

まえがき

エレクトロニクスはめざましい速度で発展し、産業分野のみでなく、われわれの日常生活のあらゆる場面に浸透している。電気系以外の工学分野でも電気回路や電子回路の基礎知識が不可欠となり、各種応用分野において共通に用いられる汎用的な技術となっている。したがって、電気回路や電子回路は重要な工学基礎科目の一つとして位置付けられる。

エレクトロニクスの基礎教育において、広範な知識情報をわずかな期間で修得することはきわめて困難である。本書は、電気回路や電子回路を初めて学ぶ方々を想定し、電気回路の基礎からアナログ回路およびデジタル回路の設計技術までを一つにまとめて、電気電子回路とした。効率良く学習できるように構成を考慮し、「直流回路」、「交流回路」、「半導体素子の基礎」、「アナログ電子回路」、「デジタル電子回路」、「コンピュータと機械のインタフェース回路」の6章からなる構成とし、つぎのような点に心掛けて記述した。

- (1) 電気工学や電子工学を学んだことのない方々にも理解できるように、予備知識を加え、思考の手順をできるだけ重視する。
- (2) 回路動作を容易に把握できるように、段階的に回路動作を分けて図面を多用する。
- (3) 工学的意義が具体的に理解できるように、学問的体系より実用的体系を重視する。
- (4) アナログ回路およびデジタル回路の実際の設計に対応できるように、回路構成要素および半導体素子の基礎を詳述する。

今日、半導体集積回路技術の著しい発展により、複雑で高度な電子回路が高集積されたLSIデバイスとして入手可能となった。特にマイクロプロセッサで代表されるデジタル回路システムが、内部の電子回路の知識がなくても、ブ

ラックボックスとして容易に利用できる時代となった。これらの LSI デバイスの内部の電子回路の基礎を理解することによって、LSI デバイスの持つ機能や性能を最大限活用することができると思う。このような観点で本書が利用されることを希望している。

本書は 1 章, 2 章を田中が, 3 章, 4 章を杉山が, 5 章, 6 章を小西がそれぞれ分担して執筆した。本書を執筆するにあたり, 初学者の学習に少しでも役に立ちたいと念願し, できるだけ平易に基礎技術が理解でき, 応用能力を養うことができるように配慮した。しかしながら, 頁数の都合もあり, 説明不足などところがあることをご容赦いただきたい。

2013 年 11 月

著 者

目 次

1. 直 流 回 路

| | | |
|-------|-----------------|----|
| 1.1 | オームの法則 | 1 |
| 1.2 | キルヒホッフの法則 | 3 |
| 1.2.1 | キルヒホッフの電流の法則 | 3 |
| 1.2.2 | キルヒホッフの電圧の法則 | 3 |
| 1.3 | 抵抗の直列接続と並列接続 | 5 |
| 1.4 | 抵抗による電圧の配分 | 7 |
| 1.5 | 電圧源と電流源 | 8 |
| 1.6 | 重ね合わせの理 | 10 |
| 1.7 | テブナンの定理とノートンの定理 | 11 |
| 1.8 | 電力と電力量 | 14 |
| | 章 末 問 題 | 15 |

2. 交 流 回 路

| | | |
|-------|-----------------|----|
| 2.1 | 正 弦 波 交 流 | 17 |
| 2.1.1 | 正弦波交流の表し方 | 17 |
| 2.1.2 | 正弦波交流の実効値 | 19 |
| 2.1.3 | 信 号 波 形 | 21 |
| 2.2 | インダクタンスとキャパシタンス | 23 |

| | |
|----------------------|----|
| 2.3 交流回路の解析 | 26 |
| 2.3.1 複素数とベクトル | 26 |
| 2.3.2 正弦波交流のベクトル表示 | 27 |
| 2.3.3 ベクトル記号法による回路解析 | 30 |
| 2.4 共振回路 | 39 |
| 2.4.1 直列共振回路と並列共振回路 | 39 |
| 2.4.2 損失を含む共振回路 | 41 |
| 2.4.3 共振回路の Q | 42 |
| 2.5 ブリッジ回路 | 44 |
| 章 末 問 題 | 46 |

