

まえがき

電子工学の技術が急速に発展しつつある近代社会では、エレクトロニクス技術者の需要も著しく増加してきた。大規模集積回路（LSI）が普及している一方、開発設計の技術者として、その基礎となる知識と回路解析力をしっかりと身につけておくことが要求されている。

電気電子工学分野の教育体系は、電磁界に着眼した電気磁気学系、材料の物理特性に着眼した電子デバイス系と、これらの回路素子を用いた電気電子回路系に分けられる。筆者らは長年、電気電子工学系の大学生を対象に電子回路の教育に携わってきた。国内では毎年多数の電子回路に関する書籍が発行されているが、いずれも回路の基本法則と多種の応用回路に関する内容が豊富で、電子回路の中核となるトランジスタ基本回路などのより詳しい解析は少ない。一方、学生諸君は理系科目にも関わらず、公式暗記のような勉強をし、せっかく学んだ知識がその後の関連科目になかなか生かされないという現象が顕著に見受けられる。

そこで、筆者らは電気電子工学系の学生が一連の電子回路関連科目をスムーズに学習するために、最初に回路基礎とトランジスタ基本回路をしっかりと理解したうえで、回路解析力を身につけることが重要であると考え、本書を執筆する運びとなった。この考えのもと、本書をつぎのように構成した。

1章では、電子回路を構成する基礎回路素子から始め、回路の基本法則を述べる。2章では、電子回路に扱う非線形素子の基礎であるダイオードを中心に、その特性と回路解析方法を紹介する。3章と4章では、電子回路の中で最も重要な非線形素子であるトランジスタの基本特性とその特性による電子回路中の動きを詳細に紹介し、増幅のための直流バイアスの概念特性およびバイアス回路の解析方法を述べる。5章では、トランジスタ増幅回路の交流特性を解

析する準備として、 h パラメータ等価回路に重点を置き、一般的な四端子回路網の特性と解析方法を紹介したうえで、6章では h パラメータ等価回路解析を中心にトランジスタ増幅回路の諸特性と解析方法を紹介する。

これらの内容で、1章と2章は 関 弘和、3章と4章は 中林 寛暁、5章と6章は 陶 良 が分担執筆し、全体の編集ととりまとめは全員が協力した。

本書を執筆するにあたっては、「回路解析力」の育成を念頭に、各種素子や回路の特性と法則の紹介のみに留まらず、これらを交えた回路解析例を多く取り入れ、信号の流れや回路の働きについての詳細な解説に重きを置いた。また、電子回路のイメージをしやすいするため図面を多く使用するとともに、諸原理法則の応用力の向上を図るため例題や演習問題も多めに取り入れている。

本書を電気電子回路系の入門教材として、高校までの数理知識があれば、特に回路関係の基礎知識がなくても内容を理解でき、そのうえ、特に応用回路重視の関連文献の理解に役立つことを期待する。その理由で、筆者らは多くの関連文献を参考してきたが、本書に参考文献リストを設けていない。

筆者らは、本書を大学、高専もしくは企業での電気電子技術者を育成するための入門教材として、幅広く活用することを願いながら、読者諸氏からのご意見とご指摘を頂戴できれば幸甚に存ずる。

最後に、本書の執筆と出版にお世話になったコロナ社の方々に感謝する。

2014年6月

陶 良・中林 寛暁・関 弘和

目 次

1. 回路の基礎

1.1 基礎回路素子	1
1.1.1 電 源	1
1.1.2 受動素子と能動素子	4
1.2 オームの法則	7
1.3 キルヒホッフの法則	10
1.3.1 キルヒホッフの電圧則	10
1.3.2 キルヒホッフの電流則	12
1.4 重ね合わせの理	13
1.5 テブナンの定理とノートンの定理	17
1.5.1 テブナンの定理	17
1.5.2 ノートンの定理	20
演 習 問 題	24

2. ダイオードの特性と回路解析

2.1 ダイオードの概要	27
2.2 ダイオードの特性	30
2.2.1 ダイオードの整流作用	30
2.2.2 ダイオードの電圧電流特性	31
2.3 理想ダイオード回路の解析	33
2.3.1 理想ダイオード	33
2.3.2 理想ダイオード回路の解析例	35
2.4 グラフ解析	41

