

コンピュータの仕組み (15)

柴山 潔

コンピュータの仕組み

- 1 コンピュータシステム
- 2 ハードウェア
- 3 内部装置
- 4 プロセッサ
- 5 メモリ
- 6 外部装置
- 7 論理回路
- 8 オペレーティングシステム

7 論理回路

7.1 論理素子 —ハードウェアの基本単位—

7.2 論理回路とハードウェア機構

論理値

=真理値

- 「真(本当)か偽(うそ)か」, 「成立か不成立か」, 「オンかオフか」など, 取るべき値はたった**2個**でそのどちらかに決まる性質を持つデータ
 - **関係演算**では, 結果データは**論理値**
- 1個の**論理値**は"0"と"1"の**2値**のどちらか(= **1ビット**)
 - コンピュータ(**ハードウェア**)の言葉は**ビット列**(= **論理値**の並び)が基本で, **1ビット**ごとに独立した**演算**(= **論理演算**)がコンピュータによる基本演算機能

論理演算と論理演算器

■ 1個の論理演算 = 最小単位の演算(ソフトウェア)機能
= 1ビットの独立した論理演算

■ 1個の論理演算器 = ハードウェアの基本単位
= (1ビット, 基本)論理素子

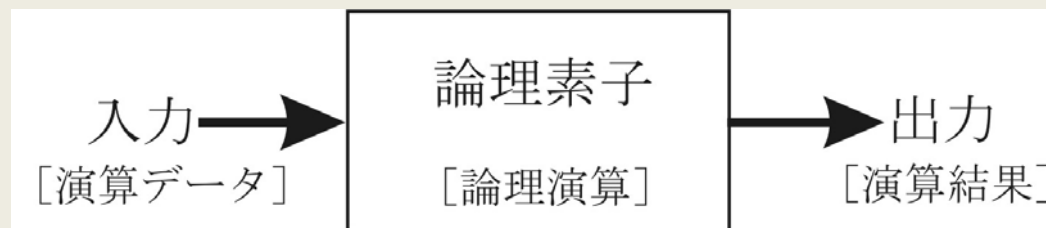
➤ 演算器によって行う様々な演算や, 順序制御機構をはじめとするいろいろな制御機構から出される制御信号の生成のもと

基本論理素子と基本論理演算

- 基本論理素子として, (1) 否定(ノット); (2) 論理積(アンド); (3) 論理和(オア); 3種類それぞれの基本論理演算機能を実現

■ 1ビット論理演算器

- 対象演算データは論理素子への入力信号
- 結果データは論理素子からの出力信号



基本論理素子

- 対応する論理演算(否定, 論理積, 論理和のどれか)機能を実現するハードウェアの基本単位
- 次の3種類: 1. ノット(NOT); 2. アンド(AND); 3. オア(OR)

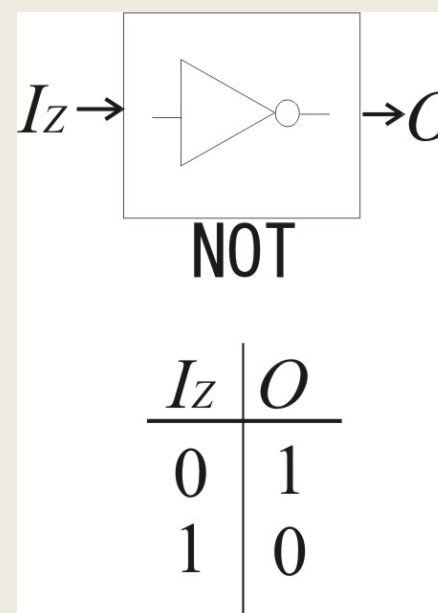
基本論理素子(図の凡例)

- (1) 論理演算式7.1~7.3の左辺の演算記号: 論理素子が実現する演算種類; (2) 左辺の変数: 論理素子の入力信号値; (3) 論理演算式の右辺の変数: 論理素子の出力信号値; にそれぞれ対応
 - 各論理演算機能を示すために, 入力信号(入力される論理値)と出力信号(出力される論理値)との関係表も添付
 - 論理演算式での, I_X , I_Y , I_Z が論理素子での入力端子, O が論理素子での出力端子に対応
 - 図表現する場合に使う論理素子は記号で提示

