

电工电子 技术手册

ELECTRICAL ENGINEERING HANDBOOK

〔日〕 电气学会 编

徐国鼎 王友功
刘辅宜 薛培鼎 译
崔东印



科学出版社
www.sciencep.com

电工电子技术 手册

〔日〕电气学会 编
王友功
徐国鼎 薛培鼎 译
刘辅宜 崔东印

科学出版社
北京

图字: 01-2003-3492 号

内 容 简 介

在 21 世纪,电工、电子技术在广泛的领域发挥着举足轻重的作用,涉及领域有电力、电子、通信、控制、机械以及材料、能源,等等。作为新世纪的工程技术人员要掌握应用于众多产业和民用、军用等广泛领域的电工电子技术是很有必要的。

本书作为内容极其丰富的电工电子技术手册,将成为正在或者未来准备从事工程技术及科研工作的人士的“好帮手”。本书共由 22 篇构成,内容涉及电子物理、电磁学、电工电路、电子电路、电工电子材料、电工电子测量、自动控制、电气设备、电力电子技术、各种发电方式、输配电与室内配线、照明与热应用、电动力应用、电气铁道与交通系统、电子技术应用、电子计算机与信息处理、信息通信、机械控制应用系统、系统工程与工业工程等。

本书内容涉及面广、叙述简明易懂、插图丰富,重点名词配有相应的英文,最后专门设置附录介绍与本书有关的数学公式;书后给出的索引也可使读者便于查找相关内容。

本书读者对象广泛,可供电工电子相关专业的工程技术人员、科研人员以及各层次的学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术手册/(日)电气学会编;徐国鼎等译. —北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-012851-6

I. 电… II. ①电… ②徐… III. ①电工技术-技术手册 ②电子技术-技术手册 IV. ①TM-62 ②TN-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 010598 号

责任编辑:肖京涛 崔炳哲 / 责任制作:魏 谨

责任印制:刘士平 / 封面设计:来佳音

科 学 出 版 社 出 版

· 北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100712

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

北京东方科龙图书有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 9 月第 一 版 开本: A5(890×1240)

2004 年 9 月第一次印刷 印张: 49 3/4

印数: 1—4 000

字数: 1 942 000

定 价: 110.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

编撰委员会委员

主 任 藤森和雄(东京通信网络株式会社)
副主任 雨宫好文(名古屋大学名誉教授)

委员

- | | | |
|----------|-------|-------------|
| 第Ⅰ部分干事 | 村上孝一 | (八户工业大学) |
| 第Ⅱ部分干事 | 冈田隆夫 | (关西大学) |
| 第Ⅲ部分干事 | 宅间 董 | (京都大学) |
| 第Ⅳ部分干事 | 正田英介 | (东京理科大学) |
| 第Ⅴ部分干事 | 浅居喜代治 | (福山平成大学) |
| 第Ⅵ部分干事 | 雨宫好文 | (名古屋大学名誉教授) |
| Ⅰ—第1篇主编 | 末松安晴 | (高知工科大学) |
| 第2篇主编 | 村上孝一 | (八户工业大学) |
| 第3篇主编 | 柳泽 健 | (芝浦工业大学) |
| 第4篇主编 | 宇都宫敏男 | (东京理科大学) |
| 第5篇主编 | 家田正之 | (爱知工业大学) |
| Ⅱ—第6篇主编 | 丹羽 登 | (东京大学名誉教授) |
| 第7篇主编 | 长谷川健介 | (桐荫学园横滨大学) |
| 第8篇主编 | 冈田隆夫 | (关西大学) |
| 第9篇主编 | 原岛文雄 | (东京大学) |
| Ⅲ—第10篇主编 | 上之园亲佐 | (关西电力) |
| 第11篇主编 | 大山 彰 | (原子力文化振兴财团) |
| 第12篇主编 | 本间琢也 | (筑波大学名誉教授) |
| 第13篇主编 | 上之茵博 | (电力中央研究所) |
| 第14篇主编 | 星野聪史 | (关电工) |
| Ⅳ—第15篇主编 | 广濑淳雄 | (东京电机大学) |
| 第16篇主编 | 正田英介 | (东京理科大学) |
| 第17篇主编 | 坂田浩一 | (日本电信) |
| 第18篇主编 | 滨川圭弘 | (立命馆大学) |
| Ⅴ—第19篇主编 | 荻原 宏 | (京都大学名誉教授) |
| 第20篇主编 | 寺田浩诏 | (高知工科大学) |
| 第21篇主编 | 前川禎男 | (关西学院大学) |
| 第22篇主编 | 浅居喜代治 | (福山平成大学) |
| Ⅵ—第23篇主任 | 谷口富裕 | (资源能源厅) |
| 第24篇主任 | 雨宫好文 | (名古屋大学名誉教授) |

