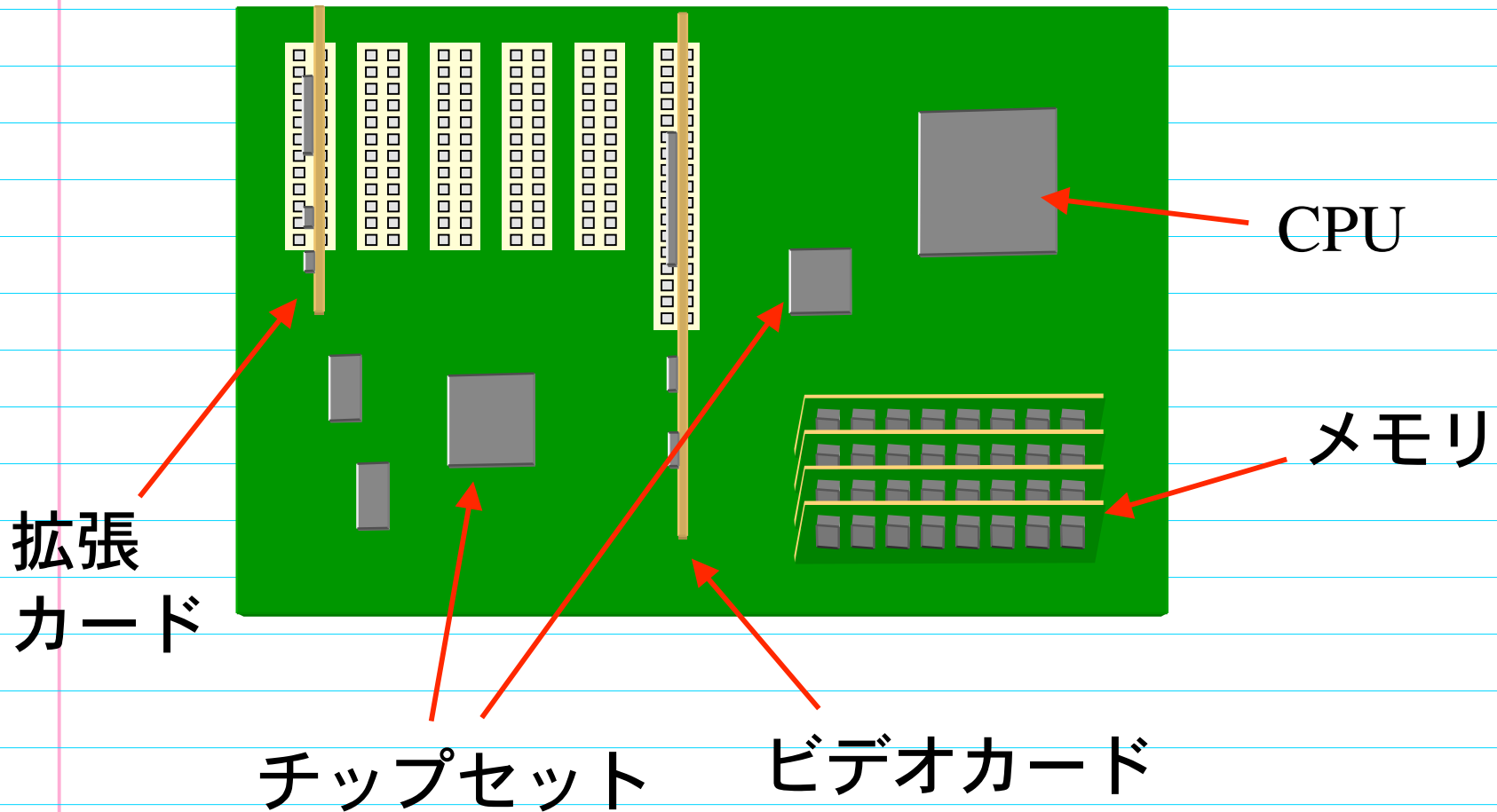
システムバスの原理 (2)



- 周辺機器が時間のかかる処理を完了した時、割込バスを介してCPUに処理の完了を通知する。
- CPUは実行中のプログラムを中断して、その割込みに応じた処理ルーチンを実行する。