ノット(NOT)素子

- 入力信号を反転 ("0" \leftrightarrow "1") して出力信号に
- 1入力1出力の論理素子

$$\overline{I_Z} = O \quad (7.1)$$

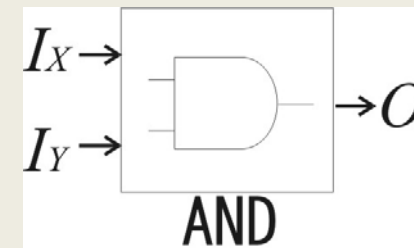


アンド(AND)素子

- 2本の入力信号の両方とも"1"のときだけ、出力信号は"1", それ以外の入力信号の組み合わせ(3通り)では、出力信号は"0"

➤ 2入力1出力の論理素子

$$I_X \cdot I_Y = O \quad (7.2)$$



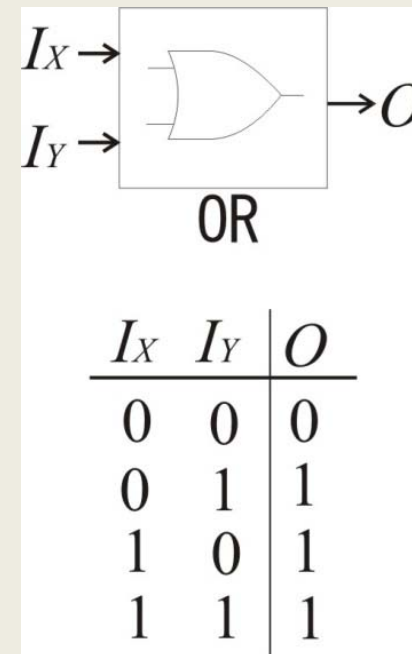
I_X	I_Y	O
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

オア(OR)素子

- 2本の入力信号の**どちらか1つ**でも"1"であれば(3通り), 出力信号は"1", **両**入力信号とも"0"のとき, 出力信号は"0"

➤ **2入力1出力**の論理素子

$$I_X + I_Y = O \quad (7.3)$$



真理値表

- 真("1")か偽("0")か(=真理値)によって、論理演算機能を表示する表
 - 入力信号の組み合わせを見出しとしてすべて書き出し、それに対応して決定する出力信号を対応するマス目に書いた表
- =「ある入力信号の組み合わせ → ある出力信号が発生」ということを示す「場合分けの表」

論理素子機能の実現(1)

- 論理値は"0"と"1"の2値 → 2種類だけの現象
- ある時刻には, "0"と"1"のどちらか一方だけを示す電気的現象として実現
 - (例) (1) 信号線に電流が流れている(接続されている)か流れていない(切断されている)か? (=電気式スイッチ(switch)); (2) 電圧が(ある値より)高いか低いか?;

論理素子機能の実現(2)

- 電気式スイッチ → スイッチ機能を電氣的に実現
 - スイッチが入れられている(投入, オン(on))状態を"1", スイッチが切られている(切断, オフ(off))状態を"0"に対応付け

論理素子の動作(図の凡例(1))