3. 半導体素子の基礎

| | |
|----------------------------|----|
| 3.1 半導体の性質 | 49 |
| 3.2 ダイオード | 50 |
| 3.2.1 pn 接合とダイオード | 50 |
| 3.2.2 ダイオードの整流回路 | 54 |
| 3.2.3 いろいろなダイオード | 56 |
| 3.3 バイポーラトランジスタ | 60 |
| 3.3.1 バイポーラトランジスタの構造と動作原理 | 60 |
| 3.3.2 バイポーラトランジスタの特性 | 62 |
| 3.3.3 バイポーラトランジスタによる基本増幅回路 | 65 |
| 3.4 電界効果トランジスタ | 67 |
| 3.4.1 電界効果トランジスタの構造と動作原理 | 67 |
| 3.4.2 FET の基本増幅回路 | 72 |
| 章 末 問 題 | 75 |

4. アナログ電子回路

| | |
|----------------------------|-----|
| 4.1 電子回路の基礎概念 | 76 |
| 4.1.1 増幅器の動作量 | 76 |
| 4.1.2 デシベル | 77 |
| 4.1.3 フィードバック | 78 |
| 4.1.4 等価回路 | 80 |
| 4.1.5 発振回路 | 86 |
| 4.1.6 周波数特性 | 92 |
| 4.2 オペアンプ回路 | 97 |
| 4.2.1 オペアンプの原理 | 97 |
| 4.2.2 ICオペアンプ | 98 |
| 4.2.3 反転増幅回路と非反転増幅回路 | 101 |
| 4.2.4 加算器 | 103 |
| 4.2.5 減算器(差動増幅回路) | 104 |
| 4.2.6 計装増幅器 | 105 |
| 4.2.7 積分回路と微分回路 | 106 |
| 4.2.8 シュミットトリガ回路(ヒステリシス回路) | 108 |
| 4.2.9 オペアンプを用いた発振回路 | 110 |
| 章末問題 | 115 |

5. デジタル電子回路

| | |
|-------------------------------|-----|
| 5.1 デジタル電子回路によるシステム：コンピュータの構成 | 117 |
| 5.2 半導体スイッチ素子 | 118 |
| 5.2.1 ダイオードの整流作用とスイッチング機能 | 120 |

| | | |
|-------|----------------------|-----|
| 5.2.2 | トランジスタの増幅機能とスイッチング機能 | 121 |
| 5.3 | 半導体論理回路 | 123 |
| 5.3.1 | 半導体論理回路の種類 | 123 |
| 5.3.2 | 論理回路構成設計上の課題：ファンアウト | 130 |
| 5.4 | 演算回路 | 131 |
| 5.4.1 | 論理からの論理回路の構成 | 131 |
| 5.4.2 | 反一致回路と一致回路 | 132 |
| 5.4.3 | 半加算器と全加算器 | 133 |
| 5.4.4 | 減算器 | 136 |
| 5.4.5 | 加算器と減算器の一体化 | 137 |
| 5.5 | 記憶回路 | 138 |
| 5.5.1 | フリップフロップの実現 | 138 |
| 5.5.2 | RS フリップフロップ | 139 |
| 5.5.3 | RST フリップフロップ | 141 |
| 5.5.4 | JK フリップフロップ | 142 |
| 5.5.5 | D フリップフロップ | 143 |
| 5.5.6 | エッジトリガ型 D フリップフロップ | 144 |
| 5.5.7 | レジスタ | 145 |
| 5.6 | 計数回路 | 146 |
| 5.6.1 | 2進カウンタ | 146 |
| 5.6.2 | 10進カウンタ | 148 |
| 5.7 | コンピュータの構成 | 149 |
| | 章末問題 | 150 |