执笔者

浅居喜代治	泽田知义	平河内良树	榎本龙幸	鸟原 大	松本健一郎
浅野和俊	菅居绅至	平原和晃	大岛道隆	中田和男	松本正一
安达三郎	菅原昌敬	深尾 正	太田 宏	永田美之介	松本丞士
荒井聪明	铃木颖二	深川裕正	大野荣一	中沼 尚	丸山寿一
池内久和	铃木忠二	藤井寿崇	大野秀嶺	中野道雄	马渡贤治
池田纘一	铃木俊男	藤井信生	冈田隆夫	纳谷干夫	三木哲也
石井彰三	曾根 悟	古本光信	小泽丈夫	西永 颂	水谷照吉
石井六哉	高桥一弘	保立和夫	桂井 诚	西原明法	村上博之
石崎 彰	高桥宏次	堀 克彦	加藤雄三	仁田旦三	森 享
石桥幸男	田口 治	本多 隆	菅野 允	丹羽信昭	森山 隆
井口征士	田所睦雄	本间琢也	楠 菊信	丹羽 登	安田幸夫
岩本英雄	田中英夫	前川禎男	国枝博昭	根本俊雄	山口卓余
上坂恭正	谷 祐辅	正田英介	黑住祥祐	野口 透	山田知穗
植田拓郎	中钵宪贤	町田征彦	小谷 诚	野田耕一	山田 实
上野照刚	纲岛 滋	松井信行	财满镇明	滨川圭弘	横井俊夫
内野研二	壶井芳昭	松木纯也	佐藤 晓	原 宏	横田一正
梅野正义	津元光男	松村正清	泽口祐介	原口英二	横山 功

写在本版第九次印刷之时

本手册发行十年来受到广大读者的喜爱,在此深表谢意。占本书大部分的电工技术的基本内容及论述,即使在今天仍然很新鲜并非常有用。但是,在此期间,日本的“电气事业法”等相关法规有所改动。所以本书对与法规关系较深的“电气设备技术基准”作了彻底的修改。在第9次印刷之际,在资源能源厅的协助下,按照法规的改动对第23篇“电气事业及相关法规”¹⁾的内容进行全面修改的同时,还对与电力相关的很多数据做了刷新。希望继续得到广大读者的厚爱。

编撰委员会主任 藤森和雄

1998年2月

1) 因原书第23篇介绍的基本是日本的各项电气、电力、通信法规,与我国实际情况差异较大,所以中译本中删除了这一篇的全部内容。——编者注

写在袖珍版发行之时

随着电子技术和计算机技术的进步,电气、电子、通信和信息技术都获得了显著发展。时隔十多年《电工电子技术手册》第4版经全面修订之后于1987年正式发行。虽然书价稍高一些,但开本从过去的A5改成了B5,字体也较大更便于读者阅读,所以受到了广大读者的好评。读者对象也从当初的学生扩大到专业技术工作者和管理工作者。

