

目次

第 I 部	the Processor from Transistors and Gates	3
第 1 章	The Sense of Wonder in Logiclevel	5
1.1	ブール代数事始め	5
1.2	カルノー図, 最小項	9
1.3	論理ゲート	9
1.4	組み合わせ回路	9
第 2 章	The Practical Logic design engineering	11
2.1	順序回路	11
2.2	Hardware Description Language -ハードウェア記述言語-	11
2.3	Z80,x86,ARM,MIPS と戯れる	11
第 II 部	素敵な名前をつけてね!	13
第 3 章	おいぬのふぐり	15
3.1	ペンペン草	15
第 4 章	じゅげむじゅげむ	17
4.1	言葉の暴力	17

第 I 部

the Processor from Transistors and Gates

第 1 章

The Sense of Wonder in Logiclevel

1.1 ブール代数事始め

^a グループは少なくとも中学のうちにやる, ド・モルガンの定理. 分かっているば, 飛ばして構いません.

ブール代数というのは, 集合と命題についてのいくつかの美しい定理を一般化, 数式化するものであり, これについて解くことで, 予想に反するような素晴らしい論理式に出会うことができるのです.^a

1.1.1 集合

まず, 集合とは何でしょうか. 英語で言えば set です. あるものの任意順序の列, と考えましょう. この, ものっていうのが, 分かり辛いので, 具体例をあげて考えてみましょう. 集合 A というものについて考えてみましょう.

$$A_1 := \{a^3, a^2b, ab^2\}$$

$$A_2 := \{a^2b, ab^2, a^3\}$$

としたとき, $A_1 = A_2$ が成り立ちます. なぜなら集合は set であり, 数列ではないため, 順序は任意だからです. また, 集合には文字以外も入ることができます. 例えば, りんごと言う集合を $\{\text{津軽りんご, 富士りんご, ニュートン, スティーブジョブズ}\}$ と定義することもできるのです. また, $A := (A_1 = A_2)$ の例で言いますと, a^3 は A の元, と言う言い方をします. 要素の事をこう呼ぶのです.

^a 要出典

練習

上の集合 A にとって, a^2b は元でしょうか. また, b^3 はどうでしょうか.

次に,

$$B := \{a^2b, ab^2, b^3\}$$

を定義します. このとき, a^3 は B の元ではないが, A の元ではあり, b^3 は B だけの元である, と言うのです. これを, 数式として表すと $a^3 \in A, b^3 \in B, a^3 \notin B, b^3 \notin A$ となります. さて, もう少し集合を増やしましょう.

$$C := \{c, d, e, f, g\}$$

さて, ここで,

$$U \supset A, U \supset B, U \supset C$$

と定義します. この U というのはユニバース, と読み、ある集合空間すべての要素を含む集合を表すします. すると, $a^x b^{3-x} \in U$ を満たす x についての集合は, $\{x \mid 0 \leq x \leq 3, x \in \mathbb{N}\}$ と定まります.

練習

$\{x \mid 0 \leq x \leq 3, x \in \mathbb{N}^a\}$ という表記はどういう意味だろうか. 考えてみよう. または調べてみよう.

^a 自然数

さて, 上で定義した集合を使いまわします. $a^2b \in A$ であり, $a^2b \in B$ であるが, これを,

$$a^2b \in A \cap B$$

と表すのです. $c \notin A$ であり, $c \notin B$ であるが, これを

$$c \notin A \cup B$$

と表すのです. \cap とは cap と読み, AND と呼ばれます. この意味についてはのちほど考えていきましょう. また, \cup は cup と読み, OR と呼ばれることもしておいてください.

堅苦しい, 新しい記号の連発はひとまずここでおわりにして, 自明な事を少し考えてみます. ここで, U を 4 つに分けてみましょう. とりあえず, 下の表を埋めてみてください.

	A に含まれるもの	A に含まれない
B に含まれるもの		
B に含まれないもの		

4 つにわけられましたね?

