

# 新版 メカトロニクスのための 電子回路基礎

大同大学名誉教授 工学博士  
西堀賢司 著

メカトロニクス教科書シリーズ

1

コロナ社

---

## メカトロニクス教科書シリーズ編集委員会

- 委員長 安田仁彦 (名古屋大学名誉教授 工学博士)  
愛知工業大学教授  
末松良一 (名古屋大学名誉教授 工学博士)  
豊田工業高等専門学校長  
妹尾允史 (三重大学名誉教授 工学博士)  
鈴鹿国際大学副学長  
高木章二 (豊橋技術科学大学教授 工学博士)  
藤本英雄 (名古屋工業大学教授 工学博士)  
武藤高義 (岐阜大学名誉教授 工学博士)

---

(五十音順, 所属は2006年1月現在)

## □□□□□□□□□□ 刊行のことば □□□□□□□□□□

マイクロエレクトロニクスの出現によって、機械技術に電子技術の融合が可能となり、航空機、自動車、産業用ロボット、工作機械、ミシン、カメラなど多くの機械が知能化、システム化、統合化され、いわゆるメカトロニクス製品へと変貌している。メカトロニクス (Mechatronics) とは、このようなメカトロニクス製品の設計・製造の基礎をなす、新しい工学をいう。

このシリーズは、メカトロニクスを体系的かつ平易に解説することを目的として企画された。

メカトロニクスは発展途上の工学であるため、その学問体系をどう考えるか、メカトロニクスを学ぶためのカリキュラムはどうあるべきかについては必ずしも確立していない。本シリーズの企画にあたって、これらの問題について、メカトロニクスの各分野を専門とする編集委員の間で、長い間議論を重ねた。筆者の所属する名古屋大学の電子機械工学科において、現在のカリキュラムに落ちつくまで筆者自身も加わって進めてきた議論を、ここで別のメンバーの間で再現されるのを見るのは興味深かった。本シリーズは、ここで得られた結論に基づいて、しかも巻数が多くならないよう、各巻のテーマ・内容を厳選して構成された。

本シリーズによって、メカトロニクスの基本技術からメカトロニクス製品の実際問題まで、メカトロニクスの主要な部分はカバーされているものと確信している。なおメカトロニクスのベースになる機械工学の部分は、必要に応じて機械系大学講義シリーズ (コロナ社刊) などで補っていただければ、メカトロニクスエンジニアとして必要事項がすべて網羅されると思う。

メカトロニクスを基礎から学びたい電子機械・精密機械・機械関係の学生・技術者に、このシリーズをご愛読いただきたい。またメカトロニクスの教育に

ii 刊 行 の こ と ば

たずさわる人にも，このシリーズが参考になれば幸いである。

急速に発展をつづけているメカトロニクスの将来に対応して，このシリーズも発展させていきたいと考えている。各巻に関するご意見のほか，シリーズの構成に関してもご意見をお寄せいただくことをお願いしたい。

1992年7月

編集委員長 安 田 仁 彦

□□□□□□□□□□ 新版にあたって □□□□□□□□□□

本書の初版第1刷は1993年7月の発行であり、それから22年の歳月が経過した。その間多くの方々に本書をご利用いただき、内容の刷新への後押しとなった。今回の新版にあたっては、デジタルICの変遷とマイクロコンピュータの進歩を受けて見直しを行った。デジタルICはTTLからCMOSへと移行し、入手が困難な部品も出てきた。マイクロコンピュータも高性能で低価格なワンチップマイコンが出現し、初心者にも優しい利用環境が生まれてきている。このため、CMOSおよびFET（電界効果トランジスタ）に関する記述を増やし、ワンチップマイコン Arduino が利用できることに努めた。一方、改訂作業を行う過程で技術が進歩しても基礎的な事項は大きく変わらないことが確認できた。

本書の目的は電子部品の生きた使い方にある。新しい内容を追加し、必要と思われなくなった部分は削除した。その結果、ほとんど全編にわたって改訂を行ったが、最後の9章は割愛した。メカトロニクスに必要な電子回路を学ぼうとする人たちにとってこの新版が一層役立つことになれば幸いである。

2016年3月

西 堀 賢 司

# □□□□□□□□□□ ま え が き □□□□□□□□□□

メカトロニクス (mechatronics) は機械工学 (メカニクス : mechanics) と電子工学 (エレクトロニクス : electronics) の境界領域を扱う技術で、機械製品のエレクトロニクス化やコンピュータによる機械の知能 (インテリジェント : intelligent) 化、ロボットなどの制御技術に代表される。

集積回路 (IC) の出現により、現在では機械技術者が電気・電子工学に関する高度な知識と経験を必要としないで、高性能な電子装置を短期間に低価格で製作できる時代になった。またコンピュータの普及により、ハードウェアである機械にソフトウェアが組み込まれるようになったことは、機械技術者に大きな変革をもたらした。今後、機械系技術者がコンピュータを含めた電子技術を取り入れる必要性はますます増加するものと考えられる。