6. コンピュータと機械のインタフェース回路

| | |
|----------------------------------|-----|
| 6.1 デジタル回路とアナログ回路のインタフェース | 152 |
| 6.2 信号変換回路 | 153 |
| 6.2.1 比較回路 | 153 |
| 6.2.2 A-D変換回路 | 154 |
| 6.2.3 D-A変換回路 | 156 |
| 6.2.4 モータのフィードバック制御におけるインタフェース機能 | 158 |
| 章末問題 | 159 |
| 引用・参考文献 | 160 |
| 章末問題解答 | 161 |
| 索引 | 175 |



電気回路を学ぶにあたり、まずは電圧や電流の大きさと方向が時間によって変化しない**直流** (direct current, DC) の回路から始めることにしよう。ここでは、電気回路の基本法則であるオームの法則やキルヒホッフの法則、回路の解析に役立つ重ね合わせの理、テブナンの定理などについて学ぶ。これらの法則や定理は、2章以下で扱う交流回路やアナログ回路の基礎になる。

1.1 オームの法則

直流電源の端子間に**抵抗器** (resistor) を接続すると、抵抗器に電流が流れる。これを回路図で表すと、**図 1.1** のようになる。これは直流回路の最も簡単な例である。電源は**起電力** (electromotive force) を持ち、端子間に電圧を生成する。抵抗器は電流の流れを妨げる回路素子で、その回路上の機能を**抵抗** (resistance) という。また、抵抗器も単に抵抗ということが多い。

抵抗器の両端にかかる電圧を V 、抵抗器に流れる電流を I とすると、一般に

$$V = RI \tag{1.1}$$

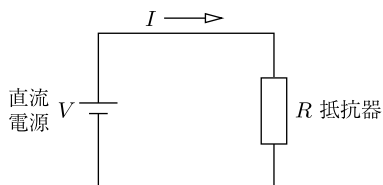


図 1.1 直流回路の最も簡単な例

の関係が成り立つ。これを**オームの法則** (Ohm's law) という。 R は比例係数で、抵抗の大きさを表す。

また、**図 1.2** に示すように、オームの法則は電流 I が流れると抵抗の両端に電位差 V が生じることを表している。抵抗に電流が流れ込む側 (図の + 側) よりも流れ出る側 (図の - 側) のほうの電位が低くなるので、この電位差を抵抗による**電圧降下**ともいう。図 1.1 で、電源と抵抗器を結ぶ線は抵抗がゼロの理想的な導体を表していて電圧降下がなく、電源の電圧 V が直接抵抗器の両端に加わる。

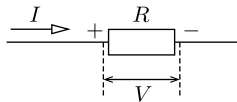


図 1.2 電流と電位差

電圧 (または電位) の単位は V (ボルト, volt), 電流の単位は A (アンペア, ampere), 抵抗の単位は Ω (オーム, ohm) である。抵抗の逆数

$$G = \frac{1}{R} \quad (1.2)$$

を**コンダクタンス** (conductance) と呼び、単位は S (ジーメンズ, siemens) である。コンダクタンス G を用いると、オームの法則は

$$I = GV \quad (1.3)$$

と表される。

式 (1.1) において、抵抗の値 R がこれに加わる電圧 V やこれに流れる電流 I によって変化しない場合、電圧と電流は比例関係で表される。このような回路素子を**線形素子** (linear element) と呼び、線形素子を扱う回路を**線形回路** (linear circuit) という。本章と次章で出てくる抵抗、コイル、コンデンサなどは線形素子として扱う。これに対して、3章で出てくるダイオードは電圧と電流が比例関係で表されないので**非線形素子** (non-linear element) と呼び、非線形素子を扱う回路を**非線形回路** (non-linear circuit) という。