1. では, $A \cap B$ を満たす文字をすべて抜き出してください:

2. では, $A \cup B$ を満たす文字をすべて抜き出してください:

3. では, $A \cap \overline{B}$ を満たす文字をすべて抜き出してください:

このうち, 1. で求めた文字群は, $A \cap B$ を満たすことから, A と B の AND と呼ばれます. 逆に, A と B の AND 集合 (集合和) を求める場合には, それを答えればいいのです. また, $A \cup B$ については, 2 で求めたものである訳です.

逆に, $a^2b = ab^2 = 1$ であり, その他は 0 であったと考えよう. その時, $A \cap B$ を満たす集合の要素を取り出すと, 値は 1 であるが, それ以外は 0 となる. これでニヤリとした人もいればちんぷんかんぷんの人もいるだろう. それでは, 一足飛びに論理回路に進む前に, 別の観点からもう一度このことについて考えてみよう.

1.1.2 命題

命題とは, 一定の条件を満たす質問のようなものだと考えればいいでしょう. まず例を挙げて見てみましょう. これらは命題です.

- 0×0 は 0 である.
- 第 2 宇宙速度でタングステン片を投げ上げると無限遠方まで飛んでゆく.

しかしこれらは命題では有りません.

- リンゴは白い
- うちの車は早い

しかし, これらもこの様に変えれば命題となります.

- すべてのリンゴは, 可視光領域の光を表面で等しく 99.9% 以上反射する. かつ, リンゴの皮は鏡面とはみなせない.
- うちの工場は発注が入ってから 60 秒以内にクライアントに届けることができる. クライアントに届くというのは, 発注元の個人に \square を渡し, ハンコを書類に押してもらう事象をさす.

また, 以下のフレーズも命題です.

- $1=2$ である.
- 法隆寺の住職は柿という植物の実を食べながら鐘を撞く.

命題というのは正しくても間違っているても命題であるのです。しかし、客観性のないものは形容詞とはなれません。たとえば、白いと一概に言っても、人によって見方が変わる上に、照明などに依存する問題ですね。早い、というのも未定義なので命題では有りません。しかし、 $1=2$ であるというのは間違っているが、^b少なくとも客観性の有るフレーズでありますし、法隆寺という寺も一意に定まります。

すると、命題の中にも正しいものと誤っているもの、両方あるということがわかりましたね。では、命題には真か偽かという属性が必ず付いて回ることも理解いただけると思えます。すると、真である命題について、値を 1、偽である命題の値を 0 と考えると、

^b これを偽であるという。そうでなければ真

1.1.3 情報量の単位

1.1.4 bool 代数

1.1.5 ド・モルガンの定理

1.1.6 章末問題

1.2 カルノー図, 最小項

1.2.1 真理表†

1.2.2 カルノー図と最小項

1.2.3 章末問題

1.3 論理ゲート

1.3.1 CMOS と TTL 回路

1.3.2 XOR と NOT, NAND, NOR, 愉快的仲間

1.4 組み合わせ回路

1.4.1 回路とブール代数式

1.4.2 case 文, マルチプレクサそしてバス

1.4.3 加算器, 減算器

1.4.4 遅延, 双安定, クリティカルパス

1.4.5 組み合わせループと無安定動作

1.4.6 章末問題

第 2 章

The Practical Logic design engineering

2.1 順序回路

2.1.1 ラッチ, タイミングチャート, フリップフロップ

2.1.2 クロック, 離散的, 連続的

2.1.3 シフタ, ローレータ, ALU

2.2 Hardware Description Language -ハードウェア記述言語-

2.2.1 Verilog, wire, Combination descriptions.

2.2.2 reg, Behavior descriptions.

2.2.3 The Simulation Tests.

2.2.4 プログラマブル・ロジックデバイス

*† は中学学習範囲

2.3 Z80,x86,ARM,MIPS と戯れる

B 面

-
1. チューリング完全とは？
 2. メモリ

3. マルチプレクサとデコード, そして…
 4. 機械語とアセンブリ, マイクロアーキテクチャ
 5. スタックフレームと戯れるルーチン
 6. コンパイラ
-

第Ⅱ部

素敵な名前をつけてね!

第 3 章

おいしいぬのふぐり

3.1 ペンペン草

第 4 章

じゅげむじゅげむ

4.1 言葉の暴力