以上のような背景から、今日ではデジタル IC を中心とする集積回路を用いた電子装置の設計・製作、コンピュータを組み込んで機械を知能化するためのインタフェースの設計・製作などは、機械・電子機械関係の学生・技術者が修得しておくべき基礎技術となっている。

本書は、機械工学科の学生を対象に講義を行い、研究の過程で種々の回路を製作して得た経験を取り入れてまとめたものである。執筆にあたっては、特につぎの諸点に留意した。

- (1) 機械・電子機械系の学生・技術者がメカトロニクス回路を学ぶ上で必要不可欠と考えられる内容に重点を置いた。
- (2) 電子技術の基礎を実際に設計・製作する側にとって平易に解説した。
- (3) 断片的な電子部品の知識だけでは生きた使い方を学ぶことはできないので、各部品を組み合わせた実用的回路を多く取り上げ、実践的な技術を

体得できるようにした。

(4) 基礎的な理解を深めるため図や例題を多く取り入れ、演習問題を加えた。

本書は9章から構成されている。第1章では基本的な電子部品の基礎知識として、抵抗、コンデンサ、コイル、ダイオード、トランジスタの特性と使用法について概説している。

第2章ではデジタル回路における数の表現として、2進数、16進数、BCDコードについて述べた。第3章ではデジタル回路の基礎として、論理回路を理解する上で基本的なことがらを説明した。第4章ではデジタルICの基礎として、実際に多く使われているTTLとC-MOSに関する基礎知識について述べた。第5章ではデジタル回路の応用として、フリップフロップやカウンタ、デコーダなど実用的なICや回路について説明している。

第6章ではマイクロコンピュータの基礎知識として、マイコンの構成やバスの役割などについて述べた。第7章ではコンピュータと機械とのインタフェースとして、パラレル入出力インタフェースを中心に応用例を挙げて説明した。

第8章ではアナログICの基礎として、オペアンプの特性および使用法を述べた。第9章では回路の動作を確認する測定器として、テスタとオシロスコープの使い方を概説した。

本書をまとめるにあたって、多くの著書や資料を参考にさせていただいた。これらの著者に対し深く感謝の意を表します。また、本書の原稿に目を通していただき、有益なご指摘・ご助言を賜った大同工業大学の杉本利孝教授とトヨタ自動車(株)の黒須則明氏に心より感謝いたします。

最後に、本書を出版する機会を与えていただいた名古屋大学の安田仁彦教授、ならびに刊行にあたってご尽力いただいた(株)コロナ社の関係各位に厚くお礼申し上げます。

1993年4月

西 堀 賢 司

# 1 電子部品の基礎知識

1.1 抵 抗	1
1.1.1 抵抗の特性	1
1.1.2 抵抗器の種類	2
1.1.3 抵抗の機能	6
1.2 コ ン デ ン サ	8
1.2.1 コンデンサの特性	8
1.2.2 コンデンサの種類	10
1.2.3 コンデンサの機能	13
1.3 インダクタ (コイル)	14
1.4 ダイオード	16
1.4.1 一般ダイオード	17
1.4.2 ツェナーダイオード	19
1.4.3 発光ダイオード	20
1.5 トランジスタ	22
1.5.1 トランジスタの種類と回路記号	22
1.5.2 トランジスタの型名	23
1.5.3 トランジスタの基本特性	25
1.5.4 トランジスタの機能	28
1.6 FET (電界効果トランジスタ)	30
1.6.1 接合形 FET	31
1.6.2 MOS 形 FET	32
演習問題	35

## 2 デジタル回路における数の表現

2.1 10進数と2進数	36
2.1.1 数の表現と10進数	36
2.1.2 2進数	36
2.2 16進数	38
2.2.1 2進数から16進数へ	38
2.2.2 16進数の長所	38
2.2.3 10進数との変換	39
2.3 BCDコード(2進化10進数)	40
2.3.1 10進数とBCDコード	40
2.3.2 BCDコードの特徴	41
演習問題	41

## 3 デジタル回路の基礎

3.1 論理レベルと電圧	42
3.2 基本ゲート回路	43
3.2.1 AND, OR, NOT回路	43
3.2.2 タイムチャート	44
3.3 MIL記号	45
3.3.1 MIL記号の基本	45
3.3.2 正論理と負論理	46
3.4 NANDとNORゲート	47
3.4.1 NANDゲート	47
3.4.2 NORゲート	48
3.4.3 論理記号の変換	48
3.4.4 NANDゲートと負論理	49