1.2 キルヒホッフの法則

簡単な回路の解析はオームの法則を用いて行えるが、複雑な回路の各部分の電位や電流を求めるには、キルヒホッフの法則 (Kirchhoff's law) が重要になる。キルヒホッフの法則には、電流の法則と電圧の法則がある。

1.2.1 キルヒホッフの電流の法則

図 1.3 に示すように、回路中の任意の接続点 P において、流れ込む電流の総和と流れ出す電流の総和は等しい。すなわち

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5 \quad (1.4)$$

が成り立つ。

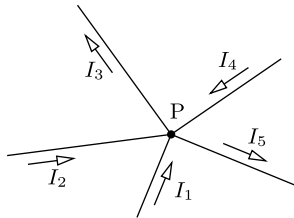


図 1.3 キルヒホッフの電流の法則

一般に n 本の電流の接続点において、流れ込む電流に $+$ の符号、流れ出す電流に $-$ の符号を付ければ

$$I_1 + I_2 + \cdots + I_n = \sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (1.5)$$

が成り立つ。

1.2.2 キルヒホッフの電圧の法則

回路中の任意の閉路において、電圧降下の総和は起電力の総和に等しい。例えば図 1.4 において、接続点 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の閉路を考えると、電流の向きを考慮して

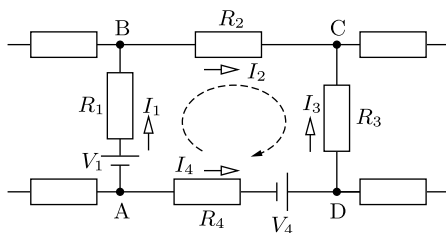


図 1.4 キルヒホッフの電圧の法則

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 - R_4 I_4 = V_1 - V_4 \quad (1.6)$$

が成り立つ。一般に任意の閉路において電圧降下が m 個，起電力が n 個であるとき

$$\sum_{i=1}^m R_i I_i = \sum_{k=1}^n V_k \quad (1.7)$$

が成り立つ。ただし，電圧降下および起電力は，それぞれの方向が閉路がたどる向きと同じとき + 符号，逆のとき - 符号を付ける。

例題 1.1 図 1.5 の回路において，抵抗 R_1, R_2, R_3 のそれぞれを流れる電流 I_1, I_2, I_3 を求めよ。

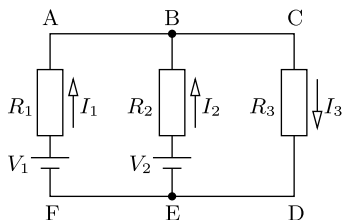


図 1.5

【解答】 キルヒホッフの電流の法則より，接続点 B において

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1.8)$$

となる。また，キルヒホッフの電圧の法則を用いると，閉路 $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A$ において

$$R_1 I_1 - R_2 I_2 = V_1 - V_2 \tag{1.9}$$

が成り立ち、閉路 $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow B$ において

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = V_2 \tag{1.10}$$

が成り立つ。式 (1.8) を式 (1.10) に代入して整理すると

$$R_3 I_1 + (R_2 + R_3) I_2 = V_2 \tag{1.11}$$

となる。式 (1.9), (1.11) から I_2 を消去して I_1 を求めると

$$I_1 = \frac{(R_2 + R_3) V_1 - R_3 V_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \tag{1.12}$$

となる。式 (1.12) を式 (1.9) に代入して I_2 を求めると

$$I_2 = \frac{-R_3 V_1 + (R_1 + R_3) V_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \tag{1.13}$$

