

まえがき

本書は、論理回路の基礎知識を身につけ、その知識に関連した数理的考察ができるようになるための入門書である。「論理回路」は「デジタル回路」を設計する際の数理モデルと考えてもよい。現在、われわれの身の回りはデジタル回路を内蔵する製品であふれている。周知のように、デジタル回路はPCの主要構成要素である。携帯電話やスマートフォンなどはPCなみの情報処理能力を有している。炊飯や洗濯や掃除を助ける家電製品もデジタル回路なしでは構成できない。デジタル回路はわれわれの生活を快適にするために、なくてはならないものとなっている。このようなデジタル化社会は、21世紀に入ってから著しく発展した。1990年代に小型PCが家庭に普及し始めたが、当時は「一家に一台」「一人に一台」ではなかった。携帯電話は1990年代後半に本格的に普及し始めたが、純粋に電話器の機能を持つばかりであった。携帯電話からインターネットへ気軽に接続できるようになったのは、21世紀に入ってからである。

現在、デジタル回路や論理回路に関する優れた教科書が数多く出版されている。その多くは電気電子系や情報通信系の学生を读者として想定し、高校から大学初級の数学と物理の基礎知識を前提としているようだ。一方でデジタル回路の関連分野は広範であり、いまなお拡大し続けている。さまざまな分野のさまざまな学生がデジタル回路や論理回路に興味を持つ機会が、今後ますます増えていくだろう。そうした学生の中には、既存の論理回路の教科書を理解するために必要な基礎事項の理解が、十分でない学生も少なからずいると思われる。基礎事項を確認しながら論理回路を学べる、わかりやすい教科書がぜひとも必要である。

本書はこのような状況を踏まえて執筆された。その目標は「さまざまな分野の様々な学生がよく理解できること」、「その理解がイメージを伴うこと」である。そのために、学問としての論理回路を構成する内容のうち基本的かつ重要な部分、いわば体系の幹となる部分に的を絞り、わかりやすさを最優先にしてそれらを説明した。そのために厳選された例題・平易な説明・豊富な図表を用いた。内容を理解するために必要な知識の中で、読者の理解が不十分であることが想定される事項は、その復習もかねて文中で解説した。本書では一つ一つの例題を丁寧に説明した。また例題の説明が長くなる場合には、問題を提示した直後に結論を

述べ、その後結論までの過程を示すスタイルをとった。これは説明の見通しを明るくし、読者の例題を理解しようとする動機付けを保たせるための方策である。このような方針の下で執筆したため、本書の説明には筋の通った正確さや美しさに欠ける部分、あるいは基礎事項を十分に理解している読者に冗長な印象を与える部分があるかもしれない。

本書の第一著者は複数の大学で論理回路に関する講義を担当してきており、その講義の内容が本書の土台となっている。本書の大部分は第一著者が執筆したものであるが、さまざまな読者の理解を第一に考えた点や基礎事項を重視した点に、第二著者の思想が反映されている。第一著者が講義の中で気付いた点、反省した点、学生の授業評価アンケートでの意見等も反映されている。本書は全13章から構成される。1章から4章までではすべての論理回路の基礎を説明する。1章ではデジタルの概念、2章では論理ゲート、3章ではブール代数、4章では正論理と負論理を説明する。5章から7章では論理回路の設計において重要な概念を提供する。5章では論理関数の標準形、6章ではカルノー図による論理関数の簡単化、7章ではクワイン・マクラスキー法による論理関数の簡単化を説明する。8章と9章では組合せ回路の代表的な応用例について述べる。8章ではエンコーダ・デコーダ・マルチプレクサ・デマルチプレクサ、9章では加算器を説明する。10章から13章では同期式順序回路について解説する。10章ではフリップフロップ、11章ではシフトレジスタとカウンタ、12章では同期式順序回路の解析、13章では同期式順序回路の設計を説明する。なお、各章の構成と内容を1.4節で詳しく説明しているので参照されたい。

各章では論理回路の体系の幹となる部分を扱い、徹底的に詳しく丁寧に説明した。逆に現在では触れる機会が減った内容や特に進んだ内容は、体系の枝葉として思い切って省いた。例えば順序回路は同期式と非同期式の2種類に分かれるが、本書は実用上触れる機会の多い同期式に的を絞って説明している。本書で論理回路の幹となる部分を習得された方が、他書に進んでより深い知識と能力を身に付け、冒頭に述べたような技術の発展に新しい1ページを付け加えてくれることを心から期待する。