3.5 NAND ゲートによる等価回路	50
3.6 ExOR と ExNOR ゲート	51
演習問題	53

## 4 デジタル IC の基礎

4.1 デジタル IC の種類	54
4.2 電源とグラウンド	55
4.2.1 電 源	55
4.2.2 グラウンド	56
4.3 TTL の 基 礎	58
4.3.1 TTL の種類と型名	58
4.3.2 TTL の動作原理と使用法	59
4.3.3 TTL レベルとノイズマージン	61
4.3.4 TTL の入出力電流	63
4.3.5 ファンアウト	65
4.3.6 バ ッ フ ァ	66
4.4 CMOS IC	67
4.4.1 CMOS の種類	68
4.4.2 CMOS の動作原理と使用法	69
4.4.3 CMOS レベル	71
4.4.4 CMOS の入出力電流	72
4.4.5 プルアップとプルダウン	72
4.4.6 入力レベルの変換	75
4.5 CMOS と TTL のインタフェース	75
4.5.1 TTL による CMOS の駆動	76
4.5.2 CMOS による TTL の駆動	77
4.6 ゲート IC の特殊機能	78
4.6.1 オープンコレクタ・ドレイン出力	78

4.6.2 スリーステート出力	82
4.6.3 シュミットトリガ	84
演習問題	87

## 5 デジタル回路の応用

5.1 フリップフロップ (FF)	89
5.1.1 RS フリップフロップ (RS-FF)	89
5.1.2 D フリップフロップ (D-FF)	92
5.1.3 JK フリップフロップ (JK-FF)	96
5.1.4 フリップフロップの変換	98
5.2 レジスタ	99
5.2.1 ラッチ	99
5.2.2 シフトレジスタ	101
5.3 カウンタ	104
5.3.1 バイナリカウンタ	104
5.3.2 10進カウンタ	109
5.3.3 周波数の分周機能	112
5.3.4 イニシャルリセット信号	113
5.4 数字表示回路	114
5.4.1 7セグメント LED 表示器	114
5.4.2 7セグメントデコーダ/ドライバ	115
5.4.3 スタティックドライブ表示	117
5.4.4 ダイナミックドライブ表示	120
5.5 エンコーダとデコーダ	123
5.5.1 エンコーダ	123
5.5.2 デコーダ	127
5.6 マルチプレクサ	129
5.6.1 マルチプレクサの機能	129

5.6.2	マルチプレクサ IC	130
5.7	アナログスイッチ	130
5.7.1	アナログスイッチの特徴	130
5.7.2	アナログスイッチ IC	131
5.8	マルチバイブレータ	133
5.8.1	非安定マルチバイブレータ	133
5.8.2	単安定マルチバイブレータ	134
	演習問題	138

## 6 マイクロコンピュータの基礎

6.1	マイコンの構成	140
6.1.1	基本構成	140
6.1.2	バスの役割	141
6.1.3	C P U	142
6.2	メモリー	143
6.2.1	メモリの種類	143
6.2.2	メモリ容量	144
6.2.3	メモリマップ	145
6.3	入出力ポート	147
6.3.1	I/Oポートのアドレス空間	147
6.3.2	パラレル入出力	148
6.3.3	シリアル入出力	149
	演習問題	151

## 7 コンピュータと機械とのインタフェース

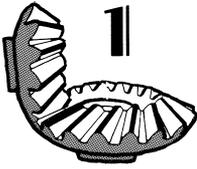
7.1	マイコン入出力	152
7.1.1	ワンボードマイコン Arduino	153

7.1.2	Arduino の入出力ピンと操作プログラム	155
7.1.3	オープンドレイン出力と内蔵プルアップ	156
7.1.4	LED の点灯回路	156
7.1.5	リレーの駆動	158
7.1.6	アナログ入出力	159
7.2	スイッチ入力	161
7.2.1	プルアップとプルダウン	161
7.2.2	チャタリング防止	162
7.3	ステッピングモータの駆動	163
7.3.1	ステッピングモータの特徴	163
7.3.2	駆動原理と励磁方式	164
7.3.3	ステッピングモータの駆動回路	166
7.3.4	プログラムによる駆動	167
7.4	DC モータの PWM 制御	168
7.4.1	DC モータの等価回路	168
7.4.2	PWM 方式による駆動	168
7.4.3	コンピュータによる DC モータの制御	169
7.4.4	Hブリッジ回路による正逆転 PWM 制御	170
7.5	ホトカプラとホトインタラプタ	173
7.5.1	ホトカプラ	173
7.5.2	ホトインタラプタ	174
	演習問題	177