PCのマザーボードの例



論理代数

- 論理代数(ブール代数)では「0」を偽(false)、「1」を真(true)とする値だけをとる論理変数を対象とする。

論理積 (AND) $A \cdot B$ 「AかつB」

論理和 (OR) $A + B$ 「AまたはB」

論理否定 (NOT) \bar{A} 「Aでない」

論理積 (AND)

$$X = A \cdot B$$

A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

論理和 (OR)

$$X = A + B$$

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

論理否定 (NOT)

$$X = \bar{A}$$

A	X
0	1
1	0

真理値表と論理代数

- 論理変数と論理関数のそれぞれの状態を網羅した表を真理値表(truth table)と呼ぶ。

例：ド・モルガンの法則 (de Morgan's law)の真理値表

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

左辺

A	B	A+B	$\overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

右辺

A	B	\overline{A}	\overline{B}	$\overline{A} \cdot \overline{B}$
0	0	1	1	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	0

論理代数の諸性質

- ドモルガンの法則

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

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

- 分配法則

$$A \cdot (B+C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$$

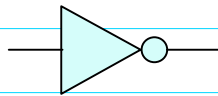
$$A + (B \cdot C) = (A+B) \cdot (A+C)$$

- 相対性(duality)

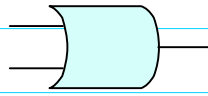
論理代数では「 \cdot 」と「 $+$ 」および「 0 」と「 1 」を同時に置き換えても、その論理式が成り立つ。

論理回路

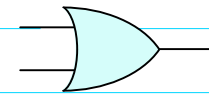
- 論理関数を実現する回路を論理回路(logic circuit)と呼ぶ。
- AND, OR, NOTなどの基本的な論理回路を「論理ゲート」または「ゲート」と呼ぶ。
- NAND : ANDの出力の否定 (Not AND)
NOR : ORの出力の否定 (Not OR)
などがトランジスタによる集積回路では一般的に用いられる。



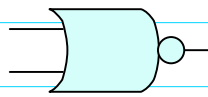
NOTゲート



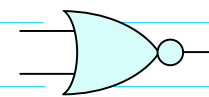
ANDゲート



ORゲート

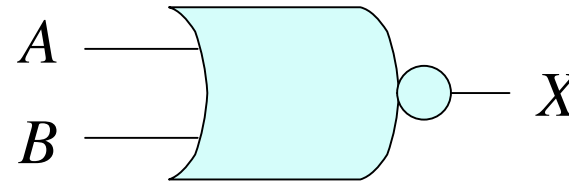
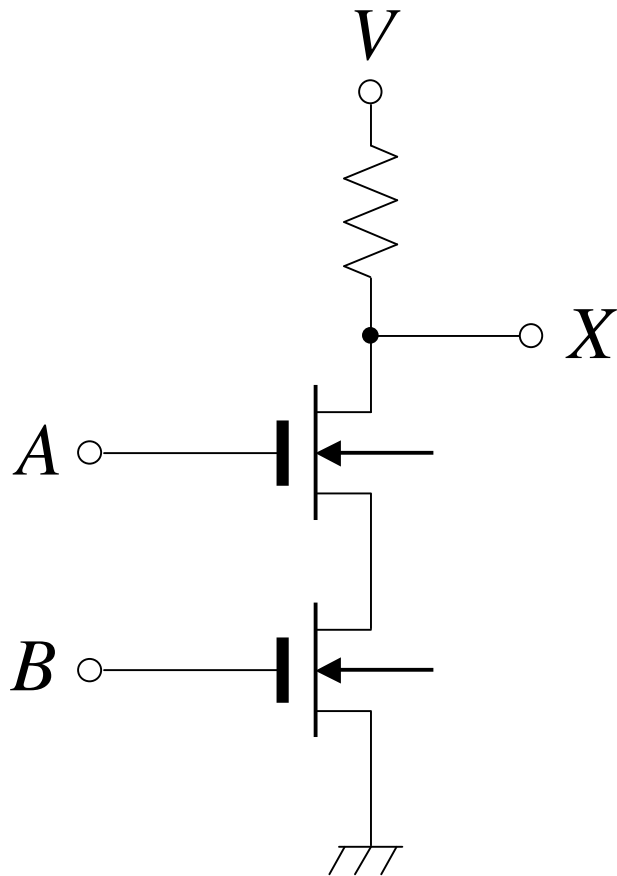


NANDゲート



NORゲート

NANDゲートの例

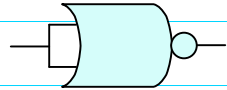


- A あるいは B が高電位になると、それぞれのトランジスタ(FET)は導通状態になる。
- A と B が同時に高電位するときのみ二個のトランジスタが導通状態となって、 X は低電位となる。

