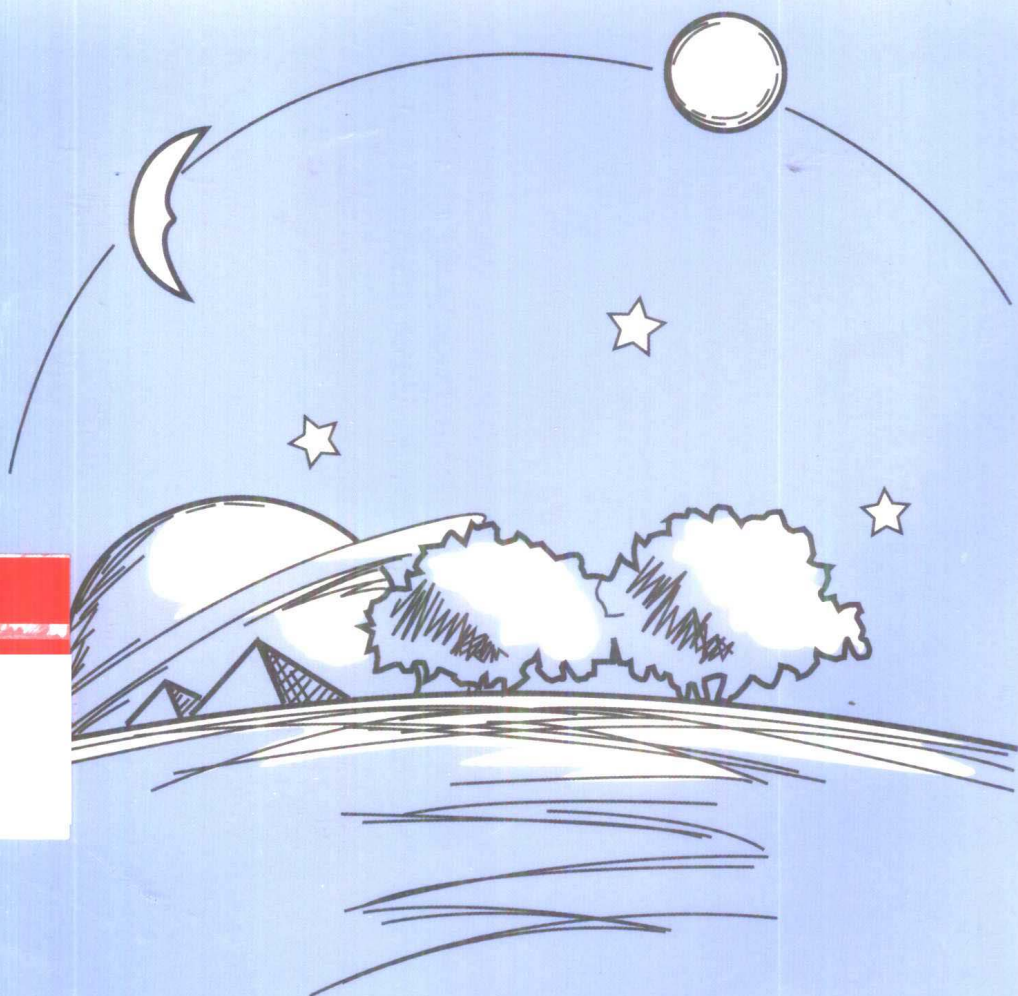


图解电子电路系列

1

电路基础

〔日〕 饭高成男 著



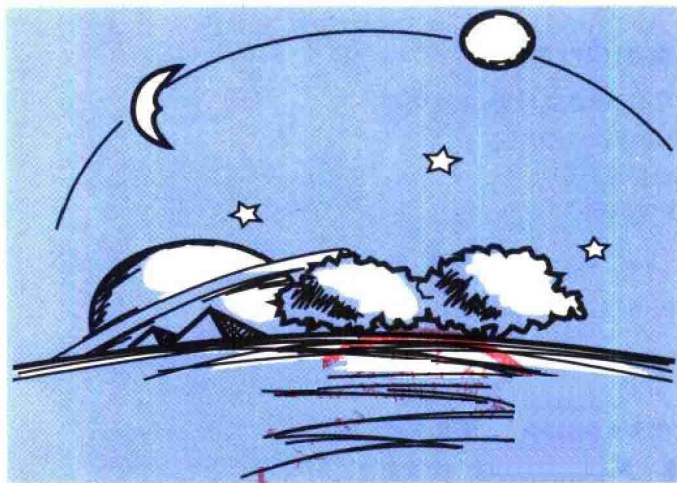
科学出版社

OHM社

图解电子电路系列①

电 路 基 础

〔日〕 饭高成男 著
张 建 荣 译



OHM 社

2001

图字:01-97-1033 号

Original Japanese edition

ETOKI DENSHIKAIRO SHIRIIZU① DENKI・DENSHI NO KISO

by Shigeo Lidaka

Copyright © 1987 by Shigeo Lidaka

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. And SCIENCE Press

Copyright © 1997

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

絵とき電子回路シリーズ①

電気・電子の基礎

飯高成男 オーム社 1987

图书在版编目(CIP)数据

电路基础/[日]饭高成男著;张建荣译.

北京:科学出版社,1997

图解电子电路系列①

ISBN 7-03-006213-2

I. 电… II. ①饭… ②张… III. 电子电路-电路理论-图解 IV. TN701

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 18939 号

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

1997 年 12 月第 一 版 开本: A5(889×1230)

2001 年 3 月第二次印刷 印张: 6 3/4

印数: 5 001--10 000 字数: 206 000

定 价: 16.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