近年来赞扬手册类图书的状况出现了很大地变化,常常听到很难买到手册的抱怨声。尤其是正处于学习阶段、急需学习的青年读者,希望购买手册的呼声更为强烈。

因此电气学会决定对手册的内容进行更新和充实,并以普及版的形式奉献给读者,便于更多的学生购买。并再次发行可随身携带便于随时学习的缩小版(由B5缩小为A5)《袖珍版电工电子技术手册》。

作为一部极具参考价值的书籍,希望本书能对学习电工电子技术的中职中专学生、高职高专学生、大学生以及各种技术领域的技术工作者的学习提供方便。

电气学会会长·东京大学教授

工学博士 关根泰次

1990年3月

第四版序

对于被称之为“高度信息化社会”或者“高度技术社会”的当今的社会来说,以电工技术为基础的知识和技术不仅在信息通信领域发挥了巨大作用,在能源、材料系统、机械控制等领域中也发挥着重要作用。也就是说,作为一种众多产业和民用领域的基础技术,包括电子技术和计算机通信技术在内的电工技术的知识是必不可少的。

《电工电子技术手册(第三版)》自1973年出版发行以来已经十多年了,其内容已不再能适应现在的社会发展状况,所以决定进行修订。按照充实各种应用领域的基础知识和介绍实用科学的基本方针,成立了全新的编辑委员会,对手册进行全面修订。

在第四版中把第三版的“电气理论”经充实内容后分成了“电工电子物理”、“电磁学”和“电路”等三篇,使读者在阅读时系统性更强、学习更方便。另外,对应于不断发展和不断扩大的应用领域,新设立了“电力电子学”、“能量转换和新发电方式”、“电子技术的应用”、“信息通信系统”、“机械控制应用系统”等篇章,其内容包含基本技术和发展动向,可为有关的技术工作者的学习提供方便。并且鉴于今后技术工作者对系统和经营方面的知识的需求日益迫切的发展趋势,在第四版中还特意设立了“系统工程和工业工程”一篇。

经上述大刀阔斧地修订,本手册的内容从以前的以电力技术为中心的原有的电工技术的构架向电子技术扩展,变得更能适应社会发展、内容更为广泛,可以说已更新成了“综合电工电子技术”。

尽管如此,第四版仍然继承了自1950年初版以来本手册原有的作为手册最本质的“准确地把握事物的概念”和“立竿见影”的实用性的传统风格。

因此,本手册的读者极为广泛。不仅限于电力、电子、通信、信息、控制、机械等领域的电子技术人员,还包括与材料、能源有关的领域的工程技术人员,以及学习电工技术的中职中专学生、高职高专学生和大学本科生。相信本手册会为各位读者的工作和学习发挥积极作用,成为读者的“好帮手”。

最后,在本书出版之际,向各篇的主编、执笔者,以及工作于第一线的有关人员在百忙之中抽空为本书提供的帮助表示感谢。编撰委员会副主任雨宫教授审阅了全部的原稿,并做了必要的修改。各部分的干事对各部分内容的统一协调做了大量工作。OHM社的相关人员为本书的改版和在最短时间内出版本书付出了辛勤的劳动。在此谨向以上的各位表示深深的谢意。

编撰委员会主任 藤森和雄

1987年6月

特点及用法

(1) 从“综合电工电子技术”的角度出发,集电工电子基础及相关领域知识之大成

包括电子、计算机技术,广义上的与电有关的技术是支撑高科技社会的基础科学技术。本书力求从过去的以强电为主体的构架中解脱出来,重点放在内容新颖,理论与实际紧密结合。

(2) 内容准确、简明易懂

本书是由培育了众多工程技术人员的日本电气学会主持编写的权威性手册。编委和执笔者均来自相关领域第一线的资深人士。

(3) “物”和“事”的概念紧密联系实际

弄清事物的基本概念并掌握它是手册的生命。以“实用的知识”作为编辑本书的基本方针,并将这一方针始终贯穿整本书。

(4) 无论对学习和工作,本书都是“立竿见影”的“个人数据库”

