

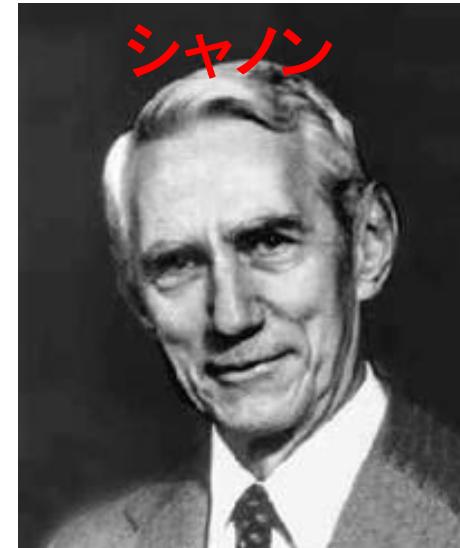


コンピュータ概論 第2回

コンピュータの動作原理とその
構成

2進数計算機

- 10進数計算の限界
 - 精密機械加工には限界
- 10進数でなく2進数で計算
 - 全ての10進数の計算は2進数でも可能
 - スイッチを組み合わせで2進数の計算が可能
 - 2進数の計算装置は作成が簡単



[CPUとスイッチング回路]

- CPU
 - コンピュータの頭脳
 - スwitchング回路で構成
- スwitchング回路
 - 別名 論理回路
 - 論理数学をベースにした動作
 - 全てのデータは2値情報に

論理学

- 人間の論理的な思考を研究する学問
 - 命題論理
 - 命題の真偽とそれらの組あわせで、全体として真か偽かを考える学問
 - 命題は真か偽である。
 - 「かつ」「または」「ではない」「ならば」で命題を組み合わせる。
- 例：アリストテレスは人であり、かつ人は死ぬ、ならば、アリストテレスは死ぬ（三段論法）

論理数学

- 論理学を数学にしたもの
- 真を1, 偽を0に割り当てる
- 「かつ」を $\&$ (and), 「または」を $|$ (or), 「ではない」を \sim (not), の演算記号で表現
 (「ならば」 \rightarrow (imply) を使うことも)
- 命題を変数 (a や b) とする

数字が0と1しかなく、演算も $\&$ 、 $|$ 、 \sim の3つしかない数学
体系 \Rightarrow 論理数学 (ブール代数)
(cf. 普通の数学は、実数と四則演算を持つ)

論理式

- 命題の組み合わせを式で表現したもの
 - $a \& b$
 - $a \& b | c$
 - $(a \& \sim c) | (b \& d)$

入 力		出力
a	b	$a \& b$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

入 力		出力
a	b	$a b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

入力	出力
a	$\sim a$
0	1
1	0

論理関数

- 入力と出力の関係

例 2変数関数

入 力		出 力
a	b	$f(a,b)$
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

- 論理関数表 = 真理値表

論理関数と論理式の関係

- 論理関数の役割
 - 2進数の関数であり、2進数の計算を実現するものである
- $\&$, $|$, \sim は関数完全
 - どんな論理関数も論理式で表わせる
 - 2進数の計算は
全て論理式で表現可能

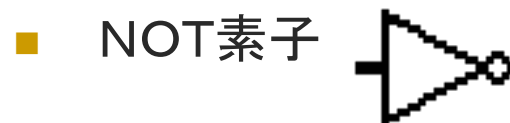
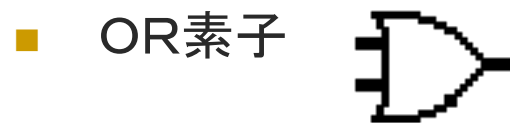
コンピュータが2進数を用いる理由

- 10進数の全ての計算は2進数でも可能
- 2進数の計算は論理式で表現可能
- 論理式は論理回路で実現可能
- 論理回路の基本素子はスイッチと同じ
- 半導体を使うことで超小型・超高速なスイッチを実現可能