最後に、本書を執筆する機会を与えていただいたコロナ社のみなさまに深く感謝します。

2012年1月

三堀 邦彦
斎藤 利通

目 次

1. デジタルとは何か

1.1 デジタル信号とモールス信号	1
1.2 デジタル信号のメリット	3
1.3 2進数と基数の変換	6
1.4 本書の構成	8
演習問題	9

2. 論理ゲート

2.1 基本的な論理ゲート	10
2.2 集合と論理式	12
演習問題	15

3. ブール代数

3.1 ブール代数の必要性	16
3.2 ブール代数の公理と定理	17
演習問題	20

4. 正論理と負論理

4.1 真理値表の解釈	21
4.2 NAND や NOR による完全系	22
演習問題	26

5. 論理関数の標準形

5.1 論理回路の設計手順	27
5.2 加法標準形	27
5.3 乗法標準形	30
演習問題	33

6. カルノー図を用いた論理関数の簡単化

6.1 論理関数の簡単化とカルノー図	34
6.2 簡単化の原理と手順	36
演習問題	40

7. クワイン・マクラスキー法による論理関数の簡単化

7.1 クワイン・マクラスキー法について	41
7.2 利用する主項の選択方法の改善	45
演習問題	48

8. 組合せ回路の応用

8.1 エンコーダとデコーダ	49
8.2 マルチプレクサとデマルチプレクサ	51
演習問題	53

9. 加 算 器

9.1 加算器の構成	54
9.2 加算器を利用した減算	57
演習問題	60

10. フリップフロップ

10.1 記憶のモデル	61
10.2 SR フリップフロップ	63
10.3 その他のフリップフロップ	65
10.3.1 D フリップフロップ	65
10.3.2 JK フリップフロップ	66
演習問題	67

11. フリップフロップの応用例

11.1 シフトレジスタ	69
11.2 カウンタ	71
演習問題	74

12. 同期式順序回路の解析

12.1 順序回路の基本構成	77
12.2 順序回路と状態遷移図	78
12.3 順序回路の解析の流れ	79
演習問題	82

13. 同期式順序回路の設計

13.1 順序回路の設計手順	83
13.2 順序回路の設計例	84
演習問題	88

引用・参考文献	90
演習問題解答	91
索引	116

1. デジタルとは何か

われわれの身の回りは、デジタル回路を内蔵する電気製品であふれている。その根幹をなすデジタル信号の重要性とそのメリットについて説明する。また、デジタル回路で用いられる2進数と10進数・8進数・16進数の間の相互変換についても触れる。

1.1 デジタル信号とモールス信号

本書は論理回路のテキストである。「論理回路」は、「デジタル回路」を設計する際の数理モデルと考えてもよい。現在われわれの身の回りはデジタル回路を内蔵する電気製品であふれ、そうでないものを見つけることのほうが難しい。とりわけ無線通信機器では携帯電話やスマートフォンなど、小型PCなみの処理能力を持つ携帯端末をだれもが所有している。

そうした機器で利用されるデジタル通信とは、送りたい信号をデジタル信号に変換して行う通信のことである。それでは、デジタル信号とはどのような信号であろうか。典型的なデジタル信号を図1.1に示す。この信号では、とびとびの時間ごとに電圧が変化している。この電圧は8Vまたは3Vのどちらかの値をとり、それらの間の値をとることはない。この電圧のように2種類の値のみをとる量を**2値デジタル量** (binary digital quantity) といい、とびとびの時間ごとに変化する2値デジタル量で構成される信号を**2値デジタル信号** (binary digital signal) という。本章では後ほど信号をきちんと分類するが、実用上ほとんどの場合で2値デジタル量・2値デジタル信号を指して単にデジタル量・デジタル信号と呼ぶ。