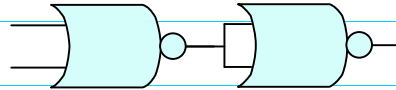
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

組み合わせ回路

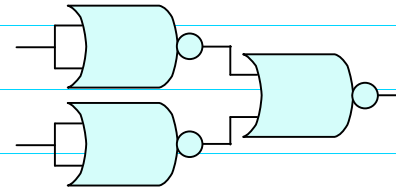
- NANDゲートを組み合わせて他のゲートを作ることができる。



NOT回路

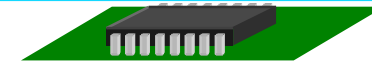


AND回路



OR回路

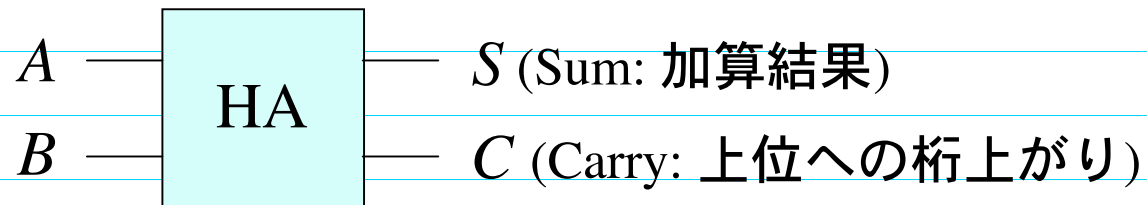
- NANDゲートだけから任意の論理回路を組み上げることができる(市販のICチップなど)



- CPU等の専用集積回路の設計では、必要なトランジスタの数が最少となるように論理式を簡略化する。

半加算回路

- 上位の桁への桁上がりだけを考える一桁の足し算 (HA: Half Adder)



A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

$$S = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

$$C = A \cdot B$$

$A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$ を

「AとBの排他和」

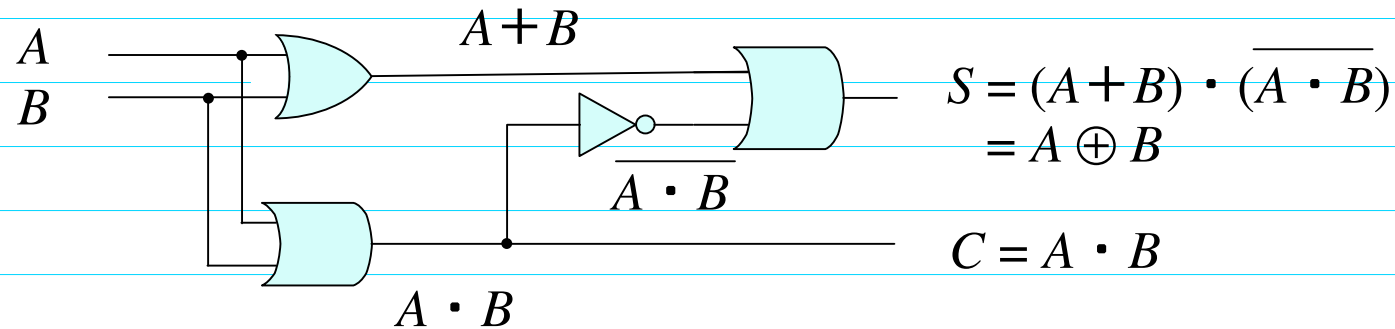
(exclusive OR = XOR)

と言う

$$S = A \oplus B$$

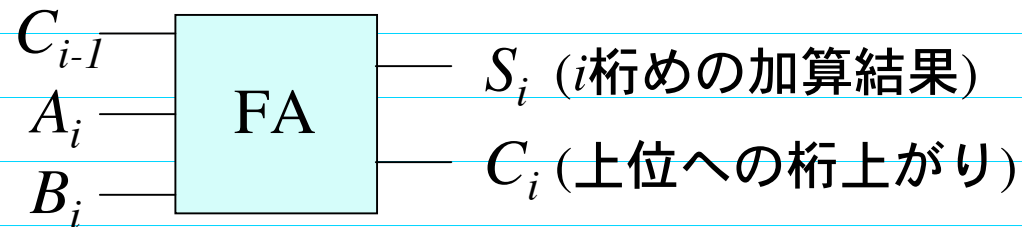
半加算回路の例

- 基本回路(AND,OR,NOT)による構成例



全加算回路

- 半加算回路に下位の桁からの繰り上がりも考慮した加算回路を全加算回路という (FA: Full Adder)