シャノンの功績はこの事実を発見したことにある。

論理演算(スイッチング)素子

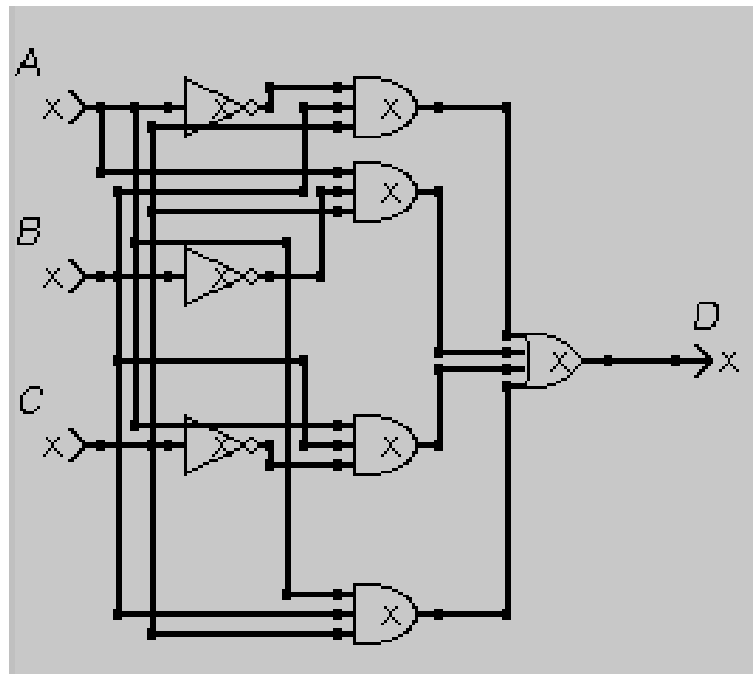
- 論理演算
 - $\&$, $|$, \sim の計算のこと
- 論理演算素子
 - 論理演算を行う電子回路
 - スイッチを組み合わせることで実現可能



左側の端子から0か1の信号を入力すると、右側の端子から論理演算の結果を出力する。

論理回路(スイッチング回路)

- 論理演算素子を用いて作られた電子回路
- コンピュータの計算は全て論理回路が行う



[例: 1ビット加算 (1桁分の加算)]

$$\begin{array}{r} A \\ + B \\ \hline C_{out} S \end{array}$$

A	B	C_{out}	S
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

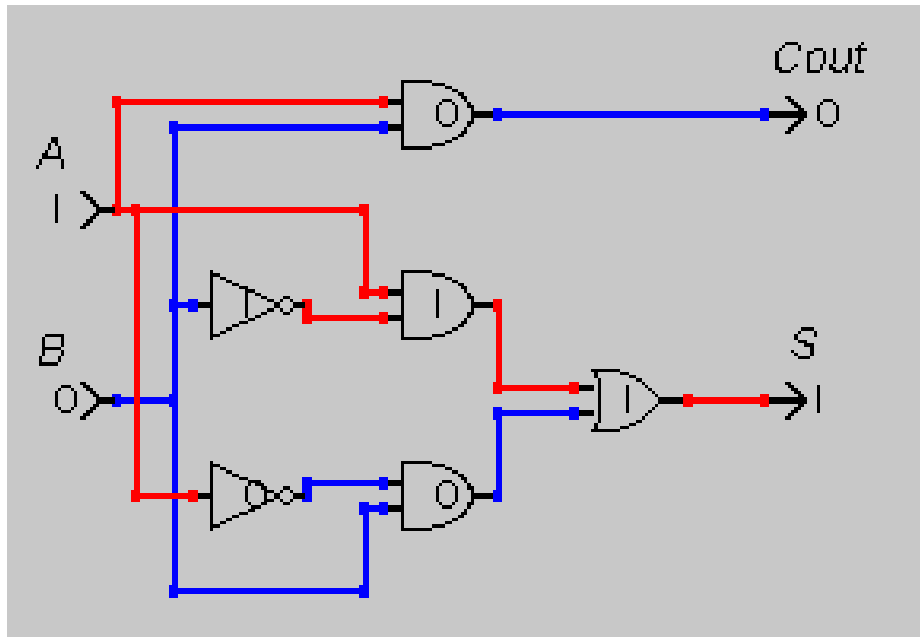
- 真理値表

- 論理式

- $C_{out}=A\&B$

- $S=(A\&\sim B)|(\sim A\&B)$

[例：半加算器]