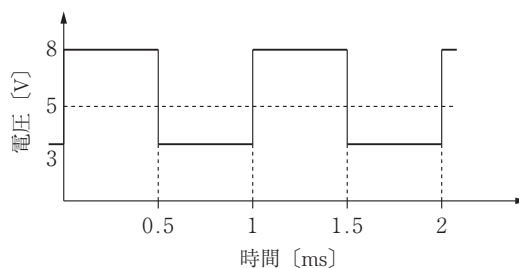


図1.1 典型的なデジタル信号

2 1. デジタルとは何か

デジタル信号は、モールス信号と呼ばれる通信用信号と密接に関連している。モールス信号を生成する規則は**モールス符号** (Morse code) と呼ばれ、短点 (・) と長点 (‐) を組み合わせてアルファベット・数字・記号を表現する。したがって、モールス信号はデジタル信号の一種と位置付けられる。例として、アルファベット 26 文字に対応するモールス符号を表 1.1 に示す。

表 1.1 アルファベット 26 文字に対応するモールス符号

文字	符号	文字	符号	文字	符号
A	・‐	J	・‐‐‐	S	…
B	‐…	K	‐…	T	‐
C	‐…	L	…	U	…‐
D	‐…	M	‐‐	V	…‐‐
E	・	N	‐・	W	‐‐‐
F	…‐	O	‐‐‐	X	‐…‐
G	‐‐	P	…‐	Y	‐‐‐‐
H	…	Q	‐‐‐‐	Z	‐‐‐‐
I	…	R	…‐		

・は短点、‐は長点を表す。

モールス信号を用いた無線通信の普及の歴史を知ることは、デジタル信号の特徴を知るよい手がかりになる。モールス符号は 1840 年にアメリカの発明家 S. F. B. モールスにより提案された。1868 年に**国際電信連合** (Union Télégraphique Internationale, UTI, 国際連合の専門機関である**国際電気通信連合** (International Telecommunication Union, ITU) の前身機関) により国際規格として認められ、1912 年に発生したタイタニック号の海難事故をきっかけに世界中に普及した。タイタニック号は当時世界最大級の英国籍旅客船であり、北大西洋のニューファウンドランド沖を航行中に流水と衝突し沈没、約 1 500 名の犠牲者を出した (引用・参考文献 1) を参照)。この事故がこれほど多くの犠牲者を出した主要な原因の一つとして無線通信設備とその運用体制の不十分さがあり、1914 年に採択された**海上における人命の安全のための国際条約** (The International Convention for the Safety of Life at Sea, **SOLAS 条約**) において船舶へのモールス信号を用いた無線通信設備の設置とその運用体制の整備が義務づけられた。この条約は 1929 年の改正以後、国際的な効力を発揮した。

モールス信号が当時これほど重要視された最大の理由は、ノイズ (雑音) への耐性である。一般に通信では、伝送路 (信号の通り道) が長くなればなるほど信号の強度が低下し、信号に対するノイズの割合が増加して受信側での信号の明瞭^{りょうさ}さが低下する。無線通信では電波を伝送路として用いるため、有線通信に比べて信号の明瞭さの低下が著しい。現在のデジタル無線通信ではこの問題を解決するための技術が多数取り入れられ、デジタル回路は其中で重要な位置を占めている。一方で、当時の無線通信ははるかに簡素な機器を利用しており、デジタル回路はまだその概念すら存在しなかった。当時のモールス信号を用

いた無線通信では、電鍵^{けん}とよばれる機械式スイッチを人が操作して短音と長音を生成して送信し、受信側で人がその音を聞き取っていた。この通信方法は音の長さが聞き取れるかどうかのポイントであるため、そうした通信環境でも十分実用に耐える。

なお、現在の船舶通信では船舶局・人工衛星・海岸局からなるネットワークによるデジタル無線通信（世界海洋遭難安全システム：Global Maritime Distress and Safety System, **GMDSS**）が国際的に主流となり、モールス信号そのものによる無線通信はほとんど利用されない。しかしながら日本の南極観測隊では現在でも、モールス信号による無線通信を運用できる国家資格を有することが通信スタッフの採用条件の一つとなっている（引用・参考文献2）を参照）。南極大陸ではその厳しい自然環境から、人工衛星を含む最先端の通信手段をつねに利用できるとは限らず、幾重にも代替となる通信手段を用意しておく必要がある。そんな中、モールス信号は上記で述べた強力なノイズ耐性と運用に必要な通信機器の簡素さから、現在も「通信手段の切り札」としての役割を果たしている。