## 8 アナログ IC の基礎

8.1	オペアンプの概要	178
8.1.1	オペアンプとは	178
8.1.2	オペアンプの基本特性	180
8.2	オペアンプによる増幅回路	181

8.2.1	反転増幅回路	181
8.2.2	非反転増幅回路	184
8.2.3	差動増幅回路	185
8.2.4	ボルテージホロア	187
8.2.5	オフセット調整	187
8.3	オペアンプによる演算回路	188
8.3.1	コンパレータ	188
8.3.2	加算回路	190
8.3.3	電流-電圧変換	190
	演習問題	191
	<b>引用・参考文献</b>	192
	<b>演習問題の解答</b>	194
	<b>索引</b>	202



# 電子部品の基礎知識

基本的な電子部品としてエネルギー源をもたない抵抗，コンデンサ，インダクタ（コイル）は受動素子と呼ばれ，半導体のダイオードやトランジスタは能動素子と呼ばれる。これらの電子部品はアナログ回路，デジタル回路ともになくってはならないものであり，集積度を増したマイクロコンピュータの周辺回路においても使用されるため，それぞれの特性と使用方法に関する基礎知識を得ておく必要がある。

## 1.1 抵抗

**抵抗**（resistance）は電流の流れを制限するものである。抵抗を得るため使用する部品は特に**抵抗器**（resistor）と呼ばれる。

### 1.1.1 抵抗の特性

#### [1] オームの法則

図 1.1 のように抵抗  $R$  [Ω] に電圧  $V$  [V] を加えると， $R$  に流れる電流  $I$  [A] は，よく知られた**オームの法則**（Ohm's law）により次式で与えられる。

$$I = \frac{V}{R} \quad (1.1)$$

このとき抵抗器で消費される電力  $P$  [W] は次式で求められる。

$$P = IV = I^2 R \quad (1.2)$$

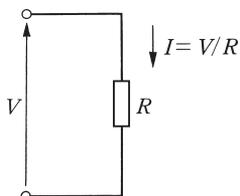


図 1.1 オームの法則

**例題 1.1** 抵抗  $R=100\Omega$  に電圧  $V=5V$  を加えたとき、流れる電流  $I$  と消費電力  $P$  を求めよ。

**解答** 流れる電流は  $I=V/R=5/100=0.05\text{ A}$  ( $=50\text{ mA}$ ) であり、消費電力は  $P=IV=0.05\times 5=0.25\text{ W}$  ( $=1/4\text{ W}$ ) となる。

## [2] 交流に対する特性

図 1.2 のように交流電圧  $v(t)=V \sin \omega t$  が抵抗  $R$  に印加されると、抵抗を流れる電流  $i(t)$  は次式で表される。

$$i(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{V}{R} \sin \omega t \quad (1.3)$$

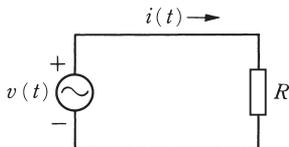


図 1.2 交流回路における抵抗

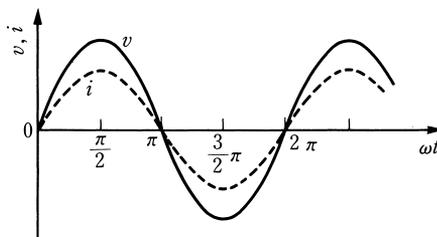


図 1.3 抵抗における交流電圧と電流の位相関係

純抵抗を流れる電流  $i(t)$  と電圧  $v(t)$  の時間的な関係は図 1.3 のようになる。すなわち、両者に**位相** (phase) の差はなく、**同相** (inphase) であるという。この性質を利用して、回路の電流の位相を抵抗の端子間電圧から調べることができる。

### 1.1.2 抵抗器の種類

電子回路に使用される抵抗器は、大別して**固定抵抗器** (fixed resistor) と**可変抵抗器** (variable resistor) であり、回路図における記号は図 1.4 のように

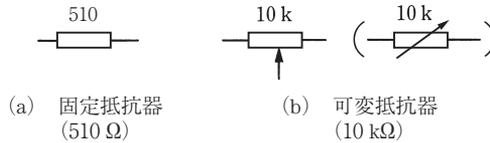


図 1.4 抵抗器の記号

書かれる。図(a)は固定抵抗器，図(b)は可変抵抗器を示す。回路図では通常  $\Omega$ （オーム）の単位を省くことが多い。

### [1] 固定抵抗器とカラーコード

**炭素皮膜抵抗器**（carbon film resistor）はカーボン抵抗器ともいわれ，価格，性能面から一般用抵抗器の主流となっている。**炭素体抵抗器**（carbon solid resistor）は一般にソリッド抵抗器と呼ばれ，炭素粉と樹脂を混ぜて成形したもので，苛酷な条件下の使用にも強いが，特性は炭素皮膜抵抗器よりやや劣る。**金属皮膜抵抗器**（metal film resistor）は温度による抵抗値変化が少なく，高精度を要求される回路に使われる。

