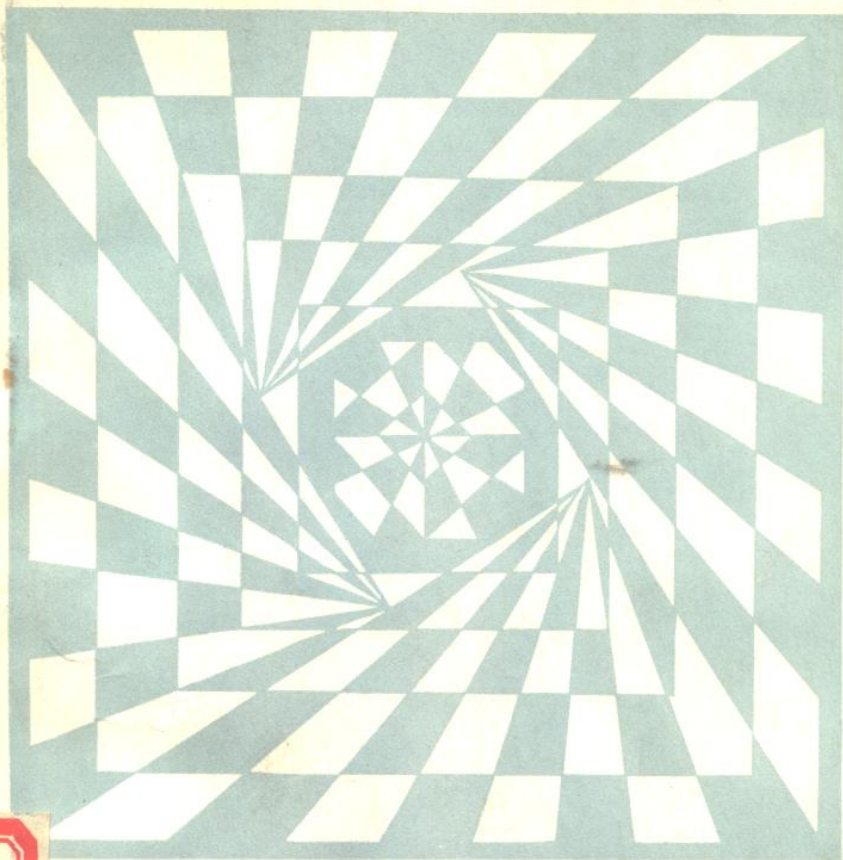


电子学重要公式活用手册



72.611073
543

版
社

电子学重要公式活用手册

知 识 出 版 社

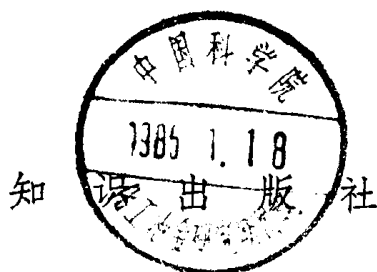
73.611073
343

电子学重要公式活用手册

附例题及解答

〔日〕岩本洋 加藤益明 编
王 平 译

343
XK438/10



电子学重要公式活用手册

〔日〕岩本洋 加藤益明编

王 平 译

知 识 出 版 社 出 版

(北京安定门外外馆东街甲1号)

新华书店北京发行所发行 张家口地区印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.5 字数 132 千字

1984 年 5 月第 1 版 1984 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—44,000

书号: 13214·56 定价: 0.55 元

内 容 提 要

本书译自日本岩本洋、加藤益明合编的《电子学重要公式活用手册》一书。该书以相当简略的篇幅囊括了电子学领域中的大部分内容，采用定义、结论、例题三位一体的叙述形式，省略了结论的来源和推导过程。

本书可作为学过电子学基础理论的读者、中等专业学校和理工类高等院校师生、无线电爱好者的复习读本和工具书。

序 言

近年来电子学的各个分支，有了很显著的发展，其涉及范围非常广，要想全部掌握这些知识是件极为困难的事情。但是，如能深入理解并牢记其基础知识，就可在一定程度上克服这些困难。

本书内容相当于工业中专学校的程度。我们归纳了电子学的基础知识——电磁学、电路、电子线路、电子设备和电子测量等方面的重要公式、定律及重要事项。

本书写作过程中，注意了以下几点：

- (1) 不是简单地列出公式，而是充分阐明它的意义。
- (2) 列举最合适的例题。
- (3) 写出数值计算的要领。
- (4) 给出一些公式和常数的记忆方法。
- (5) 通过参考项目，以加深理解。