現在のデジタル無線通信はその発展版であり、当時とは比較にならないほど高速で大量の情報を伝送できるようになっている。当時のモールス信号による無線通信では信号の発生と解釈を人間が行い、現在のデジタル無線通信では通信機器がそれを行うという違いはあるが、デジタル信号の利用という最も基本的な部分は今も同じである。本書はこの古くて新しい、そして現在も発展を続けるデジタルの世界の入り口に読者諸君をいざなう。

1.2 デジタル信号のメリット

ここではデジタル信号が重要な理由を少し掘り下げて考察する。まず、デジタルという言葉は信号の分類と深く関連する（図1.2参照）。図（a）の信号を考えよう。こうした信号では測定機器が許す限り、電圧の値をどこまでも細かくとることができる。例えば、時刻0.5msを中心とする0.1msの区間で電圧の値を詳しく測定しても、その値がとびとびになることはない。このことを「値の最小単位がない」または「値が連続的（continuous）である」といい、この信号の電圧のように連続的な値をとる量をアナログ量（analog quantity）という。

一方、図（b）の信号はそれと対照的である。この信号は図（a）における1周期の10分の1ごとの時刻の電圧の値を、最も近い整数と置き換えることで得られている。とびとびの時間ごとにこの整数値が変化する。この信号では電圧がとびとびの値をとり、それらの間の値をとることはない。このことを「値の最小単位がある」もしくは「値が離散的（discrete）である」といい、この信号の電圧のように離散的な値をとる量をデジタル量（digital quantity）という。

4 1. デジタルとは何か

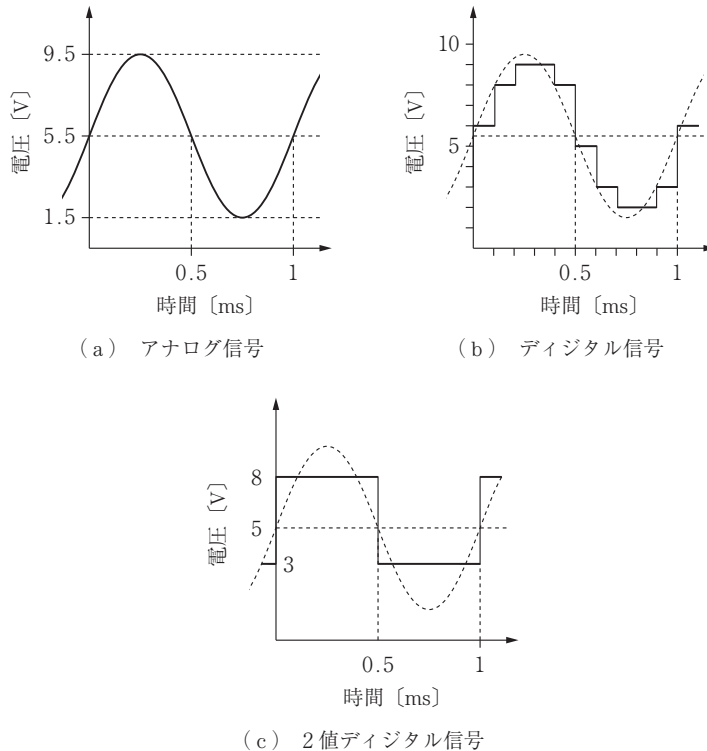


図 1.2 信号の種類

デジタル量における最小単位はさまざまとり方がある。その極端な例は、図 (c) のように 2 値のみをとり得る場合である。この信号は、ある時刻に図 (a) の信号の電圧が 5 V より大きければ出力を 8 V、そうでなければ 3 V とすることで得られている。この信号は図 1.1 に示した信号と同じものである。

図 (c) の電圧のように 2 種類の値のみをとり得る量を 2 値デジタル量という一方、図 (b) の電圧のようにより多い種類の離散値をとり得る量を **多値デジタル量** (multi-valued digital quantity) という。多値デジタル量は 2 値デジタル量を持つ要素の組合せにより表現できるので、単にデジタル量といえは 2 値デジタル量を指す。また図 (c) の電圧のように、2 値をとり得る変数を **2 値変数** (binary variable) という。また入力が 2 値変数、出力が 2 値変数である関数を **2 値論理関数** (binary logical function)、または単に **論理関数** (logical function) という。論理関数を実現する回路を **論理回路** (logical circuit)、または **デジタル回路** (digital circuit) という。前者はその数学モデルを指し、後者は実際の回路を指す。またこれに対し、アナログ量を基本として構築された回路を **アナログ回路** (analog circuit) という。