由于弹道电子晶体管(电子能以枪炮子弹般的速度移动)和 16 兆位超大容量动态 RAM(随机存储器)等的开发,电子电路元件以火箭般的速度发展着。尽管使用这种元件的电子电路技术越来越先进,但基本的电子电路结构作为各种家用电器等电子设备的一部分,会在人们生活中永久地存在下去。

本书是**图解电子电路系列**的首卷本,它面向将要学习电子电路的广大读者。为了明了电和电子的基本情况,书中收入大量的照片和插图,以取得视觉上易于理解的效果。

本书由直流电路,交流电路,构成电路的实际 R 、 L 、 C 和变压器,半导体元件,电池和电源电路,与电子电路有关的计算方法等 6 章组成,包含许多理论的和实际的知识。

学好电路基础,与理解电子电路有很密切的关系,理解了电子电路,则可以进一步向应用发展。希望读者能将本书作为电子电路的导论或入门书加以运用。在每章的最后附有练习题,以便自己检查理解的程度。希望本书在培养实际能力方面对读者能有所帮助。

在本书出版之际,特向自始至终提供大力帮助的欧姆出版社各位表示衷心的感谢!

作 者

目 录

1 章 直流电路

1.1	电学的基础始于欧姆定律	2
1.1.1	电压和电流的关系	2
1.1.2	欧姆定律	3
1.1.3	电压、电流、电阻的单位	4
1.2	电阻的串联分压	6
1.2.1	串 联	6
1.2.2	串联的总电阻	7
1.2.3	串联分压	8
1.2.4	分压的应用	8
1.3	电阻的并联分流	10
1.3.1	并 联	10
1.3.2	并联的总电阻	10
1.3.3	并联电阻的分流	11
1.3.4	分流的应用	12
1.3.5	串并联的总电阻	12
1.4	复杂电路电流的求法	14
1.4.1	基尔霍夫定律	14
1.4.2	叠加原理	16
1.4.3	戴维南定理	17
1.5	焦耳定律和电功率	20
1.5.1	焦耳定律	20
1.5.2	电功率	20
1.5.3	电 能	21
1.6	电容及电容的连接	22
1.6.1	电 容	22
1.6.2	电容的大小	22
1.6.3	电容的连接	24