在写作中注意到上述各点，汇总了读者一定要知道的，和必须掌握的重要部分。我们认为这对中专生、大专生、大学生及其它学习电子学的人们，或者准备参加资格考试的人们巩固学过的知识是十分有用的。

本书在写作过程中参考了许多书，在此我们对这些书的作者表示深深的感谢。最后对为本书的出版做出了努力的东京电机大学出版社的有关各位表示谢意。

编 者

1974年5月

目 录

1. 电 磁 学

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1.1 欧姆定律·····(1) | 1.16 电磁作用力和 |
| 1.2 电阻·····(2) | 安培力·····(22) |
| 1.3 电阻的连接·····(3) | 1.17 电磁感应·····(23) |
| 1.4 基尔霍夫定律·····(5) | 1.18 自感应和自感·····(27) |
| 1.5 直流电桥·····(7) | 1.19 互感应和互感·····(28) |
| 1.6 电池的连接·····(8) | 1.20 自感和互感 |
| 1.7 电流的热效应和 | 的关系·····(29) |
| 电功率·····(9) | 1.21 线圈储存的 |
| 1.8 法拉第定律·····(11) | 能量·····(30) |
| 1.9 磁库仑定律·····(11) | 1.22 静电库仑定律·····(31) |
| 1.10 磁场·····(12) | 1.23 电场强度和 |
| 1.11 安培右手螺旋 | 电通密度·····(33) |
| 定律·····(14) | 1.24 高斯定理·····(34) |
| 1.12 毕奥·萨伐尔 | 1.25 电位和电位差·····(36) |
| 定律·····(15) | 1.26 电容量·····(37) |
| 1.13 安培环路定律·····(16) | 1.27 电容的连接·····(38) |
| 1.14 磁通密度和磁化 | 1.28 电容中储存 |
| ($B-H$) 曲线·····(18) | 的能量·····(40) |
| 1.15 磁路·····(20) | |

2. 交流电路

- | | |
|-------------------------------|---|
| 2.1 正弦波基础.....(42) | 2.11 交流电桥.....(66) |
| 2.2 正弦波基本
电路.....(45) | 2.12 耦合电路.....(68) |
| 2.3 $R-L-C$ 串联
电路.....(48) | 2.13 三相交流电
基础.....(69) |
| 2.4 $R-L-C$ 并联
电路.....(51) | 2.14 阻抗的 $\Delta \rightleftharpoons Y$
变换.....(72) |
| 2.5 单相电功率.....(53) | 2.15 三相电功率.....(73) |
| 2.6 符号法基础.....(55) | 2.16 四端网络.....(75) |
| 2.7 交流电路的
符号法求解.....(58) | 2.17 分布参数电路
基础.....(79) |
| 2.8 迭加原理.....(62) | 2.18 驻波.....(81) |
| 2.9 戴维宁定理.....(64) | 2.19 非正弦波.....(82) |
| 2.10 互易定理.....(65) | 2.20 直流电路的瞬态
过程.....(84) |

3. 电子电路

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 3.1 $3/2$ 次方定律和
电子管的
三参数.....(89) | 和增益.....(93) |
| 3.2 阳极损耗和
阳极效率.....(90) | 3.5 电子管低频放大
电路.....(94) |
| 3.3 电子管放大电路
基础.....(91) | 3.6 晶体管的 α 和 β(97) |
| 3.4 放大倍数 | 3.7 晶体管放大电路
基础.....(98) |
| | 3.8 偏置电路.....(101) |
| | 3.9 晶体管 RC 耦合 |

放大电路·····(103)	电 路 ·····(116)
3.10 变压器耦合放大 电路·····(106)	3.17 外差式检波·····(118)
3.11 功率放大电路··(108)	3.18 LC 振荡电路·· (119)
3.12 中和电路·····(110)	3.19 晶体振荡电路··(121)
3.13 振幅调制 (AM) ·····(111)	3.20 RC 振荡电路··(123)
3.14 频率调制 (FM) ·····(114)	3.21 脉冲电路·····(124)
3.15 相位调制 (PM) ·····(115)	3.22 电源电路的 特性·····(125)
3.16 电抗管调频	3.23 整流电路·····(126)
	3.24 平滑滤波电路··(128)
	3.25 电阻衰减器····(130)
	3.26 滤波器·····(131)