これらの概念を用いれば、デジタル信号のメリットを説明できる。デジタルの回路やシステムは、アナログの回路やシステムに対して多くのメリットを持つ。中でも以下に示す

伝送と計測のメリットが重要であり、前者はすでに述べたモールス信号が持つメリットと同じである：

伝送におけるメリットは「ノイズの混入に対して強い」ことである。例として図 1.3 (a) のように、ある伝送路を用いて信号を伝送することを考える。この伝送路で、ある時刻に 5 V の電圧を信号として送信したとしよう。理想的な伝送では、送信した 5 V とまったく同じ電圧が受信されるはずである。しかしながら現実にはそうならず、ノイズの混入によりこの値が変動する。図 (b) は受信された値が 4.5 V となった場合を示す。こうした値の変動の大きさは伝送路の種類や性質に大きく依存するが、現実の伝送において変動そのものを避けることはできない。アナログ伝送ではこの値そのものを情報とするので、5 V が 4.5 V になったことで信号に含まれる情報が大きく損なわれる。一方、デジタル伝送ではこの値に特定のルールを適用して「0」または「1」を割り当て、それを情報とみなす。この例では 2.5 V 以上の電圧に「1」を、それ未満の電圧に「0」を割り当てる。こうすれば先ほどの伝送路でも、送信された信号は 5 V で「1」、受信された信号は 4.5 V で「1」となり、情報は損なわれない。

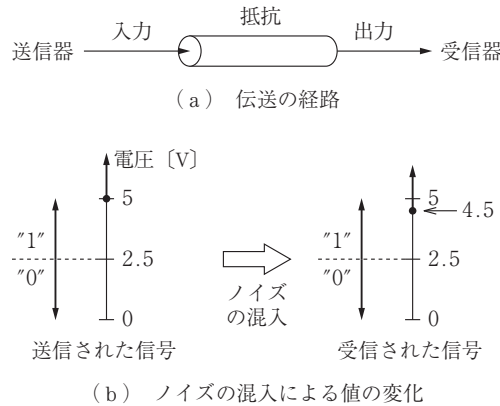


図 1.3 信号の伝送

計測におけるメリットは「誰が測っても結果が同じになる」ことである。例として体温計を考えよう。図 1.4 (a) はアナログ式の体温計の表示部である。この場合は各人で読み方が変わり、「36.6℃」「36.7℃」「36.65℃」のどれもがあり得る。図 (b) はデジタル式の体温計の表示部である。この場合は、だれが読んでも「36.6℃」になる。このように、デジタル計測ではだれが測っても結果が同じになるが、一方で最小単位より小さい量は測

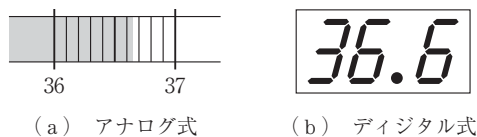


図 1.4 体温計の表示

定できないデメリットがある。実用上は、この最小単位を十分小さくすることで測定精度を上げている。

1.3 2進数と基数の変換

われわれ人間がよく用いるのは10進数であるが、コンピュータをはじめとするデジタルシステムでは2進数が用いられる。したがって人間がコンピュータに数値を理解させるためには、10進数を2進数に変換しなければならない。またコンピュータの処理した結果を人間が理解したいときには、2進数を10進数に変換する必要がある。ところが2進数では数が大きくなるとすぐに桁数が増え、10進数のように一見してその値を理解することができなくなる。この欠点を補うため、2進数との相互変換が容易で桁数が急激に増加しない8進数や16進数がしばしば用いられる。一般に n 桁の10進数・2進数・8進数・16進数は以下のように表すことができる：

10進数 $(a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0)_{10}$ ただし $a_i = 0, 1, 2, \dots, 8, 9$

2進数 $(a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0)_2$ ただし $a_i = 0, 1$

8進数 $(a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0)_8$ ただし $a_i = 0, 1, 2, \dots, 6, 7$