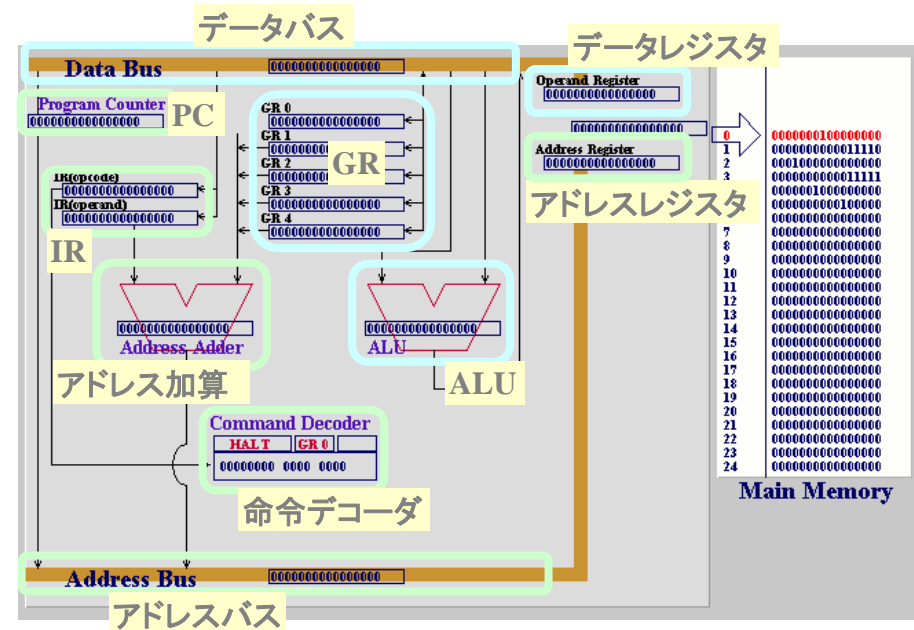
A	B	C_{out}	S
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

さまざまな論理回路

- ALU(算術論理演算回路)
 - 加減算と論理演算を行う論理回路
- セレクタ回路
 - 指定された入力だけを通過させる回路
- レジスタ
 - 複数の入力を記憶しておく回路
- エンコーダ・デコーダ
 - バイナリ化・脱バイナリ化回路

[CPUと論理回路]

- CPUはさまざまな論理回路を集積したものの
- 内部のどの部分を動作させるかはプログラムが決定
- プログラムも0と1の組み合わせで表現される



[バイナリ(2進)表現]

- 情報を0と1の組み合わせだけで表現
 - 数値
 - 文字
 - 画像
 - 音声
 - プログラム
- コンピュータの扱う全ての情報はバイナリ

2進(バイナリ)表現

- 全ての情報を0と1の2値で表現する
 - コンピュータは任意の2進計算が可能(cf.シャノン)
- 情報量
 - 無の状態からある事柄(情報)を知ったときの量
 - 生起確率 p の事象の情報量: $-\log_2 p$
- 情報量の単位
 - ビット 確率0.5の事象(0か1かが決定)
 - バイト 通常8ビット(アルファベット1文字分)
 - オクテット 8ビット(主に通信で)