電子回路でよく用いられる抵抗器は  $1/4\text{ W}$ （または  $1/2\text{ W}$ ）の炭素皮膜抵抗器であり，胴体に抵抗値が**カラーコード**（color code）で表示されている。このため抵抗を使いこなすには，ぜひともカラーコードを覚えておく必要がある。カラーコードの見方を表 1.1 に示す。有効数字と乗数を読みとれば抵抗値がわかる。通常使われる抵抗器はカラー帯が 4 本で，**許容差**（tolerance：精度）が  $\pm 5\%$  のものが多い。特に精度を要する場合は，金属皮膜型の精度が  $\pm 1\%$  のものが使われる。この場合はカラー帯は 5 本であり，4 本のものより有効数字が 1 つ増す。

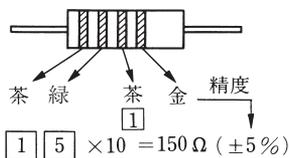
**例題 1.2** 図 1.5 に示す抵抗器のカラーコードから抵抗値を読みとれ。

**解答** 図(a)はカラー帯が 4 本で，第 1，第 2 色帯から有効数字は 15 で乗数  $N=1$  であるから抵抗値は  $15 \times 10^1 = 150\ \Omega$ （精度  $\pm 5\%$ ）である。図(b)はカラー帯が 5 本で，抵抗値は  $470 \times 10^2 = 47\ \text{k}\Omega$ （精度  $\pm 1\%$ ）である。

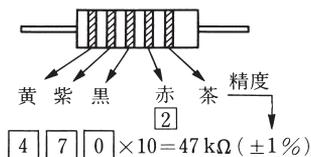
抵抗値をカラーコードではなく，3桁の数字で表示したものもある。例えば“502 J”と書かれたものは，数字 502 が  $50 \times 10^2 = 5\ \text{k}\Omega$  を示し，記号 J は精度

表 1.1 抵抗のカラーコード<sup>†</sup>

色	有効数字	乗数	許容差(%)
黒	0		
茶	1		(±1)
赤	2		
だいたい	3		
黄	4		
緑	5		
青	6		
紫	7		
灰	8		
白	9		
金		-1	±5
銀		-2	±10
無			±20



(a) 一般的な抵抗  
(カラー帯が4本)



(b) 高精度抵抗  
(カラー帯が5本)

図 1.5 抵抗カラーコードの例

が ±5 %であることを表す。

一般に入手しやすい抵抗値は表 1.2 に示す E24 系列と呼ばれるもので、有効数字は許容差を考慮して等比級数的になっている。

表 1.2 抵抗値の種類

系 列	抵抗値 (×10 <sup>N</sup> Ω)						許容差
E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	±20%
E12	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	±10%
	1.2	1.8	2.7	3.9	5.6	8.2	
E24	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	±5%
	1.1	1.6	2.4	3.6	5.1	7.5	
	1.2	1.8	2.7	3.9	5.6	8.2	
	1.3	2.0	3.0	4.3	6.2	9.1	

<sup>†</sup> 暗記法の一例として「黒い礼服、茶の一杯、赤いニンジン、第三者、岸、みどり児(ご)、青虫、紫式部、ハイヤー、ホワイトクリスマス」。

[2] 抵抗ネットワーク

1つのパッケージに複数の抵抗体を内蔵し、ICピッチの端子をもつ部品は**抵抗ネットワーク** (network resistor) または**集合抵抗**と呼ばれ、くし形のSIP (single in-line package) 形とICタイプのDIP (dual in-line package) 形がある。

図1.6に抵抗ネットワークの例とその内部構造を示す。これらはプリント基板に実装しやすく、複数個の抵抗の特性をそろえたいときに利用される。これらの抵抗値はカラーコードではなく、3桁の数字で表示される。例えば“332 J”は、1つの抵抗値が $33 \times 10^2 = 3.3 \text{ k}\Omega$  (精度  $\pm 5\%$ ) を表す。またコモン (共通) 端子はチップの表面に印が付けられる。

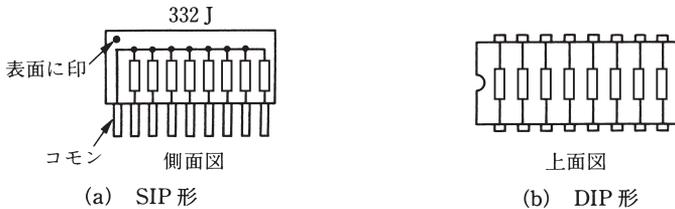


図1.6 抵抗ネットワークの例と内部構造

[3] 可変抵抗器

図1.7に代表的な3端子形の可変抵抗器<sup>†</sup>を示す。端子1, 3間の抵抗値が呼称値である。シャフトを時計回り (CW: clock wise) に回転させると、端子1, 2間の抵抗値が $0 \Omega$ から規定の値まで連続的に可変となる。回転角に対する抵抗値の変化が直線的であり、10回転や20回転の多回転形でバーニアダイヤルを有するものもある。次項で述べるように電圧を分圧する目的で使われ