となる。式 (1.8) に式 (1.12), (1.13) を代入して I_3 を求めると

$$I_3 = \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} \tag{1.14}$$

となる。 ◇

1.3 抵抗の直列接続と並列接続

図 1.6 のように、 n 個の抵抗 R_1, R_2, \dots, R_n を直列に接続したときの合成抵抗 R を求めてみよう。各抵抗には等しい電流 I が流れるので、キルヒホッフの電圧の法則により

$$V = R_1 I + R_2 I + \dots + R_n I$$

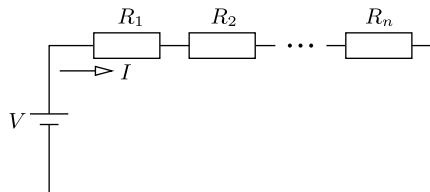


図 1.6 抵抗の直列接続

$$= (R_1 + R_2 + \cdots + R_n)I \quad (1.15)$$

が成り立つ。

したがって、合成抵抗 R は

$$R = \frac{V}{I} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1.16)$$

となり、抵抗を直列に接続したときの合成抵抗は、各抵抗の和になる。

図 1.7 のように、 n 個の抵抗 R_1, R_2, \dots, R_n を並列に接続したときは、各抵抗に等しい電圧 V が加わる。

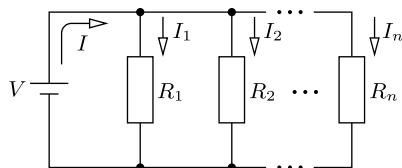


図 1.7 抵抗の並列接続

各抵抗に流れる電流を I_1, I_2, \dots, I_n とすると

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{V}{R_1} \\ I_2 &= \frac{V}{R_2} \\ &\vdots \\ I_n &= \frac{V}{R_n} \end{aligned} \right\} \quad (1.17)$$

である。キルヒホッフの電流の法則より、全電流 I は

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + \cdots + I_n \\ &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \cdots + \frac{V}{R_n} \\ &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \right) V \end{aligned} \quad (1.18)$$

が成り立つから、合成抵抗を R とすると

$$\frac{1}{R} = \frac{I}{V} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1.19)$$

となり、抵抗を並列に接続したときは、合成抵抗の逆数が各抵抗の逆数の和に等しくなる。

例題 1.2 図 1.8 において端子 A-B 間の合成抵抗 R を求めよ。

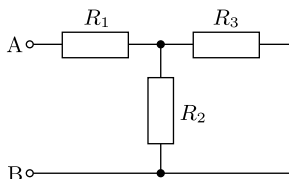


図 1.8

【解答】 R_2 と R_3 は並列接続であるから、この合成抵抗を R_{23} とすると

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad (1.20)$$

となる。この合成抵抗 R_{23} と R_1 は直列接続になるから、端子 A-B から見た全体の合成抵抗 R は

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_{23} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \\ &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2 + R_3} \end{aligned} \quad (1.21)$$

となる。

◇

1.4 抵抗による電圧の配分

図 1.9 に示すように、2 個の抵抗 R_1, R_2 を直列接続した回路において、各抵抗における電圧降下 V_1, V_2 は、流れる電流を I とすると

$$V_1 = R_1 I \quad (1.22)$$

$$V_2 = R_2 I \quad (1.23)$$

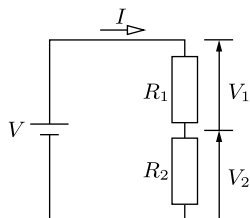


図 1.9 直列抵抗接続による電圧配分

である。キルヒホッフの電圧の法則により

$$\begin{aligned} V &= R_1 I + R_2 I \\ &= (R_1 + R_2) I \end{aligned} \quad (1.24)$$

であるから

$$I = \frac{1}{R_1 + R_2} V \quad (1.25)$$

となる。式 (1.25) を式 (1.22), (1.23) に代入して

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \quad (1.26)$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \quad (1.27)$$

$$V_1 : V_2 = R_1 : R_2 \quad (1.28)$$

となり、電圧 V が抵抗 R_1, R_2 によって比例配分される。これを抵抗による電圧の配分という。

1.5 電圧源と電流源

これまで見てきたように、電源の端子間に抵抗を接続すると電流が流れる。電源には電圧源と電流源がある。電源に抵抗を接続したとき、抵抗の値に関係なくつねに一定の電圧を発生する電源を定電圧源 (constant voltage source) といい、つねに一定の電流を流す電源を定電流源 (constant current source) という。定電圧源、定電流源は回路を解析するための理想化した電源であり、単

