

Mc
Graw
Hill

电子工程师便携手册

DIAN ZI GONG CHENG SHI
BIAN XIE SHOU CE

(美) Stan Gibilisco 著
江剑平 等译



机械工业出版社
China Machine Press

Mc
Graw
Hill

Education

电子工程师便携手册

(美) Stan Gibilisco 著

江剑平 承欢 应根裕 译
田立生 顾茂章



机械工业出版社

本书对电子学基础理论、实用技术及最新发展动态进行了系统的介绍,其内容主要包括电磁与电路、电源、常用电子器件与实用电路、数字电路、传感器、电子测量与监控、信息技术、无线电通信等。书中在后四章列出电子工程中常用的数学、物理、化学、通信等数据,并在书后列出书中出现的主要名词术语,以便于读者检索查阅。

本书的主要读者对象为电子工程师,电工、通信等专业的工程技术人员,以及广大喜爱电子科学、有兴趣探索电子学奥秘的青年读者。

Electronics Portable Handbook/Stan Gibilisco

ISBN:0-07-134415-2

Copyright © 2000 by McGraw-Hill, Inc. All rights reserved.

本书中文简体字版由美国麦格劳-希尔教育出版集团和机械工业出版社合作出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。本书封面贴有 Mc Graw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。

本书版权登记号:图字:01-2000-3627 号

图书在版编目(CIP)数据

电子工程师便携手册/(美)基比里斯科(Gibilisco, S.)

著:江剑平等译. —北京:机械工业出版社, 2002. 1

书名原文:Electronics Portable Handbook

ISBN 7-111-09627-4

I. 电… II. ①基…②江… III. 电子技术-工程技术人员-手册 N. TN-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 088525 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:刘永 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧

封面设计:陈沛 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印制·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·14.25 印张·422 千字

0 001--4 000 册

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821, 68326677-2527

前 言

这是一本对于电子技师、电子工程师、电子业余爱好者和学生的方便的、易于携带的通用参考书。书中某些资料来自于应用于电子学的数学、物理和化学领域,还包括电子学缩写词和图形符号表。

作者努力使本书的编排尽量符合逻辑并简明扼要地描述内容而又能很好为读者理解。欢迎对再版提出建议。欢迎用电子邮件按下列地址同我联系:<http://members.aol.com/stangib>。

Stan Gibilisco

译者序

20 世纪 80 年代,有两本美国未来学家的著作曾经在我国风靡一时。一本是阿尔温·托夫勒的代表作《第三次浪潮》,另一本是约翰·奈斯比特的代表作《大趋势》。在这两本书中,他们预言了信息时代与信息社会的来临,并描述了这个时代与社会的特征。10 多年的时间过去了,当我们还正在对书中的内容细细品味的时候,信息时代和信息社会却已飞快地来到了我们的面前。现在,信息技术(IT)不仅已成为推动世界经济发展的强大动力,而且已渗透到我们的学习、工作、生活、娱乐等方方面面。因此,有越来越多的人,包括非 IT 的从业人员,都希望学习一点 IT 的基本知识,了解它的基本原理与基本应用,已是非常自然的事情。摆在读者面前的这本《电子工程师便携手册》便是为满足广大初学者的学习需求所写作的一本科学读物,同时又是为在信息技术和电子技术领域内工作的工程技术人员准备的一本简明参考工具书。

本书的最大特点是用通俗易懂的语言和清晰的物理概念为读者勾画出了“电子学”这一学科领域的全貌。正如《时间简史》的作者史蒂芬·霍金所说的那样:书中的每一个方程都会使书的销售量减半,本书的作者也采用了以非数学语言来讲解电子学的方法,读者在阅读过程中不会遇到数学上的困难。但从另一个角度来说,由于要用有限的篇幅涉猎该学科领域如此之宽的知识面,因此在每个知识点上都不可能讲述得深入或透彻。读者在阅读本书时,只应把它看作是带领大家走向博大精深知识殿堂的向导,而非博大精深知识殿堂的本身。