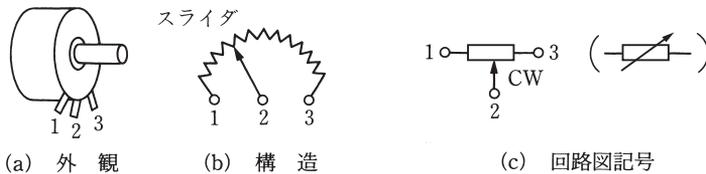


図1.7 可変抵抗器

<sup>†</sup> 俗にボリューム (volume) とも呼ばれる。

<b>【あ】</b>	インタクダンス	14	逆起電力	15, 80, 159
アウトプットイネーブル	インタフェース	75, 152	極性	11
	インバータ	44	許容差	3
			金属皮膜抵抗器	3
	<b>【え】</b>		<b>【く】</b>	
アクチュエータ	エッジトリガ動作	94	クリア入力	92
アクティブ	エミッタ	22	クリップ	20
アクティブロウ	エミッタ接地	28	クロックインヒビット	103
アスキーコード	エンコーダ	124		
アップエッジトリガ	エンコード	124	<b>【け】</b>	
アップカウンタ	演算増幅器	178	ゲイン	185
アドレス	エンハンスメント形	32	ゲート	31
アドレス空間			ゲート回路	44
アドレスデコーダ	<b>【お】</b>		ゲート電圧	31
アドレスバス	オフセット調整	187		
アナログ回路	オフセット電圧	187	<b>【こ】</b>	
アナログスイッチ	オープンコレクタ・		コイル	14
アナログマルチプレクサ	ドレイン出力	78	合成抵抗	6
	オープンドレイン出力	79, 156	合成容量	8
アノード	オペアンブ	178	高速 CMOS	55, 68
アノードコモン形	オームの法則	1	光電変換	173
アルミ電界コンデンデンサ	重み	36	降伏電圧	20
	オン抵抗	131	固定抵抗器	3
			コード化	124
<b>【い】</b>	<b>【か】</b>		コレクタ	22
位相	カウンタ	104	コレクタ・エミッタ飽和	
1K バイト	加算回路	190	電圧	26
1K ビット	カスケード接続	112	コレクタ電流	28
一時記憶	仮想接地	182	コレクタ飽和電流	26
1 相励磁方式	カソード	17	コンデンサ	8
1-2 相励磁方式	カソードコモン形	114	コントロールバス	141
一致回路	可変抵抗器	5	コンバータ	188
1 点アース	カラーコード	3		
1 点グラウンド	慣用方式	46	<b>【さ】</b>	
イニシャライズ			最下位ビット	37
イニシャルリセットパルス	<b>【き】</b>		最上位ビット	37
	基数	36	最大定格	27, 62
イマジナルショート				
インダクタ				

再トリガ機能	135
雑音余裕度	63
差動増幅回路	185
<b>【し】</b>	
しきい値電圧	18
実効値	10
時定数	13
シフトレジスタ	99, 101
時分割	84, 120
遮断状態	25
遮断領域	26
集合抵抗	5
集積回路	54
周波数カウンタ	120
16進数	38
10進カウンタ	109
10進数	36
シュミット回路	86
シュミットトリガ	84
順方向電圧	17
順方向電流	17
シリアル転送	149
シリアル入出力	148
シンク電流	64
真理値表	43
<b>【す】</b>	
吸込み電流	64
スイッチング作用	29
スイッチング素子	29
スキャン発振回路	121
スタティックRAM	144
スタティックドライブ	118
スチロールコンデンサ	11
ステッピングモータ	163
ステップモータ	163
スリーステート出力	82
3ステートバッファ	82
スレッシュホールド電圧	17, 61
<b>【せ】</b>	
正逆転PWM制御	170
静電防止	70
静電容量	8
静特性	25

整流回路	18
整流作用	17
整流ブリッジ	19
正論理	43, 46
絶縁	173
接合型FET	31
接地	56
セット入力	89
セラミックコンデンサ	11
線形	178
全二重モード	149
全波整流	19
<b>【そ】</b>	
増幅作用	28
双方向	142
ソース	31
ソース電流	64
<b>【た】</b>	
耐圧	11
ダイオード	16
ダイナミックRAM	144
ダイナミックドライブ	120
タイムチャート	44
ダウンエッジトリガ	94
ダウンカウンタ	108
立上り	13
立下り	13
ダーリントン接続	29
ダーリントントランジスタ	
アレイ	158
単安定マルチバイブレータ	134
炭素被膜抵抗器	3
タンタル	11
ダンピング抵抗	34
単方向バス	141
<b>【ち】</b>	
チップセレクト	145
チャタリング	91
チャタリング防止	91, 162
チャネル	30
直列-並列変換	101
直列入力・並列出力	102

