

CPUのしくみ

(1)二進数と論理回路

人類文明継続装置
輪廻 ヒロ

監修: 矢口 裕明
(博士(情報理工学))

はじめに

今回は二進数と論理回路、加算器の説明をします。

二進数

十進数:0,1,2,3,...,9,10
10で桁が上がる数の表現

二進数:0,1,10,11, ...
2で桁が上がる数の表現

よく使われるきりのいい二進数
2の8乗=256
8桁の二進数が表現できる数(0-255)
2の10乗=1024=1000に近い数

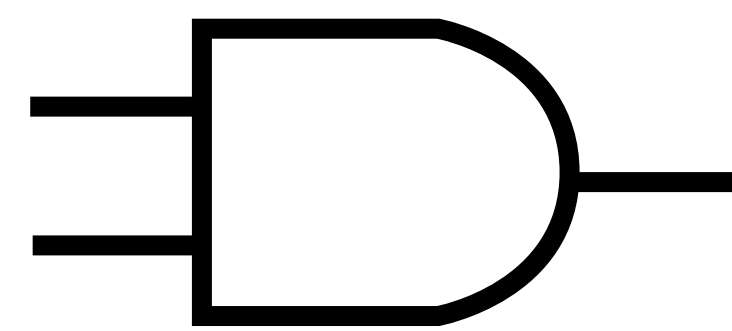
論理回路

電子回路でデジタル(0,1)を実現する。
ピンの入力電圧があるかないかによって
出力する電圧が決まっていく。
電圧には種類がある。
5V, 3.3V, 1.8V, ...