1.7 电感及线圈的连接	26
1.7.1 电磁感应	26
1.7.2 电 感	27
1.7.3 线圈的连接	28
练习题	30

2 章 交流电路

2.1 交流表示方法	34
2.1.1 交 流	34
2.1.2 正弦交流	34
2.1.3 频率和周期	36
2.1.4 瞬时值和最大值	37
2.1.5 平均值	37
2.1.6 有效值	38
2.1.7 相 位	39
2.2 在 R, L, C 上加交流电压	40
2.2.1 交流和矢量	40
2.2.2 矢量和复数	41
2.2.3 纯电阻的交流电路	42
2.2.4 纯电感的交流电路	43
2.2.5 纯电容的交流电路	45
2.3 RLC 的串联电路和并联电路	47
2.3.1 RLC 串联电路	47
2.3.2 RLC 并联电路	50
2.4 由频率决定的串联谐振和并联谐振 ...	53
2.4.1 串联谐振	53
2.4.2 并联谐振	56
2.5 交流的电功率	58
2.5.1 R, L, C 的电功率	58
2.5.2 阻抗电路的电功率	60
2.6 由充放电引起的过渡现象	62
2.6.1 过渡现象	62
2.6.2 RC 串联电路的过渡现象	62
2.6.3 RL 串联电路的过渡现象	65

2.7 在晶体管电路中使用的四端网络	67
2.7.1 四端网络	67
2.7.2 四端网络常数的意义	68
2.7.3 开路、短接、镜像阻抗	69
练习题	71

3 章 构成电路的实际 R, L, C 和变压器

3.1 实际的电阻器	74
3.1.1 电阻值的表示方法	74
3.1.2 固定电阻器	74
3.1.3 集成电路化的固定电阻器	76
3.1.4 半固定电阻器和可变电阻器	77
3.2 实际的电容器	79
3.2.1 电容器的表示	79
3.2.2 固定电容器	79
3.2.3 可变电容器	82
3.3 实际的线圈	83
3.3.1 线圈的等效电路	83
3.3.2 线圈的功能和用途	84
3.3.3 按形状划分的线圈的种类和用途	84
3.4 可调电压的电源变压器	87
3.4.1 电源变压器	87
3.4.2 变压器的原理	87
3.4.3 铁芯和线圈	88
3.5 耦合电路的变压器	91
3.5.1 变压器	91
3.5.2 阻抗匹配	91
练习题	95

4 章 半导体元件

4.1 参与导电的电子和空穴	98
4.1.1 电子带负电并具有能量	98
4.1.2 价电子和自由电子	98

4.1.3	自由电子和空穴的产生	99
4.1.4	表示载流子状态的能带	100
4.2	半导体有 p 型和 n 型	102
4.2.1	硅和锗是半导体的代表	102
4.2.2	本征半导体	102
4.2.3	杂质半导体的 n 型、p 型 半导体	104
4.3	二极管的结构和使用方法	107
4.3.1	二极管的形状和图形符号	107
4.3.2	二极管的结构和工作原理	107
4.3.3	pn 结二极管的特性	110
4.3.4	二极管的使用方法	111
4.4	特殊的二极管	113
4.4.1	稳压二极管	113
4.4.2	变容二极管	113
4.4.3	发光二极管(LED)	114
4.4.4	雪崩光电二极管(APD)	116
4.5	晶体管的结构和作用	117
4.5.1	晶体管的各种形状和名称	117
4.5.2	晶体管的结构和图形符号	117
4.5.3	晶体管的性质	118
4.5.4	晶体管的作用	120
4.6	晶体管的使用方法	122
4.6.1	对晶体管施加电压的方法	122
4.6.2	晶体管的最大额定值	122
4.6.3	对电路设计有用的电特性	125
4.6.4	晶体管的检验	127
4.7	FET	128
4.7.1	场效应晶体管的结构和图形 符号	128
4.7.2	FET 的性能	129
4.7.3	FET 的特性	130
4.7.4	FET 电压的加法	131
4.7.5	FET 的用途	131
4.8	调光器中使用的闸流晶体管	132