数値: 2進数

- 数を0と1だけで表現した数

例: $11 \Rightarrow 1011$

$-5 \Rightarrow -101$

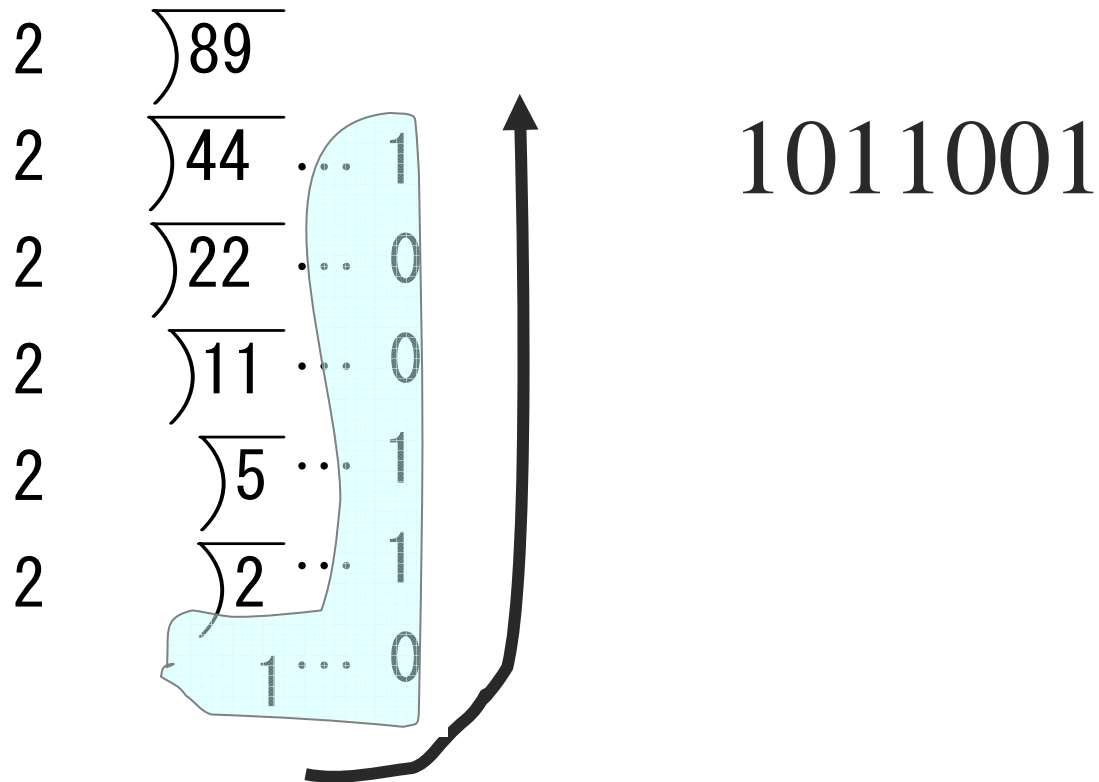
- 実数もすべて2進数で表わすことができる

例: $0.5 \Rightarrow 0.1$

$0.75 \Rightarrow 0.11$

整数の2進数表現の求め方

- 89を2進数に



整数のバイナリ表現

- コンピュータは扱う数値の桁数は固定
 - 16ビット, 32ビットなど
 - 扱える数には上限と下限がある

例: 5 \Rightarrow 00000101

- 各ビットが2のn乗を表す(8ビット長の場合)

m_7	m_6	m_5	m_4	m_3	m_2	m_1	m_0
0	0	1	1	1	1	0	1
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

$$32(2^5) + 16(2^4) + 8(2^3) + 4(2^2) + 1(2^0) \\ = 61$$

負の符号

- 正負符号も0, 1で表現
 - 最上位ビットに符号情報(8ビット長の場合)

m_7	m_6	m_5	m_4	m_3	m_2	m_1	m_0
0	0	1	1	1	1	0	1
±	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

$$32(2^5) + 16(2^4) + 8(2^3) + 4(2^2) + 1(2^0) = +61$$

- 3種類の表現方法(詳しくは第6回)
 - ☆ 符号絶対値
 - ☆ 下駄ばき
 - ☆ 2の補数

【実数の表現】

■ 固定小数

- 整数部と小数部の桁数が固定（8ビット長の場合）

m_4	m_3	m_2	m_1	m_0	.	m_{-1}	m_{-2}	m_{-3}
0	0	1	1	1	.	1	0	1
±	2^3	2^2	2^1	2^0	.	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}

$$4(2^2) + 2(2^1) + 1(2^0) + 0.5(2^{-1}) + 0.125(2^{-3}) \\ = +7.625$$

■ 浮動小数

- 指数表現で小数点の位置が変化

浮動小数

- r 進数で $M \times r^E$ という形で表現
- 10進数なら 2.998×10^8 のように
- 2種類の表現方法 (詳しくは第6回)
 - IEEE方式
 - IBM方式

[文字 : 2進コード]

- 文字に通リ番号を付けて2進表現で表す

例: A ⇒ 65

 # ⇒ 35

- 1バイト
 - アルファベット1文字分のビット数
 - 8ビット
 - もともとは7ビット(128文字)

[文字コード表]

文字と2進コードの対応表

- ASCIIコード (ISO646)
 - 1963年ANSIが制定 (7ビット)
- EBCDICコード
 - 60年代IBM社が制定, メインフレーム向け
- JISコード
 - ASCIIコードを8ビットにして, カタカナを追加

JISコード表

下位	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
上位	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0000					制御コード											
0001																
0010	!	~	#	\$	%	&	'	()	*	+	.	-	.	/	
0011	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	:	<	=	>	?
0100	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
0101	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[¥]	^	_
0110	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
0111	~	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~
1000																
1001																
1010																
1011																
1100																
1101																
1110																
1111																

[2バイト文字コード]

- 1バイト分ではコード表が作れない
 - 日本語 中国語 韓国語 アラビア語等
- 日本語文字コード
 - EUCコード(日本語EUC)
 - 1985年AT&T社が制定, UNIXシステム用
 - JISコード(ISO2022 JP)
 - 1978年からJIS規格が制定, 7ビット×2
 - シフトJISコード
 - Microsoft社が制定, パソコンで広く普及

[日本語コードの文字化け]



図をクリックしてください。

[Unicode (ユニコード)]

- 1993年米国の情報関連企業が制定
 - 国際標準として採用ISO/IEC 10646-1
- 世界中の殆ど全ての言語をサポート
 - 他言語圏の文字の表示が可能
 - Windowsなどの内部表現に既に採用
- 同一起源文字は同一文字に統一
 - 65536文字しか使えない
 - 漢字言語圏から反発(文化の無視)

[おさらい]

- 2進数計算機の原理
 - 論理数学
 - スイッチング回路
 - CPUを構成するさまざまな論理回路
- バイナリ表現
 - 数値の表現形式
 - 文字の表現形式