<b>【つ】</b>	
ツイストペア線	174
ツェナー降伏	20
ツェナーダイオード	19
ツェナー電圧	20
<b>【て】</b>	
ディケードカウンタ	109
抵抗	1
抵抗器	1
抵抗ネットワーク	5
デジタルIC	54
定電圧ダイオード	19
定電圧電源	56
デコーダ	115, 127
デコード	127
デシベル	185
データセレクト	129
データバス	141
デプリーション形	32
デマルチプレクサ	129
デューティサイクル	134
デューティ比	134
電圧増幅度	184
電圧ホロア	187
電圧利得	185
電荷	8
電界効果トランジスタ	30
電界コンデンサ	11
電気的特性	61
電流制限抵抗	21, 67
電流増幅率	28
電流-電圧変換	190
<b>【と】</b>	
等価回路	181
同期カウンタ	107
同期式フリップフロップ	95
動作点	22
同相	2
トータムボール形出力	64
ド・モルガンの定理	49
トリステート出力	82
ドライバ	66, 79
トランジスタ	22

- |              |             |              |        |                    |          |
|--------------|-------------|--------------|--------|--------------------|----------|
| トリガ信号        | 134         | パルス幅変調       | 160    | プルダウン抵抗            | 74       |
| トリマ          | 6           | パルスモータ       | 163    | 負論理                | 43, 46   |
| ドレイン         | 31          | パワートランジスタ    | 24     | 分圧                 | 7        |
| ドレイン電流       | 31          | 半固定抵抗器       | 6      | 分周器                | 112      |
| <b>【な】</b>   |             | 番地           | 141    | <b>【へ, ほ】</b>      |          |
| 内蔵プルアップ抵抗    | 156         | 反転増幅回路       | 181    | ベース                | 22       |
| 7セグメントLED表示器 | 114         | 反転入力         | 179    | ベース・エミッタ飽和電圧       | 26       |
| 74 AC シリーズ   | 68          | 半導体          | 16     | ベース電流              | 28       |
| 74 HC シリーズ   | 55, 68      | 半導体スイッチ      | 130    | 飽和状態               | 26       |
| 74 シリーズ      | 55, 58      | 半二重モード       | 149    | 飽和領域               | 26       |
|              |             | 汎用ロジック IC    | 68     | ポテンショメータ           | 6        |
| <b>【に】</b>   |             | <b>【ひ】</b>   |        | ホトインタラプタ           | 174      |
| 2進化10進数      | 40          | 非安定マルチバイブレータ | 133    | ホトカブラ              | 173      |
| 2進数          | 36          | 比較器          | 188    | ポート操作              | 155      |
| 2相励磁方式       | 164         | ヒステリシス       | 85     | ホトダーリントントランジスタ     | 175      |
| 入出力ポート       | 141, 147    | ビット          | 37     | ホトトランジスタ           | 173      |
| 入力インピーダンス    | 180         | ビット数         | 144    | ポートレジスタ            | 156      |
| <b>【の】</b>   |             | 否定           | 43     | ボルテージホロア           | 187      |
| ノイズマージン      | 63          | 非同期カウンタ      | 106    | ボーレート              | 150      |
| 能動           | 46          | 非能動          | 46     | <b>【ま】</b>         |          |
| 能動領域         | 27          | 非反転増幅回路      | 184    | マイクロコンピュータ         | 140, 152 |
| <b>【は】</b>   |             | 非反転入力        | 179    | マイクロプロセッサ          | 142      |
| バイアス         | 28          | ピン           | 59     | マイコン               | 140, 152 |
| ハイインピーダンス    | 82          | ピンコンパチブル     | 68     | マイラコンデンサ           | 11       |
| 排他的論理和       | 51          | <b>【ふ】</b>   |        | マスクROM             | 143      |
| バイト          | 39, 144     | ファミリ         | 61     | マルチエミッタトランジスタ      | 60       |
| バイナリカウンタ     | 104         | ファンアウト       | 65, 77 | マルチバイブレータ          | 133      |
| バイパスコンデンサ    | 14, 57      | ファンイン        | 65     | マルチプレクサ            | 121, 129 |
| バイポーラ・トランジスタ | 22          | フィードバック抵抗    | 181    | <b>【め】</b>         |          |
| 吐出し電流        | 64          | フィルムコンデンサ    | 11     | メモリ                | 141      |
| 波形整形回路       | 84          | 負荷線          | 21, 26 | メモリ空間              | 146      |
| ハザード         | 107         | 負帰還          | 181    | メモリのアドレス空間         | 146      |
| バス           | 141         | 符号化          | 123    | メモリマップ             | 146      |
| バスバッファ       | 84          | プライオリティ      | 125    | <b>【ゆ, よ】</b>      |          |
| バスライン        | 84, 141     | ブラックボックス     | 129    | 誘導リアクタンス           | 16       |
| 発光ダイオード      | 20          | プリセット入力      | 92     | 容量リアクタンス           | 10       |
| 8進カウンタ       | 105         | ブリッジ接続       | 18     | 4000 B/4500 B シリーズ | 55, 68   |
| バッファ         | 45, 66, 187 | フリップフロップ     | 89     |                    |          |
| ハーフステップ      | 164         | プルアップ        | 72, 79 |                    |          |
| パラレル入出力      | 148         | プルアップ抵抗      | 73, 76 |                    |          |
| パルスエッジの検出    | 95          | プルアップレベル変換   | 79     |                    |          |
|              |             | プール代数        | 43     |                    |          |
|              |             | プルダウン        | 74     |                    |          |