4.8.1	SCR 的结构和特性	132
4.8.2	使用 SCR 的调光装置	134
4.8.3	各种闸流晶体管	134
4.9	集成度越来越高的集成电路	136
4.9.1	集成电路	136
4.9.2	集成电路按结构分类	136
4.9.3	集成电路按功能分类	138
4.9.4	存储器用集成电路	139
4.9.5	集成电路的封装形式	141
	练习题	142

5 章 电池和电源电路

5.1	各种一次电池的结构	146
5.1.1	电 池	146
5.1.2	电池的种类	147
5.2	一次电池的使用方法	154
5.2.1	一次电池的主要用途	154
5.2.2	电池的连接	155
5.2.3	电池使用时应注意的事项	158
5.3	使交流成为单方向的整流电路	161
5.3.1	半波整流电路	161
5.3.2	全波整流电路	161
5.3.3	倍压整流电路	163
5.3.4	整流电路的特性	165
5.4	形成平滑直流的平滑电路	167
5.4.1	平滑电路的必要性	167
5.4.2	最简单的平滑电路	167
5.4.3	其他的平滑电路	168
5.4.4	二极管的安全措施	170
5.5	稳压电源电路	172
5.5.1	稳压电路的必要性	172
5.5.2	稳压电路的原理	172
5.6	实际的稳压电源电路	174
5.6.1	采用稳压二极管的最简单的稳压	

电路	174
5.6.2 使用晶体管的稳压电路	175
5.6.3 使用集成稳压器的稳压电路	177
5.6.4 开关稳压电路	178
练习题	181

6 章 理解电子电路有关的计算方法

6.1 能简单地解联立方程式的行列式	184
6.1.1 行列式	184
6.1.2 二元联立方程式的解法	184
6.1.3 三元联立方程式的解法	186
6.2 交流基础的三角函数	189
6.2.1 三角函数	189
6.2.2 一般角的三角函数	190
6.2.3 三角函数的相互关系和反三角 函数	191
6.2.4 三角函数的定理	192
6.3 大数、小数的指数和对数	193
6.3.1 指数	193
6.3.2 对数	193
6.3.3 分贝	195
练习题	197

练习题解答	199
-------------	-----

1 章

直流电路

电子电路是由晶体管、集成电路(IC)、电阻、电容、线圈等构成的,而这些元件通过直流起各种各样的作用。因此,为了理解电子电路,必须首先学习直流电路。

本章包括表示电压、电流、电阻之间的关系欧姆定律(它是电学的基础),分压及分流电阻的串、并联,复杂电路中求电流等的基尔霍夫定律及叠加原理和戴维南定理,表示电流和热之间相互关系的焦耳定律和功率,电容量和电荷的关系以及电容的连接,电感及线圈的连接等,其内容涉及整个直流电路。

1.1 电学的基础始于欧姆定律

1.1.1 电压和电流的关系

在图 1.1 所示的电压、电流的测量电路中,当将开关 S 按 0,1,⋯,5 的次序依次切换时,加在电阻 R 上的电压按 0,10,⋯,50V 递增。同时,随着电压 V 的变化,流过电阻 R 的电流也发生变化。