本书的另一个特点是具有鲜明的时代色彩。电子学的基本原理、基本定律、甚至一些基本元器件和基本电路在数十年间虽无大的变化,但它们的应用都是千变万化、日新月异。本书从应用的角度反映了 20 世纪末、21 世纪初的这个阶段电子学学科领域的发展状况以及在实际应用方面所取得的成就。本书中列举的许多应用实例甚至可作为大学本科教

材的良好补充。

本书的译者是清华大学几位长期从事电子学领域教学与科研工作的退休教师。第1~4章由承欢翻译;第5~9章,第24、26章由江剑平翻译;第10~13章,第23、25章由应根裕翻译;第14~19章由田立生翻译;第20~22章及名词索引由顾茂章翻译。译稿全文最后由江剑平统校。原稿中有个别错误、疏漏的地方在翻译中已作修改,重要之处加以注释。译文中如有不妥之处欢迎读者指正。

译者

2001年8月于清华园

目 录

前言

译者序

第 1 章 直流电	1
1.1 直流电的性质	1
1.2 欧姆定律	3
1.3 电阻性网络	5
1.4 直流磁场	11
第 2 章 交流电	15
2.1 频率和波形	15
2.2 度、弧度和幅度	19
2.3 相位关系	22
2.4 电力传输	25
第 3 章 阻抗	28
3.1 感抗	28
3.2 RL 电路中的电流和电压	30
3.3 容抗	32
3.4 RC 电路中的电流和电压	34
3.5 虚数	36
3.6 特性阻抗	39
3.7 导纳	41
第 4 章 数字基础	44
4.1 计数系统	44
4.2 逻辑	46
4.3 二进制逻辑门电路	47

4.4	数字电路	48
4.5	二进制数字通信	50
4.6	数据类型与转换	51
4.7	数据压缩	53
4.8	分组通信	54
4.9	红绿蓝(RGB)色彩模型	55
4.10	数字信号处理	56
第5章 金属导线与电缆		58
5.1	金属导线	58
5.2	导线的绞接	61
5.3	电缆	63
5.4	光纤光缆	66
5.5	连接器	67
第6章 电源		71
6.1	电源的组成	71
6.2	电源变压器	71
6.3	整流器	73
6.4	滤波器	76
6.5	稳压	78
6.6	设备保护	78
6.7	电化学电源	80
6.8	专用电源系统	85
6.9	人身安全	87
第7章 二极管		88
7.1	PN 结	88
7.2	电源应用	89
7.3	信号应用	91
7.4	振荡和放大	96
7.5	光(电)发射	97
7.6	光敏二极管	98

第 8 章 晶体管与集成电路	100
8.1 双极型晶体管	100
8.2 电流放大	103
8.3 双极型晶体管的基本电路	104
8.4 场效应晶体管	105
8.5 电压放大	108
8.6 金属-氧化物-半导体场效应晶体管	109
8.7 场效应晶体管的基本电路	111
8.8 集成电路	113
8.9 线性集成电路	115
8.10 数字集成电路	116
8.11 元件密度	117
8.12 集成电路存储器	118
第 9 章 变送器和传感器	120
9.1 声变送器	120
9.2 电磁变送器	122
9.3 机电变送器	123
9.4 传感器	128
第 10 章 电子管	134
10.1 电子管的类型	134
10.2 三极管	136
10.3 多栅管	137
10.4 基本电路	138
10.5 阴极射线管	140
10.6 摄像管	141
10.7 行波管	143
第 11 章 振荡器	145
11.1 射频振荡器	145
11.2 振荡器稳定性	149
11.3 晶体控制振荡器	150

11.4 音频振荡器	153
第 12 章 放大器	155
12.1 放大系数	155
12.2 基本放大器	156
12.3 放大器分类	157
12.4 效率和驱动	159
12.5 音频放大	161
12.6 射频放大	163
第 13 章 滤波器和衰减器	166
13.1 选择性曲线	166
13.2 选择性滤波器的特性	170
13.3 特种滤波器	172
13.4 电网滤波器	175
13.5 衰减器	176
第 14 章 通信	178
14.1 网络	178
14.2 卫星	181
14.3 个人通信系统	182
14.4 业余通信	185
14.5 闪电	187
14.6 安全性和保密性	189
第 15 章 无线电接收机	196
15.1 简单接收机	196
15.2 现代接收机	198
15.3 检波前各级	199
15.4 检波器	201
15.5 音频级	203
15.6 电视接收	204
15.7 特殊无线电技术	207