索 引

| | |
|------------------------|-----|
| 【あ】 | |
| アクセプタ | 50 |
| アドミタンス | 25 |
| アナログ-デジタル変換 | 119 |
| アノード | 51 |
| 【い】 | |
| 閾値電圧 | 70 |
| 位 相 | 18 |
| 位相角 | 18 |
| 位相差 | 19 |
| 一致回路 | 132 |
| イマジナリショート | 98 |
| インダクタンス | 23 |
| インピーダンス | 25 |
| 【う】 | |
| ウィーンブリッジ | 48 |
| ウィーンブリッジ発振回路 | 113 |
| 【え】 | |
| エッジトリガ型 D フリップ フロップ | 144 |
| エミッタ | 60 |
| エミッタ接合 | 60 |
| エミッタ接地 | 62 |
| エミッタ接地電流増幅率 | 63 |
| エンハンスメント型 FET | 70 |
| 【お】 | |
| オイラーの公式 | 27 |
| オペアンプ | 97 |

| | |
|------------|-----|
| オームの法則 | 2 |
| 重み抵抗型 | 156 |
| 【か】 | |
| 開ループ利得 | 79 |
| 拡 散 | 61 |
| 拡散電流 | 50 |
| 角周波数 | 17 |
| 重ね合わせの理 | 10 |
| 加算回路 | 104 |
| 加算器 | 104 |
| 仮想短絡 | 98 |
| カソード | 51 |
| カットオフ | 69 |
| カットオフ周波数 | 83 |
| 可変容量ダイオード | 59 |
| カルノーマップ | 131 |
| 【き】 | |
| 帰 還 | 78 |
| 起電力 | 1 |
| 基本波 | 22 |
| 逆起電力 | 23 |
| 逆方向電流 | 51 |
| 逆方向バイアス | 51 |
| 逆方向飽和電流 | 52 |
| キャパシタ | 23 |
| キャパシタンス | 23 |
| キャリア | 50 |
| 共 振 | 40 |
| 共振角周波数 | 40 |
| 共振周波数 | 40 |
| キルヒホッフの法則 | 3 |

| | |
|--------------|----------|
| 【く】 | |
| 空乏層 | 50 |
| 【け】 | |
| 計数型 A-D 変換回路 | 154 |
| 計装増幅器 | 106 |
| ゲート | 67 |
| 減算回路 | 105 |
| 減算器 | 105, 136 |
| 【こ】 | |
| コイル | 23 |
| 高域遮断周波数 | 96 |
| 高調波 | 23 |
| 交 流 | 17 |
| コルピッツ形発振器 | 90 |
| コレクタ | 60 |
| コレクタ接合 | 60 |
| コレクタ接地 | 62 |
| コンダクタンス | 2, 35 |
| コンデンサ | 23 |
| コンパレータ | 153 |
| 【さ】 | |
| 再結合 | 61 |
| サセプタンス | 35 |
| 差動増幅回路 | 105 |
| 差動利得 | 98, 100 |
| 【し】 | |
| 自走形パルスジェネレータ | 110 |
| 実効値 | 20 |
| シフトレジスタ | 145 |