<p><b>【ら】</b></p> <p>ラッチ 99 ラッチ IC 100</p> <p><b>【り】</b></p> <p>リセット入力 89 利得 185 リニア IC 178 リプルカウンタ 106 リフレッシュ 144</p>	<p><b>【れ】</b></p> <p>レジスタ 99 レベル動作 94 レベル変換 79</p> <p><b>【ろ】</b></p> <p>ロジック回路 42 ロータリエンコーダ 176 ロードファクタ 65 ローパスフィルタ 14 論理回路 42</p>	<p>論理式 43 論理積 43 論理表 43 論理レベル 42 論理和 43</p> <p><b>【わ】</b></p> <p>ワイヤード OR 80 ワイヤード接続 80 ワンショットマルチバイブ レータ 134</p>
--	--	--

<p><b>【アルファベット】</b></p> <p>A-D コンバータ 159 A-D 変換 159 AND 43 Arduino 153 ASCII 150 ATmega 328P 154 BCD エンコーダ 124 BCD カウンタ 110 BCD コード 40, 110 CMOS 54, 67 CMOS レベル 71 CPU 141 CTR 173 D-A コンバータ 160 D-A 変換 160 DC モータ 168 DIP 形 5, 59 DIP スイッチ 81 D フリップフロップ (D-FF) 92 D ラッチ 99 E24 系列 4 EEP-ROM 144 EP-ROM 143 ExNOR ゲート 52 ExOR ゲート 51</p>	<p>FET 30 GND 55 HC シリーズ 59 H ブリッジ回路 170 H レベル 42 IC 54 I/O 空間 147 I/O ポート 141, 147 I/O ポートのアドレス空間 147 I/O マップト I/O 148 JIS コード 150 JK フリップフロップ (JK-FF) 96 LED 20, 173 LED 桁ドライバ 122 LSB 37 LSI 129 LS-TTL 59 LS シリーズ 59 L レベル 42 MIL 記号 45 MIL 方式 46 MOS 30 MOS FET 32 MSB 37 MSI 129 NAND 47</p>	<p>NAND ゲート 50 nMOS 32 NOR 47 NOT 43 npn 形トランジスタ 22 n チャネル形 30 OP アンプ 178 OR 43 pMOS 32 pnp 形トランジスタ 22 PWM 方式 160 p チャネル形 30 RAM 144 RC 積分回路 13 ROM 143 ROM ライタ 144 RS-232C 149 RS フリップフロップ 89 SIP 形 5 SSI 129 TTL コンパチブル 63 TTL レベル 61 T フリップフロップ (T-FF) 98 USART 149 UVEP-ROM 143</p>
--	--	---

— 著者略歴 —

1970年 名古屋大学工学部機械工学科卒業  
1972年 名古屋大学大学院修士課程修了（機械工学専攻）  
1972年～78年 トヨタ自動車株式会社勤務  
1978年 名古屋大学助手  
1984年 工学博士（名古屋大学）  
1987年 名古屋大学講師  
1988年 大同工業大学（現 大同大学）助教授  
1993年 大同工業大学（現 大同大学）教授  
（1996年～1997年 米国マサチューセッツ工科大学(MIT)客員教授）  
2013年 大同大学名誉教授  
2013年 公益財団法人名古屋産業科学研究所 上席研究員  
現在に至る  
（2013年～2015年 大同大学特任教授）

新版 メカトロニクスのための電子回路基礎

Fundamentals of Electronic Circuits for Mechatronics (New Edition)

© Kenji Nishibori 1993, 2016

1993年 7月 20日 初版第1刷発行  
2015年 3月 15日 初版第24刷発行  
2016年 5月 6日 新版第1刷発行

検印省略

著者 西堀賢司  
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 978-4-339-04408-9

(森岡)

(製本：複製本印刷)

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