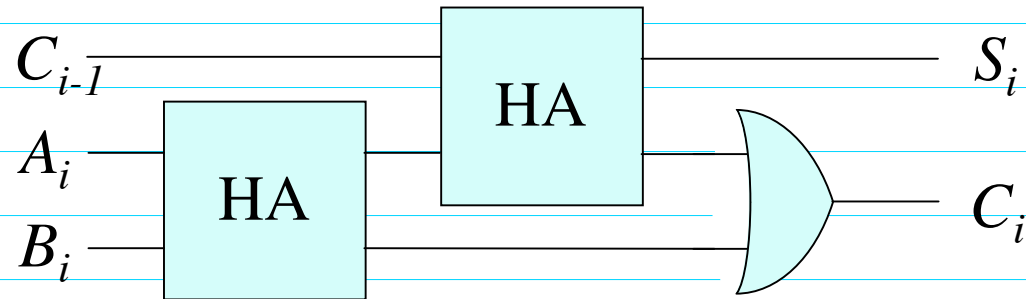
A_i	B_i	C_{i-1}	S_i	C_i
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

$$S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_{i-1}$$

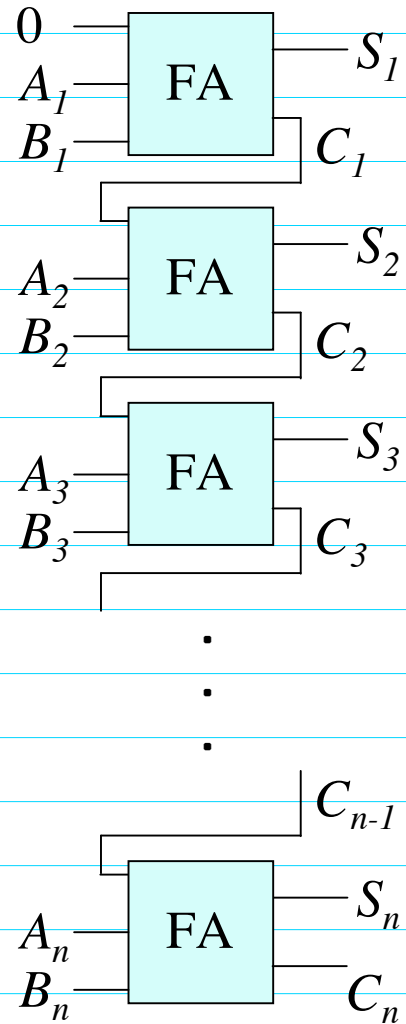
$$C_i = A_i \cdot B_i + B_i \cdot C_{i-1} + C_{i-1} \cdot A_i$$

全加算回路の例

- 半加算回路(HA)と論理和(OR)による構成例



n 桁の加算回路の例



今週のレポート

問1: 現在市販されているパソコン用の磁気ディスク（ハードディスク）はどのような名前のバスに接続されることが多いか。インターネットなどで検索してわかったことを記せ。

問2: マウスやプリンタなどの接続用に最新のパソコンではUSBという規格が用いられることがある。USBとはどのようなものか、インターネットなどで検索してわかったことを記せ。

問3: 分配法則 $A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$ の左辺と右辺をそれぞれ真理値表で計算せよ

A	B	C	$B \cdot C$	$A + (B \cdot C)$	$A + B$	$A + C$	$(A + B) \cdot (A + C)$
0	0	0	?	?	?	?	?
0	0	1	?	?	?	?	?
0	1	0	?	?	?	?	?
0	1	1	?	?	?	?	?
1	0	0	?	?	?	?	?
1	0	1	?	?	?	?	?
1	1	0	?	?	?	?	?
1	1	1	?	?	?	?	?

参考文献

- 稲垣耕作 著「コンピュータ科学の基礎」コロナ社
ISBN4-339-02338-8
- 小舘香椎子, 上川井良太郎, 中村克彦 共著
「教養のコンピュータサイエンス情報科学入門 第2版」丸善
ISBN4-621-04871-6
- 菊沢正裕, 山川修, 田中武之共著「情報リテラシー：メディアを
手中におさめる基礎能力」森北出版
ISBN4-621-04871-6