| | | | | | |
|--------------|-------------|--|--|---------------|-------------|
| 遮断周波数 | 83 | | | トランジスタ | 60 |
| 周期 | 17 | | | ——の静特性 | 64 |
| 集積回路 | 97 | | | ——の電流増幅作用 | 63 |
| 周波数 | 17 | | | ドリフト | 61 |
| 周波数条件 | 87 | | | ドリフト電流 | 50 |
| 出力インピーダンス | | | | ドレイン | 67 |
| | 76, 98, 100 | | | ドレン抵抗 | 71 |
| シュミットトリガ回路 | 110 | | | | |
| 順方向電流 | 51 | | | 【な】 | |
| 順方向バイアス | 51 | | | なだれ現象 | 56 |
| 振幅 | 17 | | | | |
| 振幅条件 | 87 | | | 【に】 | |
| | | | | 入力インピーダンス | |
| 【す】 | | | | | 76, 98, 100 |
| スルーレート | 100 | | | 入力オフセット | 98 |
| スレッシュホールドレベル | 119 | | | 入力オフセット電圧 | 100 |
| | | | | 入力バイアス電流 | 100 |
| 【せ】 | | | | | |
| 正帰還 | 78 | | | 【の】 | |
| 正弦波交流 | 17 | | | ノイズマージン | 119 |
| 正孔 | 50 | | | 能動領域 | 64, 122 |
| 整流作用 | 52 | | | ノートの定理 | 12 |
| 正論理 | 119 | | | | |
| 積分回路 | 107 | | | 【は】 | |
| 接合型 FET | 67 | | | バイポーラトランジスタ | 60 |
| 遷移周波数 | 84 | | | 発振 | 86 |
| 全加算器 | 134 | | | 発振持続条件 | 79 |
| 線形回路 | 2 | | | 発振成長条件 | 87 |
| 線形素子 | 2 | | | 発光ダイオード | 58 |
| 線形領域 | 70 | | | ハートレー形発振器 | 90 |
| 全波整流回路 | 56 | | | ハーフアダー | 134 |
| | | | | パラレルレジスタ | 145 |
| 【そ】 | | | | バリキャップ | 59 |
| 相互コンダクタンス | 71 | | | 反一致回路 | 132 |
| 増幅率 | 71 | | | 半加算器 | 134 |
| ソース | 67 | | | 半値幅 | 43 |
| | | | | 反転層 | 70 |
| 【た】 | | | | 反転増幅回路 | 101 |
| 帯域幅 | 97 | | | 半導体 | 49 |
| ダイオード | 50 | | | 半波整流回路 | 55 |
| ——の整流作用 | 52 | | | | |
| | | | | 【ち】 | |
| | | | | 遅延回路 | 144 |
| | | | | チャンネル | 67 |
| | | | | 直 流 | 1 |
| | | | | 直列共振回路 | 40 |
| | | | | 【つ】 | |
| | | | | ツェナー効果 | 56 |
| | | | | ツェナーダイオード | 57 |
| | | | | 【て】 | |
| | | | | 低域遮断周波数 | 94 |
| | | | | 抵 抗 | 1 |
| | | | | 抵抗器 | 1 |
| | | | | 定電圧源 | 8 |
| | | | | 定電圧ダイオード | 57 |
| | | | | 定電流源 | 8 |
| | | | | ディブリーション型 FET | |
| | | | | | 68, 71 |
| | | | | 定 理 | |
| | | | | テブナンの—— | 12 |
| | | | | ノートの—— | 12 |
| | | | | デシベル | 77 |
| | | | | テブナンの定理 | 12 |
| | | | | 電圧源 | 9 |
| | | | | 電圧降下 | 2 |
| | | | | 電圧フォロワ | 102 |
| | | | | 電圧利得 | 76 |
| | | | | 電界効果トランジスタ | 67 |
| | | | | 電流源 | 9 |
| | | | | 電流増幅率 | 63 |
| | | | | 電流利得 | 76 |
| | | | | 電 力 | 14 |
| | | | | 電力利得 | 76 |
| | | | | 電力量 | 14 |
| | | | | 【と】 | |
| | | | | 等価回路 | 80 |
| | | | | 動作量 | 76 |
| | | | | 同 相 | 19 |
| | | | | 同相除去比 | 100 |
| | | | | ドナー | 50 |