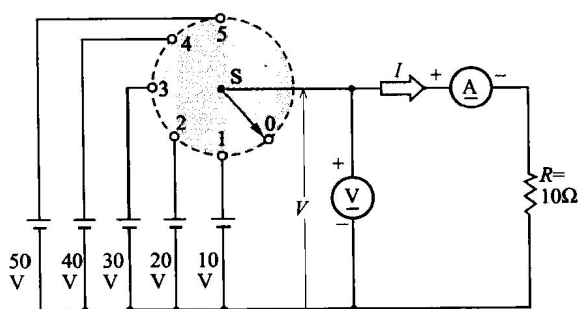
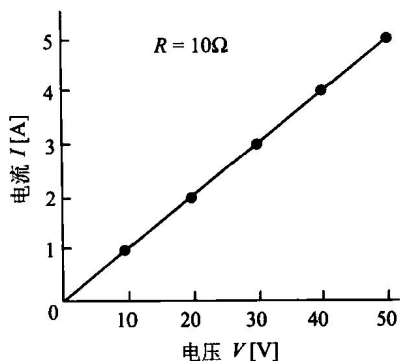


图 1.1 电阻固定的电压和电流的测量电路

图 1.2 是用图表示上述结果的曲线图。由图 1.2 可知,如果将电压增大到 2 倍、3 倍,电流也增大到 2 倍、3 倍,电压与电流成正比。因此,如果电阻固定,电流 I 与电压 V 成正比。



其次,像图 1.3 那样将加在电阻上的电压 V 固定在 10V,将开关 S 按 0,1,⋯,5 的次序依次切换,看一看电阻的大小与电流的大小有什么关系,其结果如图 1.4 所示。

图 1.2 电压和电流的关系

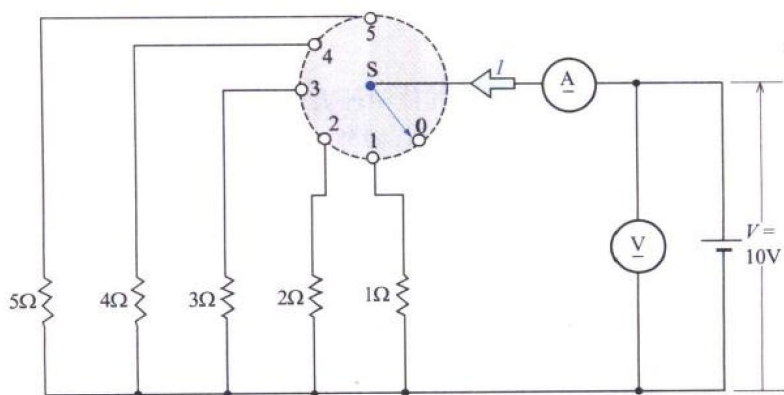


图 1.3 测量电路

由图 1.4 可知,将电阻增大到 2 倍、3 倍时,电流却反而减小到原来的 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$, 电流与电阻成反比。因此,如果电压固定,电流与电阻成反比。

1.1.2 欧姆定律

我们知道,如果电阻固定,电流的大小与电压成正比;如果电压固定,电流的大小与电阻成反比。这里,假定电流用 $I[\text{A}]$ 表示,电压用 $V[\text{V}]$ 表示,电阻用 $R[\Omega]$ 表示,则由以上的关系可得到下式:

$$I = \frac{V}{R} [\text{A}] \quad (1.1)$$

上述关系由德国物理学家欧姆(Georg Simon Ohm)于 1826 年用实验得到证明,取其名字而称为**欧姆定律**。在电学理论中,这是最重要的公式。

将式(1.1)的两边乘以 R ,就得到

$$V = RI [\text{V}] \quad (1.2)$$

将式(1.2)的两边用 I 相除,就得到

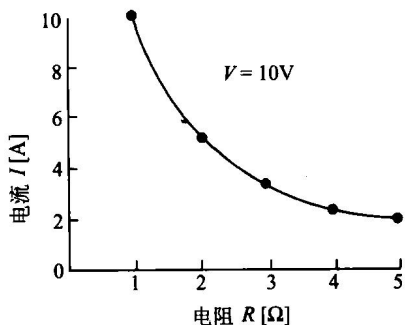


图 1.4 电阻和电流的关系

$$R = \frac{V}{I} [\Omega] \quad (1.3)$$

式(1.2)和式(1.3)是欧姆定律的其他两种表述形式。

因此,电压、电流、电阻三个量中,即使一个量的值未知,只要知道其他两个值,就可以利用式(1.1),(1.2),(1.3)中的一个公式求其未知量。

欧姆定律的记忆方法

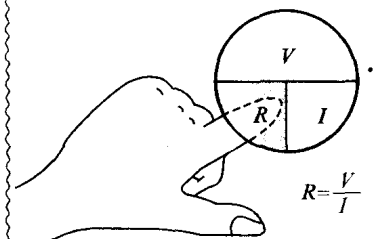


图 1.5

像图 1.5 那样画一个圆,将其划分为三部分,在上面部分写上电压 $V[V]$,在下面部分写上电阻 $R[\Omega]$ 和电流 $I[A]$ 。

在图中,上下是除法运算,上面是分子,下面是分母,而下面部分则是乘法运算。

求未知量时,像图那样用手指遮盖该部分,由剩余部分算出未知量。因此, R 是 V 除以 I 。

同样, I 是 V 除以 R , V 是 R 和 I 的积。

1.1.3 电压、电流、电阻的单位

表 1.1 电压、电流、电阻的单位

量	单位	单位名称	单位的关系
电压	kV	千伏[特]	$1\text{kV} = 1000\text{V} = 10^3\text{V}$
	V	伏[特]	
	mV	毫伏[特]	$1\text{mV} = 0.001\text{V} = 10^{-3}\text{V}$
	μV	微伏[特]	$1\mu\text{V} = 0.000001\text{V} = 10^{-6}\text{V}$
电流	A	安[培]	
	mA	毫安[培]	$1\text{mA} = 0.001\text{A} = 10^{-3}\text{A}$
	μA	微安[培]	$1\mu\text{A} = 0.000001\text{A} = 10^{-6}\text{A}$
电阻	Ω	欧[姆]	
	k Ω	千欧[姆]	$1\text{k}\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$
	M Ω	兆欧[姆]	$1\text{M}\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$

在电压、电流、电阻的单位中, $[V]$, $[A]$, $[\Omega]$ 各自作为基本单位被使用。然而, 在像 $10^{-3}V$, $10^{-6}A$, $10^6\Omega$ 那样使用小值或大值时, 大多在单位上加上词头毫(m)、微(μ)和兆(M)(参看表 1.1)。



1. 在 $1.5V$ 的干电池上加上 200Ω 的电阻时, 流过多少毫安的电流?
2. 在图 1.6 的电路中, 当将开关 S 置于 1 时, 电路中流过 $20\mu A$ 的电流。电阻 R 为多少 $k\Omega$? 另外, 将开关 S 置于 2 时, 为了使电路中流过 S 置于 1 时的 3 倍的电流, 电压为多少?



1. 用 $I = \frac{V}{R}$, $I = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{200} = 0.0075A$, 这里, 由于 $1A = 1000mA = 10^3mA$, 所以 $0.0075 \times 10^3 = 7.5mA$

2. 用 $R = \frac{V}{I}$ 。由于 $1\mu A = 10^{-6}A$, 所以

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{20 \times 10^{-6}} = 0.5 \times 10^6 = 0.5M\Omega = 500k\Omega$$

另外, 由 $V = RI$, 当电阻固定时, 电压与电流成正比, 所以 $V = 30V$ 。

(另外解法) $I = 20 \times 10^{-6} \times 3 = 60 \times 10^{-6}$

所以 $V = RI = 500 \times 10^3 \times 60 \times 10^{-6} = 30V$

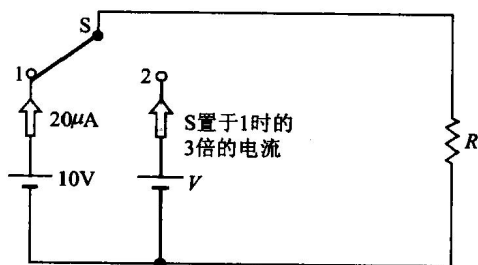


图 1.6

1.2 电阻的串联分压

1.2.1 串 联

将两个或两个以上的电阻连接成一列的,称为电阻的**串联**。例如,两个电阻 R_1, R_2 的串联是如图 1.7 那样将端子 $1'$ 和 2 连接起来成为一列。