2.5 小信号等価回路解析	44
2.6 ダイオードの応用回路例	47
2.6.1 整流回路	48
2.6.2 クリップ回路とクランプ回路	50
2.6.3 ツェナーダイオード	54
演習問題	55

3. トランジスタの基礎特性

3.1 トランジスタの概要	57
3.1.1 トランジスタの構造と動作原理	57
3.1.2 トランジスタの電圧と電流の表現法	59
3.2 トランジスタの静特性	61
3.2.1 ベース接地特性	61
3.2.2 エミッタ接地特性	63
3.2.3 トランジスタの増幅作用	65
3.3 トランジスタのパラメータ	67
3.3.1 端子電流間の関係	67
3.3.2 静特性と直流電流増幅率の関係	72
3.3.3 交流小信号電流増幅率	73
3.3.4 入力電圧と出力電圧の関係	75
3.4 電界効果トランジスタの概要	76
3.4.1 電界効果トランジスタの構造と動作原理	76
3.4.2 電界効果トランジスタの静特性	79
演習問題	82

4. トランジスタのバイアス回路

4.1 バイアス回路の概要	83
4.1.1 バイアス回路の必要性	83
4.1.2 回路法則による解析	85
4.1.3 グラフによる解析	87

4.1.4	トランジスタ回路のクラス	92
4.1.5	キャパシタの役割	96
4.2	安定指数	100
4.2.1	トランジスタ回路の安定性	100
4.2.2	安定指数を用いた確認	102
4.3	基本バイアス回路	103
4.3.1	固定バイアス回路	103
4.3.2	電流帰還バイアス回路	104
4.3.3	自己（電圧帰還）バイアス回路	105
4.4	非線形素子によるバイアス回路の安定化	107
4.5	電界効果トランジスタのバイアス回路	110
	演習問題	117

5. 四端子回路網のパラメータ解析

5.1	四端子（2ポート）回路網のパラメータ表現	121
5.1.1	z パラメータ	123
5.1.2	y パラメータ	126
5.1.3	F パラメータ	127
5.1.4	h パラメータ	128
5.1.5	パラメータ変換	131
5.2	2ポート増幅器の性能評価	132
5.2.1	利得と入出力インピーダンス	133
5.2.2	回路網の等価パラメータによる性能評価	135
5.3	h パラメータ等価回路	137
	演習問題	141

6. 小信号トランジスタ増幅回路

6.1	BJTの h パラメータ等価回路	142
6.1.1	h パラメータとBJT特性との対応関係	142
6.1.2	BJTの各種接続方式における h パラメータ等価回路	143

6.1.3	各種接続方式の h パラメータの換算	148
6.1.4	各種接続方式の h パラメータの特徴	151
6.2	BJT の T 形等価回路	152
6.3	BJT 増幅回路の基本特性	157
6.3.1	各種接続方式の基本回路	157
6.3.2	基本増幅回路性能の h パラメータ表現	159
6.3.3	各種接続方式の BJT 増幅回路の一般的な特徴	160
6.4	応用 BJT 増幅回路の h パラメータ等価解析	160
6.4.1	中間的周波数領域における回路素子の扱い方	161
6.4.2	BJT 応用増幅回路の交流等価回路	162
6.4.3	BJT 応用増幅回路の性能評価	165
6.4.4	帰還型 BJT 増幅回路例	168
	演習問題	174
	演習問題の解答	176
	索引	180

回路の基礎

電子回路とは、電気回路で用いられる抵抗、インダクタ、キャパシタなどのほかに、ダイオードやバイポーラトランジスタ、FETなどの電子素子も加えて構成された回路である。そのため、電気回路では実現することができなかった、信号の増幅、波形整形、スイッチングなどの動作が可能となる。このような電子回路の設計・解析力を身につけるためには、まずは電気回路を構成する素子の性質や特性、さらに回路内の電圧や電流について成り立つ関係式について理解を深めなければならない。そこで、電子素子の性質や電子回路の設計については2章以降に説明することとし、まず本章では、電気回路を構成するおもな素子とその性質、回路において成り立つ法則や定理などについて説明する。