16進数 $(a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0)_{16}$ ただし $a_i = 0, 1, 2, \dots, 8, 9, A, B, \dots, E, F$

ここで $i = 0, 1, \dots, n-2, n-1$ であり、括弧の右脇の数字はその数が何進数かを表している。「何進数か」は「1桁で利用できる数字や文字は何個か」に対応している。この個数を**基数** (radix) という。16進数では0から9までの数字のほかにアルファベット A, B, C, D, E, F を用い、それらはおのおの10進数の10, 11, 12, 13, 14, 15に対応する。10進数・2進数・8進数・16進数の対応関係を表1.2に示す。

与えられた2進数に対応する10進数は、2進数の定義から次式で計算できる：

$$(a_{n-1} a_{n-2} \cdots a_1 a_0)_2 = a_{n-1} \cdot 2^{n-1} + a_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \cdots + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0 = \sum_0^{n-1} a_i \cdot 2^i$$

表1.2 10進数・2進数・8進数・16進数の対応関係

10進数	2進数	8進数	16進数	10進数	2進数	8進数	16進数
0	0	0	0	10	1010	12	A
1	1	1	1	11	1011	13	B
2	10	2	2	12	1100	14	C
3	11	3	3	13	1101	15	D
4	100	4	4	14	1110	16	E
5	101	5	5	15	1111	17	F
6	110	6	6	16	10000	20	10
7	111	7	7	17	10001	21	11
8	1000	10	8	18	10010	22	12
9	1001	11	9	19	10011	23	13

索 引

<p>【あ】</p> <p>アナログ回路 4 アナログ量 3</p> <p>【え】</p> <p>エッジトリガ動作 64 エンコーダ 49</p> <p>【か】</p> <p>海上における人命の安全のための国際条約 2 カウンタ 71 加算器 54 加法標準形 28 カルノー図 34 完全系 22</p> <p>【き】</p> <p>偽 13 記憶 61 基数 6 基本ゲート 10 吸収則 18</p> <p>【く】</p> <p>空集合 13 組合せ回路 49 繰上り 54 クロックパルス 63 クワイン・マクラスキー法 41</p> <p>【け】</p> <p>結合則 18 減算器 58</p> <p>【こ】</p> <p>交換則 18 公理 17 国際電気通信連合 2 国際電信連合 2</p>	<p>【さ】</p> <p>最小項 27 最小論理和形 35 最大項 30</p> <p>【し】</p> <p>支配される 46 支配する 47 シフトレジスタ 69 集合 13 主項 44 出力関数 80 順序回路 61 状態 61 状態遷移関数 80 状態遷移図 78 状態遷移表 79 状態割り当て 84 乗法標準形 30 真 13 真理値表 10</p> <p>【せ】</p> <p>正論理 21 世界海洋遭難安全システム 3 積集合 13 全加算器 54 全体集合 13</p> <p>【そ】</p> <p>双対 17</p> <p>【た】</p> <p>対偶 14 タイミングチャート 65 立上り 63 立下り 63 多値デジタル量 4</p> <p>【ち】</p> <p>置数器 69</p>	<p>【て】</p> <p>デジタル回路 4 デジタル量 3 定理 17 デコーダ 49 デマルチプレクサ 51</p> <p>【と】</p> <p>同期式カウンタ 74 同期式順序回路 77 特異列 45 特性表 64 トグル動作 66 ド・モルガンの定理 18</p> <p>【に】</p> <p>入力方程式 80 二次特異列 47 二次必須行 48 二次必須主項 48</p> <p>【ね】</p> <p>ネガティブエッジ 63</p> <p>【は】</p> <p>排他的論理和 12 ハードウェア記述言語 74 半加算器 54</p> <p>【ひ】</p> <p>必須行 45 必須主項 45 否定 10 非同期式カウンタ 74 非同期式順序回路 77 被覆する 44 標準形 27</p> <p>【ふ】</p> <p>復号化器 49 符号化器 49 部分集合 13</p>
---	--	--

フリップフロップ	63
ブール代数	17
負論理	21
分配則	18
【へ】	
べき等則	18
ベン図	13
【ほ】	
補元の性質	18
ポジティブエッジ	63
補集合	13
【ま】	
マルチプレクサ	51