第 16 章 无线电发射机	211
16.1 振荡与放大	211
16.2 调制	211
16.3 模拟数字转换	219
16.4 图像传输	219
第 17 章 定位、导航和控制系统	224
17.1 雷达	224
17.2 声纳	225
17.3 测向	226
17.4 测距	227
17.5 外延极坐标导航和对数极坐标导航	228
17.6 机器人制导	230
17.7 机器视觉	233
17.8 遥控	234
第 18 章 天线系统	238
18.1 辐射电阻	238
18.2 半波天线	239
18.3 $1/4$ 波长天线	241
18.4 环形天线	242
18.5 接地系统	243
18.6 增益和方向性	245
18.7 相控阵天线	247
18.8 无源阵列	248
18.9 特高频和微波天线	250
18.10 馈线	252
18.11 安全	253
第 19 章 电磁频谱	255
19.1 基本性质	255
19.2 电波极化	258
19.3 地表面和电离层传播	259

19.4	对流层传播	263
19.5	传播特性与频率的关系	264
第 20 章	噪声和干扰	269
20.1	外部噪声	269
20.2	内部噪声	272
20.3	降低噪声	273
20.4	无线干扰	277
20.5	电磁干扰	277
20.6	邻频道干扰	278
20.7	非射频系统	281
第 21 章	测量和监控系统	283
21.1	电流表	283
21.2	特种仪表	286
21.3	监控系统	290
21.4	财产保护装置	295
第 22 章	物理数据	297
22.1	国际单位制	297
22.2	电单位	298
22.3	磁单位	301
22.4	其他单位	301
22.5	前缀乘子	302
22.6	其他单位制	303
22.7	国际单位制的转换	303
22.8	电单位的转换	305
22.9	磁单位的转换	307
22.10	其他单位的转换	307
22.11	常数	309
第 23 章	数学数据	311
23.1	希腊字母	311
23.2	常用数学符号	312

23.3	上标和下标	315
23.4	科学计数法	315
23.5	有效数字	317
23.6	代数定理	318
23.7	坐标系	319
23.8	三角学	323
23.9	对数	325
第 24 章	化学数据	327
24.1	原子和分子	327
24.2	元素	329
24.3	化合物和混合物	337
第 25 章	电子学缩写词	342
第 26 章	其他数据	389
26.1	图形符号	389
26.2	莫尔斯电码	397
26.3	Q 信号	398
26.4	十字码	402
26.5	语音字母表	410
26.6	协调世界时间	410
26.7	焊接和去除焊料	412
26.8	机器人时代	416
26.9	湿件	417
索引		419

第 1 章 直 流 电

直流电 (dc) 是始终沿着同一方向流动的电荷载流子流。这是直流电与交流电 (ac) 的区别所在。电流的大小不需要永远保持不变, 但既然定义为直流电, 其载流子流的方向就一定不能逆转。

1.1 直流电的性质

图 1-1 给出电流对时间的四种波形图。图 1-1a、b、c 描绘的是直流电, 因为即使电流的幅度是随时间变化的, 但电流始终是沿同一个方向流动。图 1-1d 不是直流电, 因为电流流动的方向在不断地变化。

1.1.1 电流

电流是电荷载流子(通常是电子)流动速率的度量。1安培(1A)的电流代表每秒钟有 1库仑(1C)的电荷载流子(6.24×10^{18} 个电子)流过给定点。电流也常常用毫安来表示, 简写作 mA, $1\text{mA} = 0.001\text{A}$ 。有时也用微安(μA)表示, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A} = 0.001\text{mA}$ 。现在也越来越常用到纳安(nA), $1\text{nA} = 0.001\mu\text{A} = 10^{-9}\text{A}$ 。