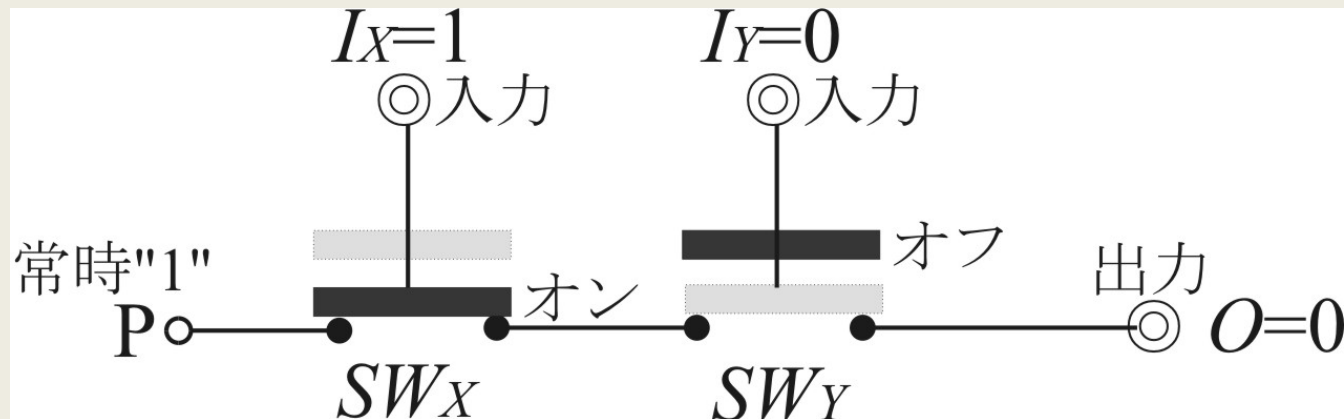
- 3種類の基本論理素子をスイッチあるいはスイッチの組み合わせによって実現
- スイッチ $SW_{X,Y,Z}$: 入力端子 $I_{X,Y,Z}$ への入力信号 ("1"/"0") を対応させたスイッチのオン(投入)/オフ(切断)操作に対応
 - 入力信号が "0" のスイッチ: オフ状態 (SW_Z ではオン)
 - 入力信号が "1" のスイッチ: オン状態 (SW_Z ではオフ)

論理素子の動作(図の凡例(2))

- スイッチが**オン**: 信号線(スイッチ)の左側端子Pに常時設定されている論理値"1"が右側の**出力端子O**に伝わる(**出力信号**が"1"に)
- スイッチが**オフ**: 論理値"1"が**出力端子O**に**伝わらない**(**出力信号**が"0"に)
- PとOとの端子間に挿入した**スイッチ**による**電流の制御**(流すか流さないか)

アンド素子の動作

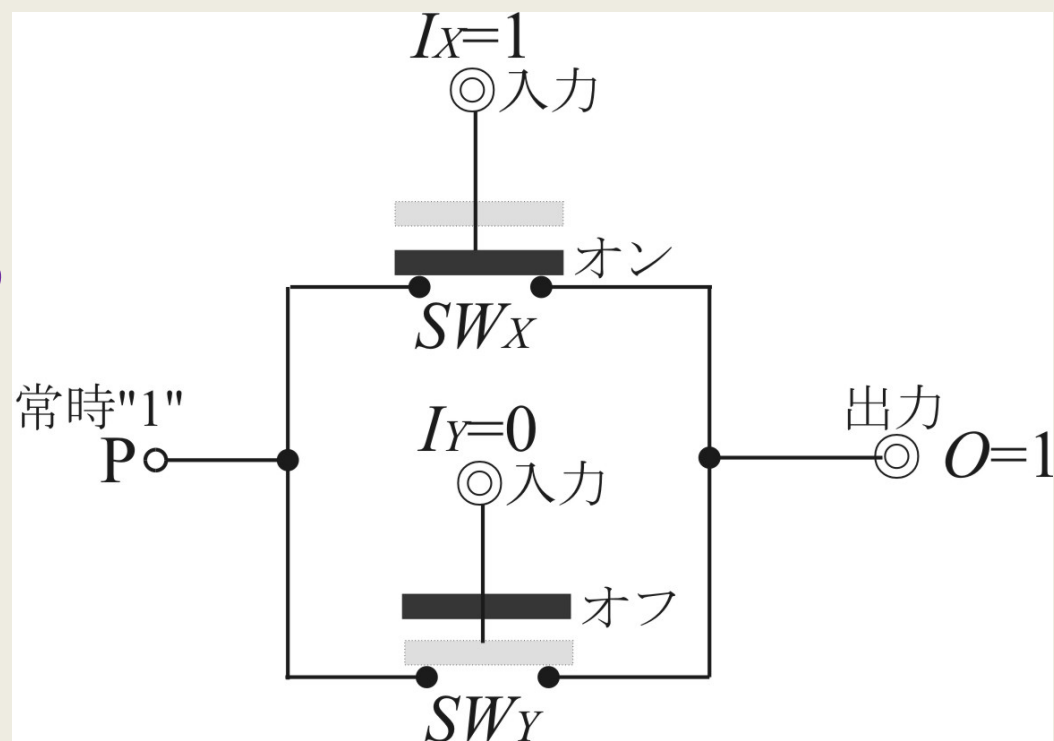
- PとOとの端子間にスイッチ SW_X と SW_Y を直列接続すれば実現
 - 両方のスイッチともオン状態(I が"1")の時だけ、端子間に電流が流れる(O が"1"), それ以外は流れない(O が"0")