組み合わせ論理回路

その瞬間のピンの入力電圧の組み合わせに対して
出力する電圧を決める。

AND



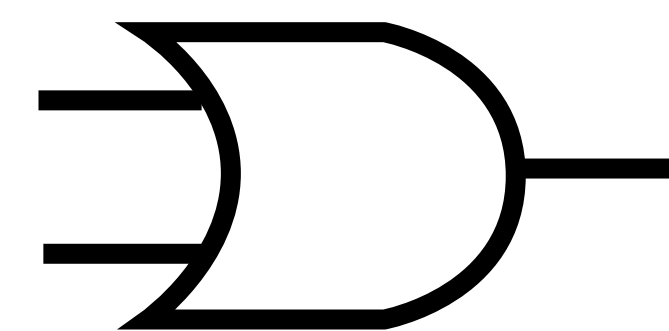
$$0 \text{ AND } 0 = 0$$

$$1 \text{ AND } 0 = 0$$

$$0 \text{ AND } 1 = 0$$

$$1 \text{ AND } 1 = 1$$

OR



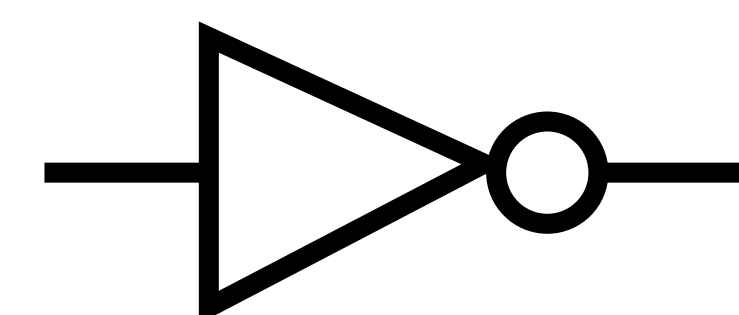
$$0 \text{ OR } 0 = 0$$

$$1 \text{ OR } 0 = 1$$

$$0 \text{ OR } 1 = 1$$

$$1 \text{ OR } 1 = 1$$

NOT

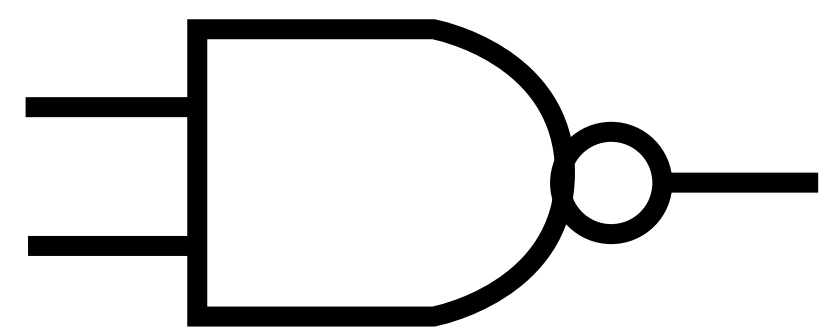


$$\text{NOT } 0 = 1$$

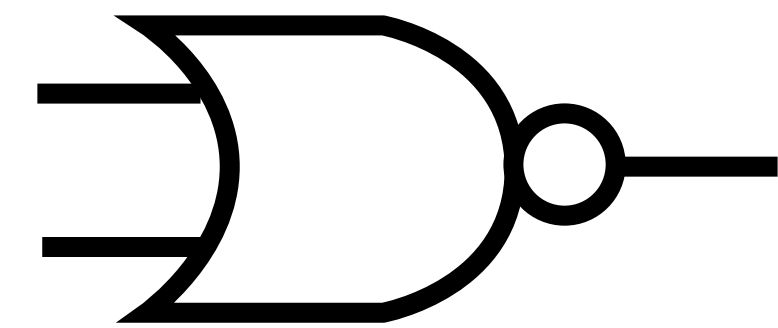
$$\text{NOT } 1 = 0$$

組み合わせ論理回路(つづき)