几毫安的电流就会打你一下, 50mA 的电流就会将你严重击伤, 100mA 的电流如果流过胸腔就会致

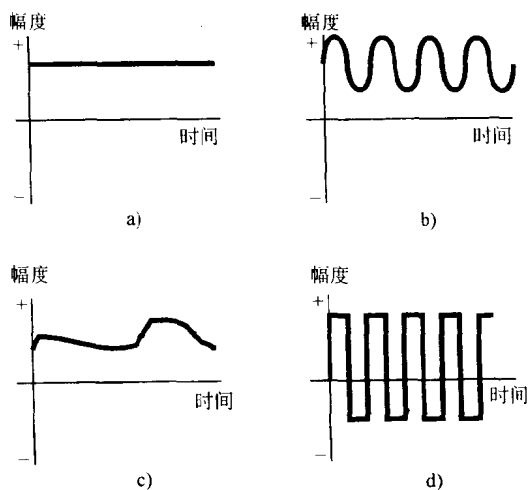


图 1-1 波形示例

a)、b)、c) 直流电波形 d) 非直流电波形

命。在某些线路中会有极大的电流流过,如通过大型发电机输出端金属电极的电流就是如此。在这种情形下,电阻非常小,同时发电机也能产生大量的电荷来。

在某些半导体电子设备(如微电脑)中,几纳安的电流就足以完成复杂的电子过程。某些电子钟支取的电流也极少,在电池的有效期内,钟能够一直工作。

1.1.2 电阻

电阻是电路对电流流动的对抗。电阻的标准单位是欧姆(Ω)。其他常用的单位还有千欧($k\Omega$), $1k\Omega = 1000\Omega$, 以及兆欧($M\Omega$), $1M\Omega = 1000k\Omega = 10^6\Omega$ 。

当电流流过电阻性材料时,在电阻性物体的两端就一定会产生电位差(电压)。流过电阻的电流越大,两端的电位差就越大。一般来说,倘若电阻不变,电压是同电流成正比的。

电路总有一定的电阻。当某些金属冷却到极低的温度时,它们实际上会失去全部电阻,但永远不会变成理论上的纯导体。同样也没有理论上无穷大的电阻,尽管在实际意义上可以是无穷大的。空气在某种程度上也是导电的,尽管其影响通常小到可以忽略不计。在一些电子应用中,是根据它们的电阻在多大程度上接近无穷大来选用材料的,这些材料被用作良好的绝缘器材和电容器的电介质材料。

在实用的电子电路中,某个特定元件的电阻会随着其工作条件的变化而变化,例如,晶体管在某些时候会有极高的电阻,在另一些时候又会有很低的电阻。这种高低波动可每秒发生几千次、几百万次甚至几十亿次。

1.1.3 电动势

在 1Ω 电阻两端加上 $1V$ 的电动势将在电阻中产生 $1A$ 的电流。通常就是这样来定义伏特的。但是在没有电流流动时也可能存在电动势,例如在雷击发生前就是如此。没有连接上任何东西的电池也是如此。只有在存在导电通道时电荷载流子才会运动。

大的电动势未必产生大的电流。有一个很好的例子就是当你在地毯上来来回回走过之后,你身体上会形成几千伏的电动势,这听起来似乎很危险,但其实没有多少库仑的电子。因此当你去触摸一个接地物体

时,相对而言并没有多少电子流过你的手指,你只是被轻轻地打了一下。

如果存在许多库仑的有效电荷载流子,像 100V 这样中等大小的电动势就可以产生通过人体的致命电流。这就是为什么在带电情况下去维修某些电子设备,尤其是使用真空管的电子设备,是非常危险的。这类系统的电源能释放出大量的电荷通过人的身体,如果导电通道经过心脏,就造成了触电致死。