能在书中直接找到想知道的内容,能直接得到充分的答案,本书是理想的“数据库”。内容易懂,知识丰富并提供了大量的数据。

(5) 是各种资格考试的实用参考书

对参加各种技术资格考试的人士来说,本书是一本不可多得的参考书,在获得答案的同时,还能起到整理归纳知识的作用。

(6) 为便于读者理解问题,给出众多实例和数值例

为了帮助读者正确地理解书中的内容并能实际应用,本书不仅对概念做了阐述,还尽可能地给出一些具体事例和数值例。

(7) 以注释(Note)的方式对书中的内容加以补充

为了帮助读者加深对书中专业术语、内容和计算公式的理解,在书中以“注释(Note)”的形式对内容进行了补充。

(8) 携带方便,便于大中专学生随身携带,随时查阅

A5 开本的小型尺寸,便于携带,可随时查阅。

目 录

第 1 篇 电子物理

第 1 章 物质的结构	1
1.1 晶体结构	1
1.2 结晶力和晶体的种类	3
1.3 声 子	4
1.4 晶体的热性质	6
1.5 晶格缺陷和位错	6
1.6 结构解析法	7
1.7 非晶体	8
第 2 章 真空中的带电粒子现象	8
2.1 带电粒子的运动方程式	8
2.2 均匀电磁场中的运动	9
2.3 不均匀电磁场中的运动	11
2.4 在时变电场中的运动	12
2.5 带电粒子束的传播	12
2.6 电子发射	13
第 3 章 固体晶体和金属的电子现象	15
3.1 自由电子气体	15
3.2 能 带	17
3.3 电子的传导现象	19
第 4 章 半导体的电子现象	21
4.1 半导体的晶体结构和能带结构	21
4.2 半导体的电子电导率	24
4.3 本征半导体和杂质半导体	27
第 5 章 电介质和磁性体	31
5.1 电介质极化	31
5.2 顺电性材料	31
5.3 强电介质	33
5.4 强介电性、压电性的宏观分析论	35
5.5 物质的磁场	36
5.6 抗磁性和顺磁性	37

5.7 铁磁性和交换相互作用	38
5.8 磁化曲线和磁域	40
5.9 磁致伸缩现象	41
第 6 章 放电现象和等离子体	41
6.1 气体的电离	41
6.2 均匀电场中的放电	42
6.3 各种放电现象	44
6.4 等离子体	46
6.5 等离子体的基础方程式	48
6.6 等离子体中的波动	49
6.7 等离子体的封闭	50
6.8 等离子体测量	51
第 7 章 音响物理	52
7.1 弹性体的性质	52
7.2 均匀物质的弹性系数	53
7.3 弹性波的波动方程式	54
7.4 弹性波的传播	55
7.5 气体和液体中的声波	57
7.6 弹性波的反射与折射	58
7.7 传播损失(衰减)	60
第 8 章 超导物理	61
8.1 超导现象	61
8.2 约瑟夫森效应	63
8.3 高磁场超导体	66
第 9 章 量子电子学	68
9.1 相干光和非相干光	68
9.2 受激发射和自发发射	69
9.3 激光器	70
9.4 光通信	73
9.5 非线性光学效应	73

第 2 篇 电磁学

第 1 章 电荷与静电场	77
1.1 电 荷	77
1.2 电荷守恒定律	77
1.3 静电感应	77
1.4 库仑定律	78

1.5 静电场和电力线	78
1.6 高斯定律	79
1.7 电 位	80
1.8 静电场计算举例	82
第 2 章 导体系统和电容	84
2.1 导体系统	84
2.2 电 容	85
2.3 静电屏蔽	87
2.4 电容器及其联接	88
2.5 电容中存储的能量	89
第 3 章 电介质	90
3.1 电通量密度和电介质	90
3.2 电介质的极化	91
3.3 电介质的边界条件	92
3.4 电介质和电容器	93
3.5 电场的能量	93
3.6 特殊电介质现象	93
第 4 章 稳态电流和电阻	94
4.1 稳态电流	94
4.2 欧姆定理和电阻	95
4.3 电阻的联接	97
4.4 基尔霍夫定律	97
4.5 焦耳定律	98
4.6 特殊导电现象	98
4.7 电 解	100
4.8 电 池	100
第 5 章 电流产生的磁场	101
5.1 电流产生的磁场	101
5.2 毕奥-萨伐尔定律	102
5.3 安培环路积分定律	103
5.4 电流产生的磁场的计算举例	103
第 6 章 磁性体	106
6.1 磁性体和磁偶极子	106
6.2 磁化和磁化电流	107
6.3 磁化率和磁导率	108
6.4 磁性体的边界条件	109
6.5 铁磁物质的磁化	109

6.6 磁铁和磁极	111
6.7 磁 路	111
6.8 磁屏蔽	112
6.9 地 磁	112
第 7 章 电磁感应	113
7.1 法拉第定律	113
7.2 在磁场中运动的导体	114
7.3 电 感	115
7.4 电感的计算	116
7.5 磁场的能量	118
7.6 趋肤效应	119
7.7 涡 流	119
第 8 章 电磁力	120
8.1 作用于电荷的电磁力	120
8.2 磁场中电流受到的作用力	122
8.3 作用于边界面的静电力	123
8.4 作用于磁性体边界面上的磁力	124
8.5 麦克斯韦应力	125
第 9 章 电磁波和天线	125
9.1 位移电流	125
9.2 电磁波	126
9.3 单元电流的发射	127
9.4 微小环路电流的发射	128
9.5 开口天线的发射	128
9.6 方向性和方向性增益	129
第 10 章 波导的基础知识	130
10.1 电磁波的传播线路	130
10.2 TEM 波传播线路	130
10.3 波导管	132
10.4 光 纤	134
第 11 章 国际单位制(SI 单位制)	135

第 3 篇 电工电路

第 1 章 电路与电路元器件	137
1.1 无源电路元件	137
1.2 电 源	140
1.3 基尔霍夫定律	141

1.4 功率与能量	141
第2章 电阻电路	143
2.1 串并联电路	143
2.2 具有多个电源的电路	143
2.3 梯形电路	143
2.4 电阻衰减器	144
2.5 桥式电路	145
第3章 正弦波交流和复数表示	145
3.1 正弦波交流	145
3.2 正弦波交流响应	146
3.3 正弦波交流的复数表示	146
3.4 阻抗和导纳	147
3.5 交流功率	147
第4章 基本交流电路	148
4.1 谐振电路	148
4.2 电抗电路	150
4.3 桥式电路和X形电路	151
4.4 并联T形网络和桥接T形网络	152
4.5 固定电阻网络	153
4.6 变压器电路	154
第5章 回路方程式及定理	156
5.1 回路方程式	156
5.2 各种定理	159
第6章 四端网络	163
6.1 四端参数	163
6.2 四端网络的连接	166
6.3 驱动点函数和传递函数	168
第7章 三相交流电路	170
7.1 三相电路的表示	170
7.2 三相电路的一次变换	172
第8章 傅里叶级数和非正弦波交流	175
8.1 傅里叶级数	175
8.2 复数形式的傅里叶级数	178
8.3 傅里叶级数的性质	179
8.4 非正弦波信号的稳态响应	181
第9章 傅里叶变换	182
9.1 从傅里叶级数到傅里叶积分	182

9.2	有关傅里叶变换的各种性质	185
9.3	各种波形的变换例	187
9.4	电路的响应波形	188
9.5	采样定理	189
第 10 章	基本电路的过渡现象	190
10.1	常数线性常微分方程	190
10.2	RL 电路的过渡现象	191
10.3	RC 电路的过渡现象	194
10.4	LCR 电路的过渡现象	196
第 11 章	拉普拉斯变换	197
11.1	拉普拉斯变换及其逆变换	197
11.2	拉普拉斯变换的性质	199
11.3	各种函数的拉普拉斯变换	201
11.4	用拉普拉斯变换进行电路分析	203
11.5	电路分析举例	205
第 12 章	分布参数电路	206
12.1	基础方程式	206
12.2	反射和透射	208
12.3	正弦波激励的稳态响应	209
12.4	驻波和电路矩阵	210
12.5	分布参数滤波器	212
第 4 篇 电子电路		
第 1 章	电压源和电流源	215
1.1	独立电源	215
1.2	控制电源	216
第 2 章	晶体三极管、FET 的动作和等效电路	216
2.1	晶体三极管的动作	217
2.2	晶体三极管的静态特性	219
2.3	FET 的动作及特性	219
2.4	晶体三极管与场效应晶体管的符号	221
2.5	晶体三极管的等效电路	222
第 3 章	基本放大电路	224
3.1	放大电路的参数	224
3.2	晶体三极管和 FET 的偏置电路	225
3.3	晶体三极管与 FET 的基本放大电路	227
3.4	组合放大电路	230

3.5	放大电路的频率特性	233
3.6	功率放大电路	233
3.7	直流耦合放大电路	235
3.8	乘法电路	237
第4章	负反馈放大电路	238
4.1	负反馈的原理	238
4.2	负反馈的效果	239
4.3	负反馈的稳定性	240
4.4	负反馈放大电路举例	241
第5章	运算放大器电路	242
5.1	运算放大器的特性	242
5.2	在线性电路中的应用	244
5.3	在非线性电路中的应用	246
第6章	振荡电路	249
6.1	正弦波振荡电路	249
6.2	非正弦波振荡电路	251
6.3	电压控制振荡电路	253
6.4	PLL 和频率合成器	254
第7章	调制解调电路	254
7.1	振幅调制解调电路	254
7.2	频率调制解调电路	257
7.3	脉冲调制	259
第8章	数字电路	260
8.1	波形处理电路	260
8.2	基本逻辑电路	262
8.3	组合逻辑电路	265
8.4	运算电路	268
8.5	时序电路	270
8.6	存储电路(记忆电路)	274
8.7	A/D 转换器、D/A 转换器	275
8.8	数字滤波器	278
8.9	微处理器	280
第9章	集成电路	282
9.1	集成电路的种类	282
9.2	单片半导体集成电路	282
9.3	混合集成电路	284
第10章	电源电路	285

10.1 整流电路	285
10.2 稳压电源	287
10.3 变换器	288

第5篇 电工电子材料与部件

第1章 电介质与绝缘材料 289

1.1 电介质与绝缘材料物理特性	289
1.2 绝缘材料的分类	293
1.3 气体绝缘材料	293
1.4 液体绝缘材料	294
1.5 固体绝缘材料	295

第2章 导电材料与电阻材料 301

2.1 导体、电阻材料的物理特性	301
2.2 导体材料	303
2.3 裸电线	304
2.4 绝缘电线	304
2.5 电力电缆	309
2.6 通信电缆	310
2.7 电阻材料	313
2.8 开关接触材料	315

第3章 半导体材料 317

3.1 半导体的物理特性	317
3.2 半导体材料	322

第4章 电子器件 325

4.1 二极管	325
4.2 晶体三极管	328
4.3 超高频器件	333
4.4 集成电路	335
4.5 电子管	342
4.6 激 光	346
4.7 特殊器件	348

第5章 功能材料 350

5.1 光电子材料	350
5.2 热电偶材料	354
5.3 压电与热电材料	355
5.4 功能高分子材料	356

第6章 磁性材料 358