4. 电 子 测 量

4.1 误差及其修正··(134)	4.7 电子管参数的 测 量····· (140)
4.2 分流器和 倍增器···· (135)	4.8 晶体管 α 及 β 的 测 量····· (142)
4.3 单相功率 的 测量···· (136)	4.9 晶体管 h 参数的 测 量····· (144)
4.4 中值电阻的 测 量····· (138)	4.10 频率的 测量·· (146)
4.5 低值电阻的 测 量····· (139)	4.11 Q 表·····(148)
4.6 高值电阻的 测 量····· (139)	4.12 整流电路特性的 测 量····· (150)

5. 电子设备和其它

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 5.1 有关发射机的
测量……………(153) | 5.9 电波传播的
基础……………(167) |
| 5.2 调幅波、调制率
的测量……………(155) | 5.10 电声测量
……………(171) |
| 5.3 超外差式
接收机……………(156) | 5.11 立体电路基础…(173) |
| 5.4 电视……………(158) | 5.12 雷达……………(176) |
| 5.5 半波长天线……………(160) | 5.13 10 进制和 2 进制
的换算……………(177) |
| 5.6 $1/4$ 波长接地
天线……………(162) | 5.14 逻辑代数
(布尔代数)…(179) |
| 5.7 有关天线的
测量……………(164) | 5.15 逻辑电路……………(181) |
| 5.8 匹配电路……………(165) | 5.16 运算电路……………(183) |

附 录

- 数学公式 ……………(186)

1. 电 磁 学

1.1 欧姆定律

〔1〕 电流 (图 1.1)

导体中电荷的移动谓之电流, 这个电流的大小是以每秒钟通过的电量来表示的。也就是说, 如导体中的某一横截面在 t (秒) 中均匀流过的电量为 Q (C), 则通过该截面的电流 I 的大小, 可用下式表示:

$$I = \frac{Q}{t} \text{ [A]} \quad (1.1)$$

另外, 在导体中有电流流过时, 任意一个横截面的电流大小皆相同, 这称为**电流的连续性**。

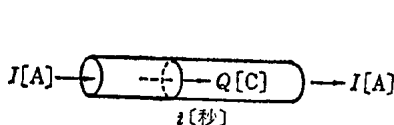


图 1.1



图 1.2

〔2〕 欧姆定律 (图 1.2)

电阻 R [Ω] 两端加上电压 V [V] 时所流过的电流 I 为:

$$I = \frac{V}{R} \text{ [A]} \quad (1.2)$$

《参考》单位的换算:

$$1[\text{mA}] = 10^{-3}[\text{A}]; \quad 1[\mu\text{A}] = 10^{-6}[\text{A}].$$

〔例题〕 1. 导体的横截面上在 3 秒钟内流过 30 C 的

电荷，求电流的大小？

〔解答〕
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{30}{3} = 10 \text{ [A]}$$

〔例题〕 2. $25[\text{k}\Omega]$ 电阻两端加以 100V 的电压，求流过的电流。

〔解答〕
$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{25 \times 10^3} = 4 \times 10^{-3} \text{ [A]} = 4 \text{ [mA]}$$

〔例题〕 3. 某电阻中流过的电流为 0.5mA ，两端的电压为 2V ，其电阻为多大？

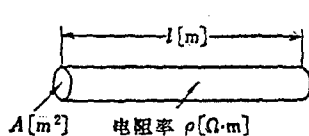
〔解答〕 将式(1.2)变形得：

$$R = \frac{V}{I} = \frac{2}{0.5 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^3 [\Omega] = 4[\text{k}\Omega]$$

1.2 电阻

〔1〕 电阻 (图 1.3)

长为 $l[\text{m}]$ 、横截面积为 $A[\text{m}^2]$ 、电阻率为 $\rho[\Omega \cdot \text{m}]$ 的导体的电阻 R 为：



$$R = \rho \frac{l}{A} [\Omega] \quad (1.3)$$

〔2〕 电导

电阻的倒数称为电导，表示

电流流过的难易程度。符号为 G ，

单位为姆欧，用 $[\Omega^{-1}]$ 或者 $[\text{S}]$ 表示。

$$G = \frac{1}{R} [\Omega^{-1}] \quad (1.4)$$

〔3〕 电阻的温度变化

温度为 $t_1[^\circ\text{C}]$ 时导体的电阻为 $R_1[\Omega]$ ，温度上升到

$t_2[^\circ\text{C}]$ 时导体的电阻为 $R_2[\Omega]$ ，设 $t_1[^\circ\text{C}]$ 时电阻的温度系数为 α_1 ，那么， R_2 为：

$$R_2 = R_1 \{1 + \alpha_1(t_2 - t_1)\} [\Omega] \quad (1.5)$$

〔例题〕 1. 求横截面积为 2mm^2 ，长为 100m 的软铜线的电阻。软铜线的电阻率为 $1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 。

〔解答〕 $A = 2 \times 10^{-6} \text{m}^2$ ，从式(1.3)得：

$$R = \rho \frac{l}{A} = 1.72 \times 10^{-8} \times 100 / 2 \times 10^{-6} = 0.86 [\Omega]$$

〔例题〕 2. $100[\text{k}\Omega]$ 电阻的电导为多少？

〔解答〕 从式(1.4)得：

$$G = 1/R = 1/100 \times 10^3 = 10^{-5} [\Omega^{-1}]$$

〔例题〕 3. 如果软铜线的电阻 20°C 时为 30Ω ， 50°C 时为多少 Ω ？已知 20°C 时电阻的温度系数为 0.00393 。

〔解答〕 从式(1.5)得：

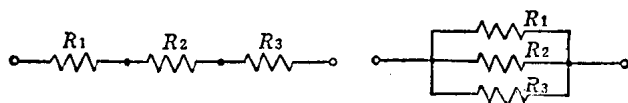
$$R = 30 \{1 + 0.00393(50 - 20)\} = 33.537 [\Omega]$$

1.3 电阻的连接

〔1〕 串联连接 [图 1.4(a)]

3 个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 串联连接时总电阻 R' 为：

$$R' = R_1 + R_2 + R_3 [\Omega] \quad (1.6)$$



(a) 串联连接

(b) 并联连接

图 1.4 电阻的连接

〔2〕 并联连接 [图 1.4(b)]

3 个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 并联连接时的总电阻 R' 为:

$$R' = \frac{1}{(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3)} [\Omega]$$

或者
$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} [\Omega] \quad (1.7)$$

2 个电阻 R_1 、 R_2 并联连接时的总电阻 $R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$,

由于其形式是积/和, 所以可用“和分之积”来记忆。

〔例题〕 1. 3 个阻值分别是 $1\text{k}\Omega$ 、 $2\text{k}\Omega$ 、 $3\text{k}\Omega$ 的电阻串联连接, 其两端所加电压为 300V 。求总电阻及电流。

〔解答〕 总电阻 $R' = R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 2 + 3 = 6 [\text{k}\Omega]$
由欧姆定律得流过的电流为:

$$I = \frac{V}{R'} = \frac{300}{6 \times 10^3} = 50 \times 10^{-3} [\text{A}] = 50 [\text{mA}]$$

〔例题〕 2. 3 个阻值分别是 10Ω 、 20Ω 、 40Ω 的电阻并联连接, 求总电阻为多少欧姆。

〔解答〕 由式(1.7)知, 总电阻 R' 为:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{40}$$

$$= \frac{4 + 2 + 1}{40} = \frac{7}{40}$$

$$\therefore R' = \frac{40}{7} \approx 5.7 [\Omega]$$

《参考》单位换算

名 称	微微	毫微	微	毫	千	兆	千兆
符 号	p	n	μ	m	k	M	G
大 小	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^3	10^6	10^9

1.4 基尔霍夫定律

〔1〕第1定律 (节点电流定律)

流入电路中某点的电流之和与从该点流出的电流之和相等。例如图 1.5

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 \quad (1.8)$$

又可写作 $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$, 所以也可以说: “流入某一点的电流的代数和为零”。

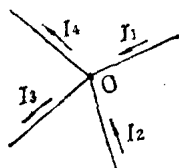


图 1.5

〔2〕第2定律 (回路电压定律)

按一定方向沿电路中某一闭合回路走一圈, 其闭合回路电动势的代数和与电阻的电压降的代数和相等。

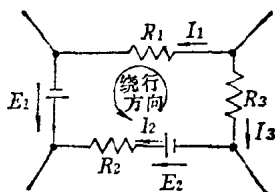


图 1.6

例如: 对于图 1.6 有:

$$E_1 - E_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2 - R_3 I_3 \quad (1.9)$$

〔例题〕 求图 1.7 回路中流过各电阻的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 。

〔解答〕 假定各支路的电流方向如图, 对节点 A 应用基尔霍夫第 1 定律:

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

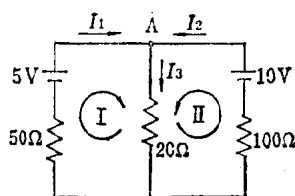


图 1.7

对于闭合回路 I、II 应用基尔霍夫第 2 定律:

$$\text{I: } 50I_1 + 20I_3 = 5 \quad (2)$$

$$\text{II: } 100I_2 + 20I_3 = 10 \quad (3)$$

解 (1)、(2)、(3) 联

立方程组得:

$$I_1 = 0.05[\text{A}], I_2 = 0.075[\text{A}], I_3 = 0.125[\text{A}].$$

《参考》

(a) 二元一次联立方程组的行列式解法:

$$\begin{cases} ax + by = c \\ dx + ey = f \end{cases}$$

这个联立方程组的解 x 、 y 的求法如下:

$$x = \frac{\begin{vmatrix} c & + & -b \\ f & \times & e \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a & + & -b \\ d & \times & e \end{vmatrix}} = \frac{ce - bf}{ae - db}$$

$$y = \frac{\begin{vmatrix} a & + & -c \\ d & \times & f \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a & + & -b \\ d & \times & e \end{vmatrix}} = \frac{af - cd}{ae - db}$$

如上述箭头所示, 粗线表示的积为正号; 细线表示的积为负号。此外, 上述二式具有相同的分母。

(b) 三元一次联立方程组的解法:

$$\begin{cases} ax+by+cz=d \\ ex+fy+gz=h \\ ix+jy+kz=l \end{cases}$$

$$x = \frac{\begin{vmatrix} d & b & c \\ h & f & g \\ l & j & k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a & b & c \\ e & f & g \\ i & j & k \end{vmatrix}} = \frac{d f k + b g l + c h j - c f l - d g j - b h k}{a f k + b g i + c e j + c f i - a g j - b e k}$$

y, z 亦以同样的方法求解。

1.5 直流电桥

如图 1.8 所示, 开关 S 合上时, 电流计 G 中没有电流流过的状态称为电桥平衡。电桥处于平衡状态时, 下式成立。

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \quad (1.10)$$

也就是说, 电桥对边电阻的积相等时, 电桥平衡。

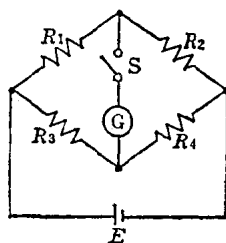


图 1.8

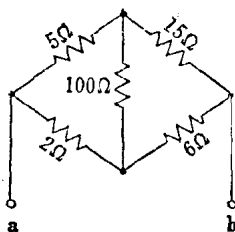


图 1.9

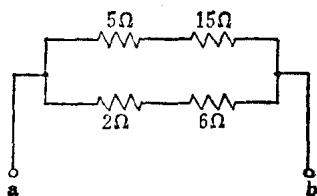


图 1.10

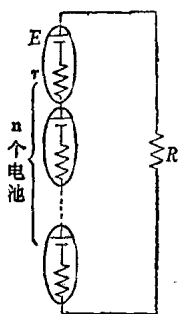
〔例题〕 电路如图1.9所示。求ab间总电阻的表达式。

〔解答〕 对于图中电路来说，因为有 $5 \times 6 = 15 \times 2$ 的关系，所以此电桥平衡， 100Ω 的电阻中没有电流流过，从而可化为图 1.10 的电路。

因此，总电阻 R' 为：

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{5+15} + \frac{1}{2+6} = \frac{1}{20} + \frac{1}{8} = \frac{7}{40}$$

$$\therefore R' = \frac{40}{7} \approx 5.7 \text{ } [\Omega]$$



1.6 电池的连接

〔1〕 串联连接（图 1.11）

n 个电动势为 $E[V]$ ，内阻为 $r[\Omega]$ 的电池串联连接时，负载电阻 R 中流过的电流 I 为：

$$I = \frac{nE}{nr + R} \text{ } [A] \quad (1.11)$$

〔2〕 并联连接（图 1.12）

图 1.11 串联连接 n 个电动势为 $E[V]$ ，内阻为 $r[\Omega]$ 的电池并联连接时，负载电阻 R 中流过的电流 I 为：