【ひ】

非安定マルチバイブレータ 110

比較回路 153

比較型 A-D 変換回路 155

ヒステリシス回路 110

非線形回路 2

非線形素子 2

微分回路 107

ピンチオフ電圧 69

ピンチオフ領域 70

【ふ】

ファンアウト 130

フィードバック 78

フェーザ 29

フォトダイオード 58

負帰還 78

複素アドミタンス 34

複素インピーダンス 34

フーリエ解析 22

ブリッジ回路 44

フリップフロップ 139

フルアダー 134

ブレイクダウン現象 52

ブレイクダウン電圧 52

負論理 119

分周回路 146

【へ】

平滑回路 56

閉ループ利得 79

並列共振回路 40

ベクトル記号法 28

ベクトル表示 28

ベース 60

ベース接地 62

ベース接地電流増幅率 61

ベ ル 77

偏 角 27

【ほ】

ホイートストンブリッジ 45

法 則

オームの—— 2

キルヒホッフの—— 3

飽和領域 122

補 数 136

ホール 50

ボルツマン定数 52

【ま】

マクスウェルブリッジ 45

マスタースレーブフリップフロップ 143

【ゆ】

誘導性リアクタンス 25

ユニポーラトランジスタ 67

【よ】

容量性リアクタンス 25

【り】

リアクタンス 35

利得帯域幅積 84, 100

【る】

ループ利得 79

【れ】

レジスタ 145

【A】

A-D 変換 154

【C】

CMOS 回路構成 129

CMRR 100

【D】

D フリップフロップ 143

DRAM 150

DTL 構成 126

【E】

Ex-NOR 132

Ex-OR 132

【F】

FET 67

【H】

h パラメータ 63

【J】

JK フリップフロップ 142

【L】

LED 58

【M】

MOS 構造 67

MOSFET 67, 69

【N】

npn トランジスタ 60

【P】

pn 接合 50

pnp トランジスタ 60

【Q】

Q 42

【R】

rms 値 20

RS フリップフロップ 139

RST フリップフロップ 141

R-2R はしご型 156

| | 【S】 | 【T】 | 【数字】 |
|------|------------|----------------|-------------------|
| SN 比 | 78 | T フリップフロップ 147 | 2 の補数 136 |
| SNR | 78 | TTL 構成 127 | 4 ビット 2 進カウンタ 147 |
| SRAM | 150 | ~~~~~ | 10 進カウンタ 148 |

— 著者略歴 —

杉山 進 (すぎやま すむむ)
1965 年 愛知県立東山工業高等学校電気科卒業
1965 年 株式会社豊田中央研究所
1970 年 名城大学理工学部電気工学科卒業
1994 年 博士 (工学) (東京工業大学)
1995 年 立命館大学教授
現在に至る

田中 克彦 (たなか かつひこ)
1967 年 金沢大学工学部電気工学科卒業
1967 年 株式会社村田製作所
1977 年 大阪大学大学院基礎工学研究科博士
課程修了 (物理系専攻), 工学博士
2003 年 立命館大学教授
現在に至る

小西 聡 (こにし さとし)
1991 年 東京大学工学部電子工学科卒業
1993 年 東京大学大学院工学系研究科博士前
期課程修了 (電気工学専攻)
1996 年 東京大学大学院工学系研究科博士後期
課程修了 (電気工学専攻), 博士 (工学)
1996 年 立命館大学専任講師
1999 年 立命館大学助教授
2006 年 立命館大学教授
現在に至る

電気電子回路 — アナログ・デジタル回路 —

Electrical and Electronic Circuits — Analog and Digital Circuits —

© Susumu Sugiyama, Katsuhiko Tanaka, Satoshi Konishi 2014

2014 年 1 月 6 日 初版第 1 刷発行

検印省略

著者 杉山 進
田中 克彦
小西 聡

発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 三美印刷株式会社

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 978-4-339-04513-0 (大井) (製本:愛千製本所) G

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