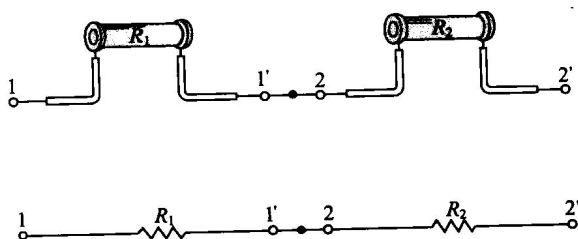


图 1.7

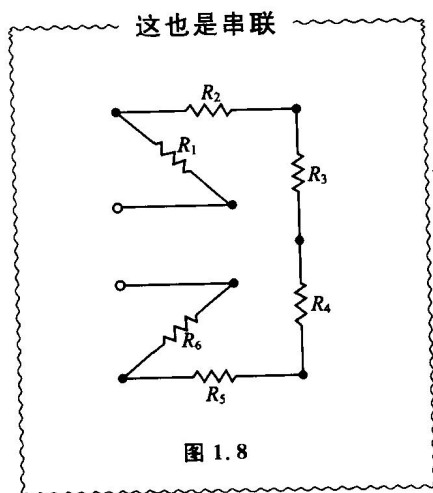


图 1.8

图 1.9(a)是将 n 个电阻 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ 串联,在其上加电源电压 $V[V]$ 的电路。这时,流过电路的电流和从电源流出的电流,流过电阻 $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ 的电流,返回到电源的电流,都是同样大小的电流。

1.2.2 串联的总电阻

在图 1.9(a)中,当加上电压 $V[V]$ 时,电路中就流过电流 $I[A]$ 。这时根据欧姆定律各电阻两端的电压为

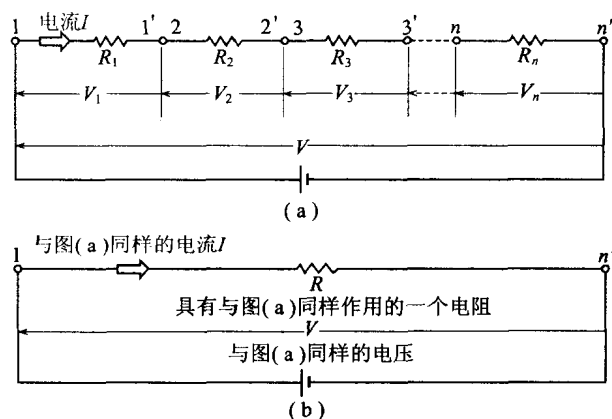


图 1.9 串联和合成电阻

$$V_1 = R_1 I, V_2 = R_2 I, V_3 = R_3 I, \dots, V_n = R_n I \quad (1.4)$$

同样,由于 $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ 的和与电源的电压 V 相等,所以

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \\ &= R_1 I + R_2 I + R_3 I + \dots + R_n I \end{aligned}$$

$$V = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) I \quad (1.5)$$

其次,如图 1.9(b)那样,在一个电阻 $R[\Omega]$ 上加上与图 1.9(a)相同的电压 $V[V]$ 时,如果流过与图 1.9(a)的情况相同大小的电流 $I[A]$,则根据欧姆定律

$$V = RI \quad (1.6)$$

这时,图 1.9(a)的串联的总电阻与图 1.9(b)的一个电阻 $R[\Omega]$ 起相同的作用。这样,把几个电阻放在一起换成起同样作用的一个电阻,这个电阻就称为总电阻。

因此,串联的总电阻根据式(1.5),(1.6),可以写成

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n [\Omega] \quad (1.7)$$

即几个电阻的串联总电阻等于各电阻的和。