1.1 基礎回路素子

1.1.1 電 源

電気回路や電子回路を駆動し、電流や電圧を発生させるためには、当然ながら電気エネルギーを供給する**電源** (power source) が必須となる。電源にはさまざまなものがあり、電圧源と電流源、直流電源と交流電源、独立電源と従属電源 (制御電源) などに分類される。

まず、**電圧源**と**電流源**は、特定の電圧を供給するか、電流を供給するかの違いであり、**直流電源**と**交流電源**は、供給する電圧や電流が直流か交流かの違いである。

直流とは、**図 1.1 (a)** のように時間 t に対して大きさが一定であったり、少

2 1. 回路の基礎

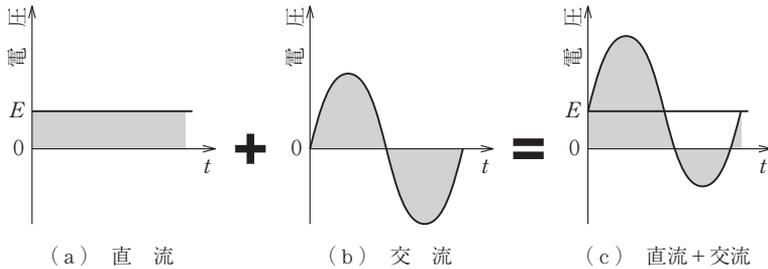


図 1.1 直流電圧と交流電圧

なくとも向きは変わらないものであり、例えば電池や、ノート PC や携帯電話充電器の AC アダプタの出力がそうである。交流とは、例えば図 (b) に示す正弦波のように、時間 t に対して向き（正と負）が変化するものである。家庭用コンセントの電源がこれにあたる。また、図 (c) は直流と交流が足し合わさったときの電圧波形であり、後述する電子回路のいくつかのケースでは、このように直流と交流が共存することがある。

独立電源 (independent source) とは、電圧源であればそれに流れる電流に関わらず決められた電圧を供給し、電流源であればその端子電圧に関わらず決められた電流を供給するような電源である。

一方、**従属電源** (dependent source) とは、その供給する電圧や電流が回路中の他の要素の電圧や電流に依存する（制御される）ような電源であり、**制御電源** (controlled source) とも呼ばれる。

図 1.2 には、本書で用いる各種電源の図記号を示している。図 (a) は直流の独立電圧源を示すものであり、一般的に電池 (battery) と考えてよい。図 (b)、図 (c) は独立電圧源であり、図 (b) は直流と交流を含む図記号、図 (c) は特に交流電圧源を示すものである。図 (d) は独立電流源、図 (e) と

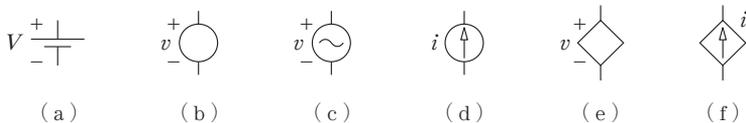


図 1.2 本書で用いる各種電源の図記号

図 (f) は、それぞれ従属電圧源と従属電流源である。

例えば、**図 1.3** の回路には二つの電源があり、左端にある v_{AB} は独立電圧源であり、回路中の他の部分の様子に関わらず v_{AB} という電圧を供給する電源である。一方、真ん中にある従属電流源は、右端にある抵抗 R_L に流れる電流 i_L の α 倍の電流 αi_L を供給する。つまり、回路中の他の部分の挙動（この場合は i_L ）によってその値が変化する電源であることがわかる。

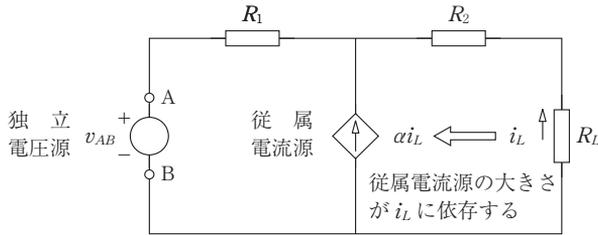


図 1.3 独立電圧源と従属電流源の例

ここで、電圧や電流に関し、特に 2 章以降において直流成分や交流成分が混在するケースが多くなることから、それらを区別するために本書では**表 1.1** に示す表記に統一する。

表 1.1 本書における電圧と電流の表記

直流, 交流	電 圧	電 流
直流成分	V, V_{AB}	I, I_A
交流成分	v, v_{ab}	i, i_a
直流成分 + 交流成分	v, v_{AB}	i, i_A

直流成分のみを意味する場合には、下付きも含めて大文字で表記する。一方、交流成分のみを意味する場合には、下付きも含めて小文字で表記する。直流成分と交流成分がともに存在する場合には、小文字表記の電圧・電流に大文字の下付き文字を添える。また、電圧について、点 B の電圧を基準とした点 A の電圧を示す場合には、直流では V_{AB} 、交流では v_{ab} 、直流と交流がともに存在する場合は v_{AB} と表記する。

1.1.2 受動素子と能動素子

電子回路で用いられる素子には、**受動素子** (passive element) と**能動素子** (active element) がある。受動素子とは、抵抗やインダクタ、キャパシタ (コンデンサ) など、供給された電気エネルギーを消費、蓄積、放出する素子であり、各部の電圧と電流は回路定数 (インピーダンスなど) を係数とした比例関係となる。つまり、受動素子は**線形** (linear) **素子**であり、電源とこれらの素子からなる回路は電気回路理論の分野である。

一方、能動素子とは、ダイオードやバイポーラトランジスタ、FET など、入力された電圧や電流に対し増幅、波形整形、スイッチングなどの動作を行える素子である。電圧や電流の入出力は比例関係とならないため、**非線形** (nonlinear) **素子**といえる。

一般に、電子回路では、これらの受動素子と能動素子を組み合わせて接続し、所望のはたらきをする回路を設計するが、まずここでは図 1.4 に示す三つの受動素子について紹介する。

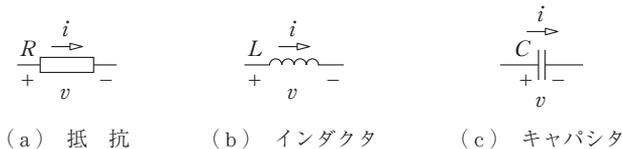


図 1.4 受動素子の図記号

図 (a) は電流の流れを妨げる性質を持つ受動素子であり、**抵抗器** (resistor), あるいは単に**抵抗**と呼ばれる。電圧や電流を制限したり分配したりすることができる。電流の流れにくさを示す R は抵抗であり、単位はオーム [Ω] である。1 Ω の抵抗であれば、1 V の電圧を印加したときに 1 A の電流が流れる。電圧と電流の関係式は式 (1.1) で表される。

$$v = Ri \tag{1.1}$$

また、抵抗は、供給された電気エネルギーを熱エネルギー (ジュール熱と呼ばれ、その大きさは Ri^2 [W]) として消費するだけである。

これとは逆に、電流の流れやすさを定義するのが**コンダクタンス**であり、その値は抵抗の逆数 $G=1/R$ で表され、単位はジーメンズ [S] である。

抵抗における電圧と電流の比例関係は、ある瞬間における電圧と電流の間に成り立ち、その前後を含む時間的な経過には関係がない。これを**静的 (static) な特性**と呼び、電源が直流でも交流でも関係なく同じ働きをする。

図 (b) は導線をコイル状に巻いた構造により、電流によって発生する磁界によって磁気エネルギーを蓄える受動素子であり、**インダクタ (inductor)** あるいは**コイル (coil)** と呼ばれる。流れる電流による磁束やエネルギー量を決める値 L を**インダクタンス (inductance)** という。単位はヘンリー [H] である。電圧と電流の関係式は式 (1.2) および式 (1.3) で表される。ただし、本書で扱う電子回路にはあまり登場しない。

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad (1.2)$$

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t v(\tau) d\tau \quad (1.3)$$

図 (c) は、2枚の金属電極で誘電体を挟んだような構造により、電気エネルギーを蓄積したり放出したりする受動素子であり、**キャパシタ (capacitor)** あるいは**コンデンサ**と呼ばれ、電荷を蓄積できる量を決める値 C を**キャパシタンス (capacitance)** あるいは**静電容量**と呼ぶ。単位はファラド [F] である。電圧 v と電荷 Q [C] の間には式 (1.4) の関係が成り立つため、1 F のキャパシタであれば、1 V の電圧を印加したときに蓄えられる電荷が 1 C になる。電圧と電流の関係式は式 (1.5) および式 (1.6) で表される。

$$Q = Cv \quad (1.4)$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau \quad (1.5)$$

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt} \quad (1.6)$$

6 1. 回路の基礎

キャパシタは直流に対しては電荷を蓄積したり放出したりすることができるが、例えば充電できる限界まで達すると電流は流れなくなる。つまり、キャパシタは直流を阻止する性質があるといえる。一方で、交流の場合は、金属電極のプラスとマイナスが交互に入れ替わり、充電と放電が繰り返される形となり、電流が阻止されることはない。つまり交流に対しては通過（短絡）させる性質があるといえる。

以上のように、インダクタとキャパシタは電圧と電流の関係式が微分や積分で表現される。つまり、抵抗のように瞬時値だけで決まるものではなく、時間的な経過に関係する性質がある。これを**動的（dynamic）な特性**と呼ぶ。

また、図 1.4 において注意しておきたいのは、電流と電圧の向きに関する定義である。電流 i は矢印の向きに流れるほうを正とする。電圧 v は「-」側の電位に対し「+」側の電位がいくら高いかという値を正と定義する。なお、電圧の向きが矢印で表現されているときは、矢印の始点の電位に対し矢印の先の電位がいくら高いかという値を正と定義する。

特に、インダクタやキャパシタが含まれる交流回路においては、電圧や電流の大きさや位相角を複素数を用いて表現することにより、電圧と電流をオームの法則のように代数方程式で表すことが多い。このときの電圧と電流の比 $Z = v/i$ を**インピーダンス**（単位は $[\Omega]$ ）と呼び、またインピーダンスの逆数 $Y = i/v$ を**アドミタンス**（単位は $[S]$ ）と呼ぶ。

これらの受動素子を複数個つなぎ合わせて電子回路を作るわけであるが、接続のしかたには、**直列接続**と**並列接続**の二つがある。例えば、同じ値の抵抗を同じ数だけ接続しても、直列接続と並列接続とでは回路全体の抵抗（これを**合成抵抗**という）はまったく異なる。

直列接続とは、**図 1.5 (a)** のように複数の抵抗を 1 本につないだものであり、このときの合成抵抗は、すべての抵抗を足し合わせて求める。例えば、三つの抵抗を直列接続した場合の合成抵抗は、式 (1.7) のようになる。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1.7)$$

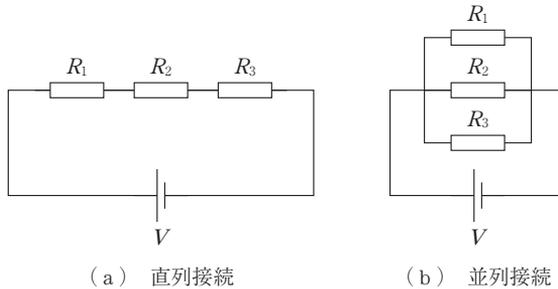


図 1.5 抵抗の直列接続と並列接続

一方、並列接続とは、図 (b) のように複数の抵抗の両端をそれぞれつないで並べたものであり、合成抵抗の逆数は、それぞれの抵抗の逆数を足し合わせたものとなる。三つの場合は式 (1.8) のとおりである。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \left(= \frac{1}{R_1 // R_2 // R_3} \text{ と表すこともある} \right) \quad (1.8)$$

ここで、“//” は並列を表す記号として用いる。

一方、インダクタの直列接続と並列接続では、上記の合成抵抗と同じ計算方法でよい。また、キャパシタの場合には、直列接続と並列接続の計算方法が逆となる。

1.2 オームの法則

式 (1.1) で表されるように、抵抗に流れる電流とその端子電圧の大きさには比例関係が成り立つ。これを**オームの法則** (Ohm's law) という。電圧が大きくなるほど電流も大きくなり、一方、抵抗が大きくなると流れる電流は小さくなるが、これらの性質は関係式が示すとおりである。なお、電圧と電流の向きに注目すると、抵抗の両端では電流の流れる方向に向かって電圧が下がることになる。この現象を**電圧降下** (voltage drop) という。

以上のことに基づいて、図 1.6 の二つの回路を見てみる。

まず、図 (a) の回路では、二つの抵抗が直列に接続されている。合成抵抗は

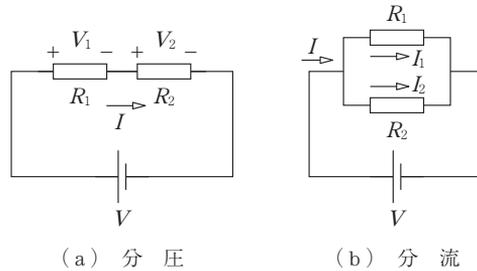


図 1.6 分圧と分流

$R_1 + R_2$ であるから、回路を流れる電流は、オームの法則より $I = V / (R_1 + R_2)$ となる。二つの抵抗には同じ電流が流れていることに注意する。それぞれの抵抗における電圧 V_1 , V_2 は

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \quad (1.9)$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \quad (1.10)$$

で表される。すなわち、直列回路におけるそれぞれの電圧は、抵抗の比 ($R_1 : R_2$) に分圧されることがわかる。

つぎに、図 (b) のように二つの抵抗を並列に接続した回路を考える。二つの抵抗には同じ電圧 V が印加されている。この合成抵抗は $R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ であるので、回路を流れる電流は、オームの法則により $I = V(R_1 + R_2) / R_1 R_2$ となる。これを書き換えると、 $V = I R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ となる。これにオームの法則を用いて R_1 , R_2 を流れる電流 I_1 , I_2 をそれぞれ求めると

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad (1.11)$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (1.12)$$

である。すなわち、並列回路におけるそれぞれの電流は、回路全体の電流 I が抵抗に反比例して (抵抗の比の逆, $R_2 : R_1$) に分流されることがわかる。

例題 1.1 図 1.7 の回路において、全体の合成抵抗 R と、 R_2 を流れる電流 I_2

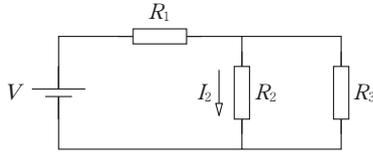


図 1.7 例題 1.1

を求めよ。

【解答】 R_2 と R_3 の並列接続に R_1 が直列接続されているから、回路全体の合成抵抗 R は

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad (1.13)$$

である。全体の電流 $I = V/R$ が R_2 と R_3 に $R_3 : R_2$ の比で分流されるから

$$I_2 = \frac{V}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} \frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{R_3 V}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3} \quad (1.14)$$

となる。

☆

例題 1.2 図 1.8 の回路において、 R_2 と R_3 の電圧の比を求めよ。

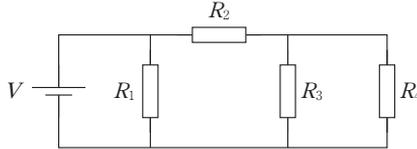


図 1.8 例題 1.2

【解答】 電圧 V が、 R_2 と、 R_3 および R_4 の並列接続に分圧されるから、求める比は

$$R_2 : \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

となる。

☆

例題 1.3 図 1.8 の回路において、 R_1 と R_4 を流れる電流の比を求めよ。

【解答】 まず R_1 と R_2 に分流されるときは

$$R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} : R_1$$

である。つぎに、 R_2 に流れる電流が、 R_3 と R_4 に分流されるときは $R_4 : R_3$ であるから、 R_1 と R_4 を流れる電流の比は次式となる。

$$R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} : R_1 \frac{R_3}{R_3 + R_4} = R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4 : R_1 R_3 \quad (1.15) \quad ☆$$

1.3 キルヒホッフの法則

電気回路や電子回路を解析する、つまり回路内の電圧や電流を求めるためには、**キルヒホッフの法則** (Kirchhoff's law) が基本的な手段となる。

1.3.1 キルヒホッフの電圧則

回路上の任意の閉路に対し、電圧の方向を定めた（例えば、時計回り方向を正、逆を負とする）とする。このとき、各電圧を V_k ($k=1, 2, \dots, n$) とすると、式 (1.16) のように、「各電圧の総和はゼロになる」ことを、**キルヒホッフの電圧則** (Kirchhoff's voltage law : KVL) という。

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0 \quad (1.16)$$

例えば、**図 1.9** の直列回路を考える。電圧源や抵抗が直列に接続されているが、この回路一周に対し、電圧の向きに注意しながらキルヒホッフの電圧則を適用する。まず、電圧と電流の向きについて時計回りを基準として考える。つまり、時計回りに流れる電流を正と定義し、電圧は時計回りにたどったとき電圧が上がる場合を正、抵抗の電圧降下などで下がる場合を負として考えてみる。このとき、式 (1.16) を適用すると、次式のようになる。

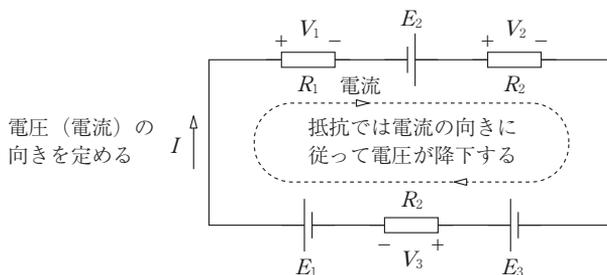


図 1.9 キルヒホッフの電圧則の適用

索引

【あ】		重ね合わせの理	13	固定バイアス回路	103
アクセプタ	28	カソード	29	コレクタ遮断電流	62
アドミタンス	6	カップリングキャパシタ	96	コレクタ接地型	144
アドミタンス		価電子	27	コレクタ端子	57
パラメータ	126	【き】		コレクタ電流	58
アノード	29	帰還	168	コンダクタンス	5
安定指数	102	逆バイアス	31	コンデンサ	5
		逆方向飽和電流	31	【さ】	
【い】		キャパシタ	5, 162	最大伝送電力の定理	134
移相	133	キャパシタンス	5	差動増幅回路	120
インダクタ	5, 162	キャリヤ	28	【し】	
インダクタンス	5	キルヒホッフの電圧則	10	しきい電圧	81
インピーダンス	6	キルヒホッフの電流則	12	自己バイアス回路	105
インピーダンス		キルヒホッフの法則	10	遮断	33
パラメータ	123	金属酸化膜 FET	76	従属電源	2
【え】		【く】		自由電子	28
エミッタ共通	63, 143	空乏層	29	出力インピーダンス	135
エミッタ接地	63, 144	区分線形モデル	35	出力が飽和する	95
——の小信号電流増幅率	74	クラス (級)	92	出力特性	62
——の直流電流増幅率	68	クランプ回路	52	受動素子	4
エミッタ端子	57	クリッパ回路	50	順バイアス	30
エミッタ電流	58	【け】		小信号理論	45
エミッタホロワ	159	結合コンデンサ	96	真性半導体	28
エンハンスメント型	81	ゲート	76	【せ】	
エンハンスメントモード	81	【こ】		正帰還	168
【お】		コイル	5	制御電源	2
オームの法則	7	合成抵抗	6	正孔	28
【か】		降伏	32	静的な特性	5
拡散	29	交流電源	1	静電容量	5
		交流負荷線	97	静特性	62
				整流回路	48

整流作用 31 接合型 FET 76 線形回路網 121 線形素子 4 全波整流回路 49 <div style="text-align: center;">【そ】</div> ソース 76 <div style="text-align: center;">【た】</div> ダイオード 27, 162 ダイオードブリッジ回路 49 多数キャリア 28, 57 立上り電圧 34 ダーリントン接続 119 <div style="text-align: center;">【ち】</div> チャネル 77 重畳の定理 13 直流電源 1, 161 直流動作点 42 直流負荷線 42, 87 直列帰還直列注入 169 直列接続 6 <div style="text-align: center;">【つ】</div> ツェナー降伏 32 ツェナーダイオード 54 <div style="text-align: center;">【て】</div> 抵抗 4 抵抗器 4 ディプレッション型 81 テブナンの定理 17 電圧帰還 105, 170 電圧帰還特性 75 電圧源 1 電圧降下 7 電圧増幅作用 66 電圧増幅度 66, 133 電圧利得 133	電位障壁 30 電界効果トランジスタ 76 電 源 1 電 子 28 電子雪崩降伏 32 伝達特性 80 伝達バイアス線 111 電流帰還 169 電流帰還バイアス回路 104 電流源 1 電流増幅作用 66 電流増幅度 66, 133 電流伝達特性 72 電流利得 133 電力増幅度 67, 133 電力利得 133 <div style="text-align: center;">【と】</div> 動作点 60 導 通 33 動的な特性 6 独立電源 2 ドナー 28 トランジスタ 57 ドレーン 76 <div style="text-align: center;">【に】</div> 2 値素子 33 入力インピーダンス 133 入力特性 62 <div style="text-align: center;">【の】</div> 能動素子 4 ノートンの定理 21 <div style="text-align: center;">【は】</div> バイアス回路 60 バイアスする 60 バイパスキャパシタ 96 バイパスコンデンサ 96	ハイブリッド パラメータ 128 バイポーラ 接合トランジスタ 57 半導体 27 半波整流回路 48 <div style="text-align: center;">【ひ】</div> ピーククリップ回路 51 非線形素子 4 ピンチオフ電圧 80 <div style="text-align: center;">【ふ】</div> 負荷線 42 負帰還 168 不純物半導体 28 分 圧 8 分 流 8 <div style="text-align: center;">【へ】</div> 平衡点 42 並列帰還並列注入 170 並列接続 6 ベース共通 61, 144 ベースクリップ回路 51 ベース接地 61, 144 ——の小信号電流増幅率 74 ——の直流電流増幅率 68 ベース端子 57 ベース電流 58 <div style="text-align: center;">【ほ】</div> 鳳-テブナンの定理 17 ポート 17, 121 <div style="text-align: center;">【も】</div> 漏れ電流 62 <div style="text-align: center;">【り】</div> 理想ダイオード 33
--	--	--

利得の位相角	133	【ろ】	論理和回路	39
			論理積回路	39

【A】		【J】		【Q】	
ABCD パラメータ	127	JFET	76	Q 点	42, 60
AND 回路	39				
【B】		【K】		【R】	
BJT	57	KCL	12	r パラメータ等価回路	153
		KVL	10		
【C】		【M】		【T】	
CB	61, 145	MOSFET	76	T 形等価回路	152
CC	146, 158				
CE	63, 144				
【F】		【N】		【Y】	
FET	76	n 型半導体	28	y パラメータ	126
F パラメータ	127				
【H】		【O】		【Z】	
h パラメータ	128, 144, 145, 146	OR 回路	39	z パラメータ	123
		pn 接合ダイオード	29		
		p 型半導体	28		

— 著者略歴 —

陶 良 (とう りょう)

1989年 ハルビン工業大学 (中国) 応用物理学
学科卒業
1994年 ハルビン工業大学 (中国) 大学院博士
課程修了(一般力学専攻), 工学博士
2000年 千葉工業大学講師
2003年 千葉工業大学助教授
2008年 千葉工業大学教授
現在に至る

中林 寛暁 (なかばやし ひろあき)

1995年 千葉工業大学工学部電子工学科卒業
1997年 千葉工業大学工学部電子工学科助手
2005年 千葉工業大学大学院工学研究科博士
課程修了(電気・電子工学専攻)
博士(工学)
2005年 千葉工業大学助教
現在に至る

関 弘和 (せき ひろかず)

1998年 大阪大学基礎工学部システム工学科
卒業
2003年 東京大学大学院工学系研究科博士課程
修了(電気工学専攻), 博士(工学)
2003年 千葉工業大学助手
2004年 千葉工業大学講師
2008年 千葉工業大学准教授
2013年 千葉工業大学教授
現在に至る

回路解析力が身につく電子回路入門

Introduction to Electronic Circuits for Circuit Analysis Skills

© Ryo Toh, Hiroaki Nakabayashi, Hirokazu Seki 2014

2014年8月18日 初版第1刷発行



検印省略

著 者 陶 良
中 林 寛 暁
関 弘 和
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 978-4-339-00859-3

(新宅) (製本: 愛千製本所)

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