1.1.4 直流电源

典型的直流电源有整流电源、电化学电池、光电池和光电池板。直流电流的大小或幅度可以随时间而波动,这种波动也许是周期性的。其中某些情形是直流电上叠加有交流成分,如图 1-1b。接收调制光通信信号的光电池的输出就是这样一个例子。直流电源有时也称为*直流电发生器*。

电池和各种其他的直流电源产生一个恒定的电压,它们称作*纯直流*,在电压对时间的图上可以用一根直的水平线来表示,如图 1-1a。在这种情形,峰值与有效值相同,而峰-峰值等于零,因为瞬时幅度从不变化。在某些情况下,直流电压值随着时间迅速地脉动或振荡,就像交流电波的变化。例如,半波或全波整流器未经滤波的输出就是*脉动直流*。

1.2 欧姆定律

大多数直流电路都可以简化为三个主要的元件:一个电压源,一组导线和一个电阻。电压或电动势源以 E 表示,导线中的电流和电阻分别用 I 和 R 表示。电流、电压和电阻之间的相互关系是电路的最基本的法则之一,它称为*欧姆定律*,是用第一个表述这个关系的科学家欧姆的名字命名的。该定律由如下三个公式来表示:

$$E = IR$$

$$I = \frac{E}{R}$$

$$R = \frac{E}{I}$$

你只需要记住第一个方程就可以推导出另外两个来。最容易的记忆方法是记住 E 代表电动势或电压, I 代表电流, R 代表电阻, 再记住它们是按字母顺序出现的, 而等号是在 E 的后面。你也可以想像一个如图 1-2 所示的三角形, 字母 E, I, R 也是以字母顺序出现的, 自上而下, 自左至右。

假如给出的初始量不是以伏特、安培和欧姆为单位, 那么必须先转换成这些单位再行计算。此后你还可以把结果的单位再转回到你喜欢用的单位去。例如, 如果你计算得到的电阻为 $13\,500\,000\Omega$, 你也许更喜欢写成 $13.5\text{M}\Omega$ 。

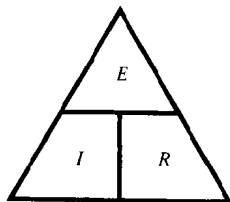


图 1-2 用于帮助记忆的
欧姆定律三角形

1.2.1 电流计算

欧姆定律的第一个用途是用来计算直流电路中的电流值。要求得电流就必须知道电压和电阻或能推导出它们来。

参照图 1-3 的原理图, 它由一个可调节的直流电源, 一个电压表, 若干导线, 一个电流表和一个带刻度的宽量程电位器所组成。若直流电源给出 10V 电压, 电位器调在 10Ω 的值, 则用公式 $I = E/R$ 就能求得电流值。把 E 和 R 的值代入公式, 它们都等于 10, 因为所用的单位是伏特和欧姆, 于是 $I = (10/10)\text{A} = 1\text{A}$ 。

1.2.2 电压计算

欧姆定律的第二个用途是知道了电流和电阻后求未知的电压。设图 1-3 中的电位器调在 100Ω , 所测得的电流为 10mA , 用公式 $E = IR$ 来求电压。首先, 把电流的单位换成安培: $10\text{mA} = 0.01\text{A}$, 然后与电阻值相乘: $E = 0.01 \times 100\text{V} = 1\text{V}$ 。

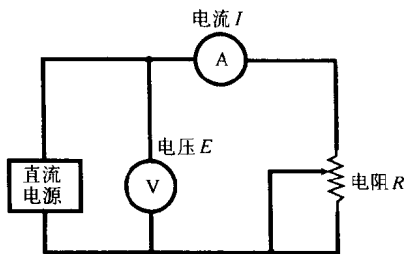


图 1-3 验证欧姆定律的电路

若电位器调在 $157\text{k}\Omega$, 电流表的读数是 17mA , 那么就要把电阻和电流值都换算成合适的单位: $157\text{k}\Omega = 157\,000\Omega$, $17\text{mA} = 0.017\text{A}$, 然后两者相乘: $E = IR = 0.017 \times 157\,000\text{V} = 2669\text{V} = 2.669\text{kV}$, 你也可以四舍五入为 2.67kV 。