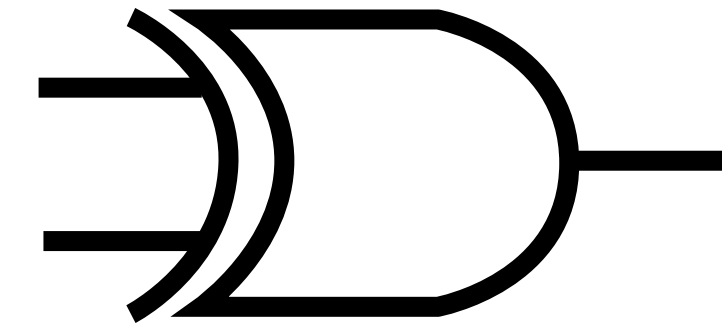
NAND



NOR



XOR



NAND := NOT AND

NOR := NOT OR

$$0 \text{ XOR } 0 = 0$$

$$1 \text{ XOR } 0 = 1$$

$$0 \text{ XOR } 1 = 1$$

$$1 \text{ XOR } 1 = 0$$

半加算器

一桁の二進数どうしの足し算

$$0 + 0 = 00$$

$$1 + 0 = 01$$

$$0 + 1 = 01$$

$$1 + 1 = 10$$

$$a + b = (a \text{ AND } b) * 10 + (a \text{ XOR } b)$$

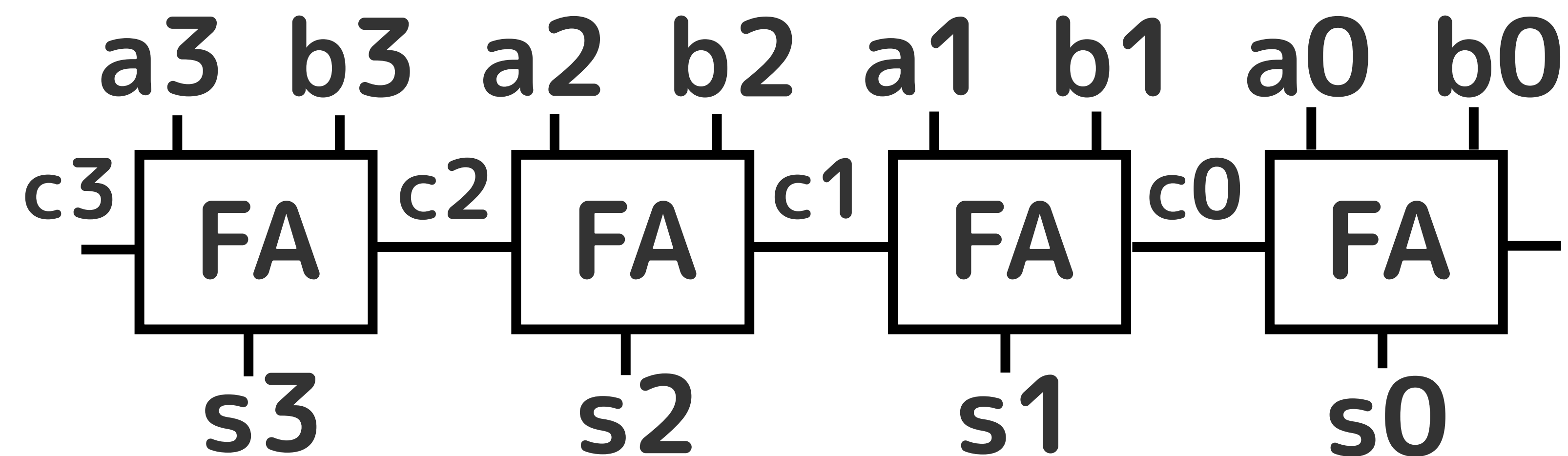
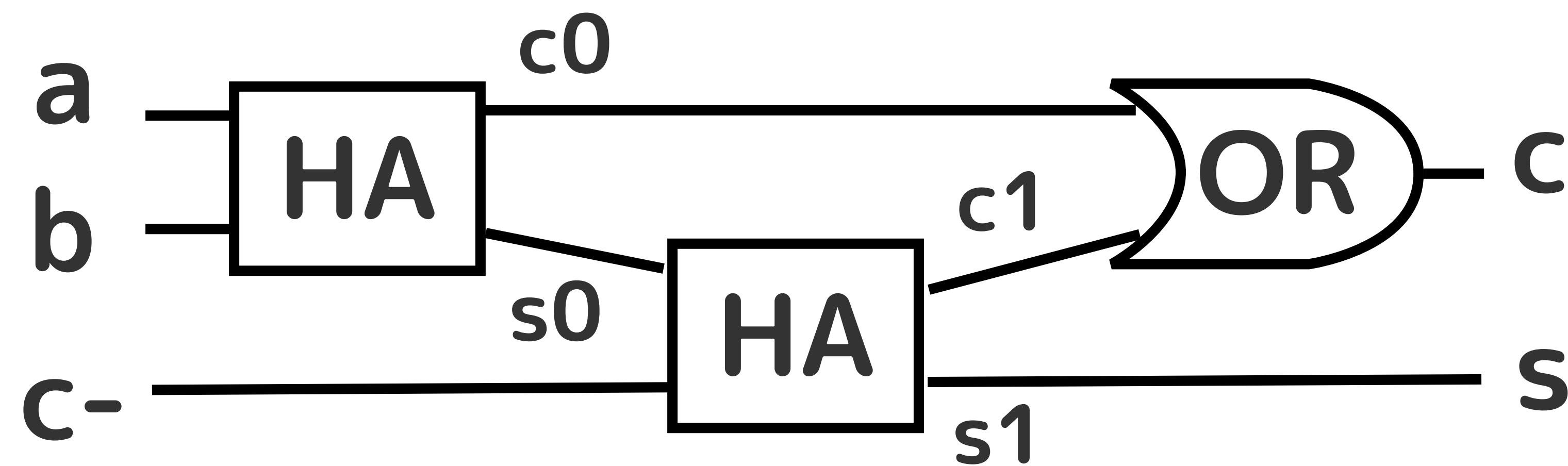
これを半加算器(Half Adder)

と呼ぶ(一桁の足し算)

$a \text{ AND } b$: c (carry), $a \text{ XOR } b$: s (sum)

全加算器

全加算器(Full Adder)は半加算器を重ねて
下の桁からの繰り上げができるようにしたもの



4桁の足し算の例(あふれた桁は無視)

減算(負の数の表現)

減算は負の数を(1の補数)+1で表現して加算

例) $4 - 3 = 1$, $100 - 11 = 1$

11を100と同じ桁数にする -> 011

全ての桁ごとに1から引く(1の補数) -> 100

ここに1を足す -> 101

$100 + 101$ して -> 1001

あふれた桁を無視 -> 1

したがって、101は011の負の数とみなせる。

参考文献

- [1] David Patterson, John L. Hennessy, 成田光彰(訳).
「コンピュータの構成と設計 MIPS Edition 第6版 [上]
～ハードウェアとソフトウェアのインタフェース～」, 日経BP, 2021.
- [2] David Patterson, John L. Hennessy, 成田光彰(訳).
「コンピュータの構成と設計 MIPS Edition 第6版 [下]
～ハードウェアとソフトウェアのインタフェース～」, 日経BP, 2021.
- [3] 渡波 郁. 「CPUの創り方」, 毎日コミュニケーションズ, 2003.
- [4] 西山 悠太郎, 井田 健太.
「RISC-VとChiselで学ぶ はじめてのCPU自作
オープンソース命令セットによるカスタムCPU実装への第一歩」, 技術評論社, 2021.
- [5] Takenobu Tani. 「プログラマーのためのCPU入門
CPUは如何にしてソフトウェアを高速に実行するか」,
ラムダノート株式会社, 2023.
- [6] 矢沢 久雄. 「コンピュータはなぜ動くのか 第2版
知っておきたいハードウェア&ソフトウェアの基礎知識」, 日経BP, 2022.
- [7] 馬場 敬信. 「算数で読み解くコンピュータの仕組み」, 技術評論社, 2022.

ライセンスについて

本文書のライセンスはクリエイティブ・コモンズ表示4.0 CC BY 4.0です。

© 2023 クシナダ機巧株式会社

フォントライセンス

- Rounded M+: M+ FONTS LICENSE