オア素子の動作

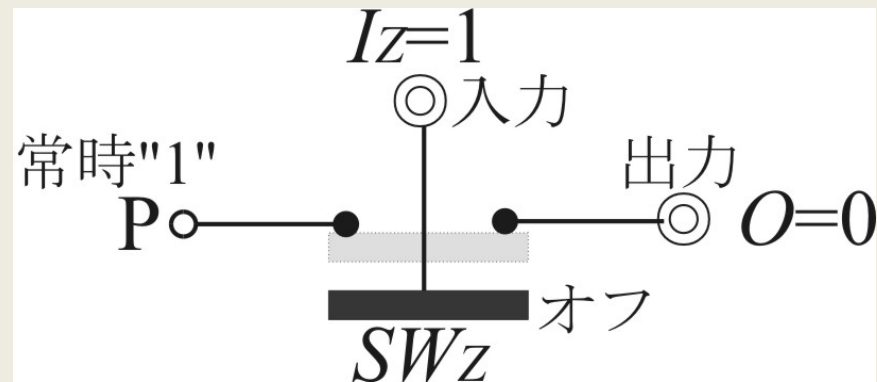
- PとOとの端子間にスイッチ SW_X と SW_Y を並列接続すれば実現

- どちらか1個あるいは両方のスイッチがオン状態(I が"1")ならば, 端子間に電流が流れる(O が"1"), それ以外は流れない(O が"0")



ノット素子の動作

- PとOとの間に1個だけ挿入したスイッチ SW_Z は、(SW_X や SW_Y の動作とは逆に)「 I_Z が"0"のときオン状態」, 「 I_Z が"1"のときオフ状態」(SW_Z は逆スイッチ)
 - スイッチ SW_Z を使うと、それがオン状態(I_Z が"0")のとき、端子間に電流が流れ(Oが"1"), オフ状態(I_Z が"1")のとき、端子間に電流が流れない(Oが"0")



7 論理回路(2)

7.1 論理素子 —ハードウェアの基本単位—

7.2 論理回路とハードウェア機構

組み合わせ回路

- ある時刻の出力信号値がその時刻の入力信号値だけで決定する論理回路

■組み合わせ回路の特徴

- (1) ある入力の組み合わせに対して、出力の組み合わせが唯一決定
- (2) 入力が定常状態（ふらふらと変わったりしない）になれば、出力も"0"か"1"のどちらか

論理回路の実際

- ◆ 現代では, コンピュータハードウェアを構成する論理回路 → IC上に集積
 - IC = 「論理素子及びそれらを相互に結ぶ信号線で構成した論理回路の集まり」

論理回路(まとめ)

1. 論理回路 → 3種類の基本論理素子(ノット, アンド, オア素子)だけで作成可
2. 真理値表: 論理回路(組み合わせ回路)における入力と出力との関係を示した表
3. 論理回路(組み合わせ回路)の設計では, 「入出力信号の時間変化なし」を前提
4. 論理素子 = 最小規模の論理回路

ハードウェア機構と論理回路

1. 論理回路 → 3種類の基本論理素子(ノット, アンド, オア素子)だけで作成可



- ハードウェア機構は3種類(ノット, アンド, オア素子)の基本論理素子だけで作成可
 - 3種類の基本論理素子は「トランジスタ」という電気スイッチを組み合わせで作成可
 - ハードウェア機構 = IC上でトランジスタを接続して作った超大規模な論理回路