【め】	
命題	13
【も】	
モールス信号	2
モールス符号	2
【り】	
離散的	3
リップルキャリー	56
リングサム	12
【れ】	
レジスタ	69
連除法	7

連続的	3
【ろ】	
論理回路	4
論理関数	4
——の単純化	34
論理ゲート	10
論理式	10
論理積	10
論理積標準形	30
論理和	10
論理和標準形	28
【わ】	
和集合	13

【A】	
adder	54
analog circuit	4
analog quantity	3
AND ゲート	10
asynchronous counter	74
asynchronous sequential circuit	77
axiom	17
【B】	
binary digital quantity	1
binary digital signal	1
binary logical function	4
binary variable	4
Boolean algebra	17
【C】	
canonical form	27
carry	54
characteristic table	64
clock pulse	63
combinational circuit	49
complement	13
complete set	22
conjunctive canonical form	30
continuous	3
contraposition	14
counter	71
cover	44

【D】	
decoder	49
demultiplexer	51
digital circuit	4
digital quantity	3
discrete	3
disjunctive canonical form	28
distinguished column	45
dominate	47
dual	17
D フリップフロップ	65
【E】	
edge-triggered action	64
empty set	13
encoder	49
essential prime implicant	45
essential row	45
exclusive OR	12
EXNOR ゲート	12
EXOR ゲート	12
【F】	
false	13
flip flop	63
full adder	54
【G】	
Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS	3

【H】	
half adder	54
hardware description language, HDL	74
【I】	
input equation	80
International Telecommunication Union, ITU	2
intersection	13
【J】	
JK フリップフロップ	66
【K】	
Karnaugh map	34
【L】	
logical circuit	4
logical conjunction	10
logical disjunction	10
logical expression	10
logical function	4
logical gate	10
logical negation	10
【M】	
maxterm	30
memory	61
minimum sum-of-products expression	35
minterm	27

Morse code	2	register	69	SOLAS 条約	2
multiplexer	51	ring sum	12	theorem	17
multi-valued digital quantity	4	ripple carry	56	timing chart	65
【N】		【S】		toggle action	66
NAND ゲート	12	secondary distinguished column	48	true	13
negative edge	64	secondary essential prime	48	truth table	10
negative logic	21	implicant	48	two's complement	57
NOR ゲート	12	secondary essential row	48	【U】	
NOT ゲート	10	sequential circuit	61	union	13
【O】		set	13	Union Télégraphique Internationale,	
OR ゲート	10	shift register	69	UTI	2
output function	80	SR フリップフロップ	63	universal set	13
【P】		state	61	【v】	
positive edge	63	state assignment	84	Venn's diagram	13
positive logic	21	state transition diagram	78	【数字】	
prime implicant	44	state transition function	80	0 元の性質 /1 元の性質	18
primitive gate	10	state transition table	79	2 値デジタル信号	1
proposition	13	subset	13	2 値デジタル量	1
【Q】		subtractor	58	2 値変数	4
Quine-McCluskey method	41	synchronous counter	74	2 値論理関数	4
【R】		synchronous sequential circuit	77	2 の補数	57
radix	6	【T】			
		The International Convention for			
		the Safety of Life at Sea,			

— 著者略歴 —

三堀 邦彦 (みつほり くにひこ)	齋藤 利通 (さいとう としみち)
1992年 法政大学工学部電気工学科卒業	1980年 慶應義塾大学工学部電気工学科卒業
1995年 法政大学大学院修士課程修了 (電気工学専攻)	1982年 慶應義塾大学大学院修士課程修了 (電気工学専攻)
1997年 法政大学大学院博士課程修了 (電気工学専攻) 博士(工学)	1985年 慶應義塾大学大学院博士課程修了 (電気工学専攻) 工学博士
1997年 海上保安大学校助手	1985年 相模工業大学専任講師
1998年 海上保安大学校講師	1988年 相模工業大学助教授
2001年 海上保安大学校助教授	1989年 法政大学助教授
2006年 拓殖大学准教授	1998年 法政大学教授
現在に至る	現在に至る

わかりやすい論理回路

Introduction to Logical Circuit Theory © K. Mitsubori, T. Saito 2012

2012年3月7日 初版第1刷発行



検印省略

著者 三堀 邦彦
齋藤 利通
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 新日本印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-00826-5 (大井) (製本: グリーン)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします