

电子工程师手册

(上)

[美] D. G. 芬克
D. 克里斯坦森

《电子工程师手册》翻译组 译

西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书系统而又详尽地介绍了电子工程所涉及的各个方面,包括电子工程的基本原理;电子元器件与组件;电子线路及其功能以及电子系统与应用等。书中内容丰富、概念清楚,面向工程实际,反映了近20年来电子学各应用领域的发展和成果以及发展的趋向,是电子学领域一部综合性和实用性都很强的参考书和工具书。

本书适用于从事电子元器件、电子线路与系统设计、制造、应用和维护的工程技术人员参考;可为高等院校的师生提供工程应用的题材,补充教材联系实际方面的不足;也可为研究机构的科研人员提供广泛的背景知识和电子元器件、电子线路与系统设计分析的基础知识。

(陕)新登字 007 号

Electronics Engineers' Handbook

DONALD G. FINK

DONALD CHRISTIANSEN

McGraw-Hill, Inc., 1989

电子工程师手册

D. G. 芬克

[美]

D. 克里斯坦森

《电子工程师手册》翻译组 译

*

西安交通大学出版社出版

邮政编码 710049

西安交通大学出版社印刷厂印装

陕西省新华书店经销

*

开本 700×1000 1/16 印张 147.5 字数: 4114 千字

1992年2月第1版 1993年1月第1次印刷

印数: 1—1 000

ISBN7-5605-0480-9/TN·33

定价:(上、下册)140.00元

《电子工程师手册》翻译组名单

高级顾问 沈尚贤

翻译组组长 李人厚 杨蔚百

翻译组成员(以姓氏笔划为序)

卞正中 叶德璇 许凤东 朱世华 汪文秉 李人厚 肖衍明

余尚银 陈国光 陈 陵 孟中岩 张书明 赵 昕 段军政

秦祖荫 徐国治 殷勤业 梁德群 韩崇昭 傅君眉

责任编辑组名单

组长 赵丽平 白居宪

成员(以姓氏笔划为序)

甘梦云 白居宪 刘宏珊 陆 薇 罗 兰 胡 刚 赵丽平 曹晓梅

责任校对组名单

组长 袁金键

成员(以姓氏笔划为序)

邵静雯 祝 捷 钱梦英 袁金键

序

电子技术的发展日新月异,新的器件、新的学科、新的理论和新的工艺的不断涌现,使从事这方面工作的教学、科研和工程技术人员,常为遇到自己不熟悉的事物而苦恼;而另一方面,由于各种原因,他们又不能按常规系统地进行学习,因此出版一本题材新颖,范围广泛,简明扼要的手册,使读者在很短的时间内能了解有关方面的梗概,并藉此继续深入,是非常必要的。

有鉴于此,美国 McGraw-Hill 出版公司在总结 1975 年第一版、1982 年第二版经验的基础上,于 1989 年出版了《电子工程师手册》第三版。其主编之一是芬克(Fink),他早年毕业于麻省理工学院,是美国国家工程院院士,曾任美国电气电子工程师学会(IEEE)的主任,编写出版过好多本电子方面的著作,在电子界有很高的声望。另一主编是克里斯坦森(Christiansen),他是 IEEE 的编辑部主任,IEEE Spectrum 杂志的编辑并曾是著名杂志 Electronics 的主编,有很丰富的设计、制造和管理方面的经验。全书由 181 位专家执笔,他们都是各个领域中的权威人士。选题包括基本原理;材料、元器件及组装;电子电路和功能;电子系统及应用四大方面,共 29 章。从物质结构、电子运动到电子电路的 CAD、电子元件和系统的可靠性以及电子工程中所用的标准及符号,原文共 2 000 余页,所列参考文献达 3 800 余篇,可谓集电子技术之大成。

为了满足国内广大读者的需要,西安交通大学出版社特聘请国内著名电子技术专家,西安交通大学沈尚贤教授任顾问,西安交通大学博士生导师、原信息与控制工程系主任李人厚教授任翻译组长,共有 8 名教授、7 名副教授协力进行翻译,他们都分别在自己的电子技术学科领域有很高的造诣。我深信,《电子工程师手册》第三版的中文版,必将受到各方面的欢迎,译著者的辛勤劳动成果必将进一步推动我国电子事业的蓬勃发展。

童诗白

1991 年 8 月

译者的话

《电子工程师手册》是由美国 McGRAW-HILL 公司出版的一部实用而又有参考价值的工具书。该书于 1975 年和 1982 年出过两版,1989 年经过修正、补充又出了第三版。全书由 181 位美国电子和电气工程方面的权威和专家编写而成。内容丰富,题材广泛。与前两版比较,本书既保留了原有的风格,又增添了新的章节和不少新的内容。

本书内容涉及电子学的各个方面,从电子学的基本概念、基本定义和定理,到电子学在各领域中的应用尽收于其中,正如原书编者所述,为方便读者使用,全书循序而又系统地按四个主要部分来进行编纂:即电子工程的基本原理;电子元器件与组件;电子线路及其功能以及电子系统与应用。书中概念阐述清楚。它不拘泥于抽象的或“严格”的理论,而注重于工程实践。各章节内的条目都能密切结合应用来编写。书中附有很多实用的示图、表格和数据,还有很多参考文献目录(共有 3 800 多篇)。对于电子工程技术人员来说,它确是一部难得的、综合性强的实用参考书。读者不仅可以检索到电子学方面各种有用的知识,而且还可根据书中的介绍跟踪最近兴起的新技术、新工艺和新方法。对于高等院校和研究机构的教师、科研人员和学生,本书也是一部十分有价值的指导书,它可以充实电子学有关的教科书,引导理论与工业实际的结合。

为了适应我国电子技术的发展和应用,我们组织了较强的力量对《电子工程师手册》进行了翻译。其中孟中岩教授负责第 1,6,7 章的校审;秦祖荫副教授负责第 11,27 章的校审;肖衍明副教授负责第 9,18,25 章的校审;蒋大宗教授、郑崇勋教授负责第 26 章的校审;杨蔚百教授负责第 28 章的校审;朱世华副教授负责第 12,14 章的校审;李人厚教授负责其余各章的校审。周建枢教授对第 19 章的翻译进行了指导。沈尚贤教授、何金茂教授、闻懋生教授、汪立椿教授、李全举副教授、张静宜高级工程师、白居宪高级工程师、李韧之副教授和潘志斌讲师对有关章节的翻译给予了热情的指导、帮助和校审。

我们荣幸地聘请了国内著名电子技术专家、清华大学童诗白教授作序。

由于全书篇幅庞大,原著的作者多且编写和论述的风格各不相同。因此在翻译过程中遇到不少问题和困难。虽然我们尽力做到既不悖于原著,又有较好的可读性,但书中的错误和不妥之处仍难免存在,敬希读者不吝赐教。

愿本书的翻译出版,对推动我国对电子学的研究和应用有所裨益。

谨向本书的所有译者、校审者以及对此书出版付出辛勤劳动的责任编辑们致以深切的谢意。

《电子工程师手册》翻译组

1991 年 12 月

原著第三版前言

被广泛采用的电子工程师手册,在第三版中包罗了电子学的所有领域——从经典的理论到当代的实际应用。为读者阅读方便,手册循序地、系统地按四个主要部分进行编纂。

第一部分是电子工程中所应用的基本原理——从分子物理到电场和电磁现象。它包括数学公式,电路理论和原理,信息和通信理论以及噪声与干扰。在这部分中,系统工程这一章已被彻底修订。现在它包括了系统工程应用于通信系统的一个例子,还包含了在线性规划中十分有用的新 Karmarkar 算法的讨论。

第二部分涉及材料、器件、元件和组件。全面论述了用于电子元件和器件中的材料,以及从电阻器到集成电路和微处理器范围广泛的无源和有源的电路元件。还包括了传感器和敏感器方面综合性章节以及关于红外线、可见光和紫外线能源与传感器的章节。

第三部分用独立的七章论述了电子线路及其功能。它包括滤波器、衰减器、放大器、振荡器、调制器和解调器。电力电子学这一章已完全重新修订。该章原只涉及脉冲电路、逻辑电路和波形发生器,现已被扩充,包括了多路交换器、多路解调器、译码器、ROM、PLA 以及 D/A 分段转换器、编码器和视频 A/D 转换器等内容。

第四部分包括主要的电子系统和应用。数字技术革命不断开拓新的领域,它反映在声音重放和录音系统这章中。该章概括了数字译码和编码、数字录音带和唱机、数字辅助盘和光学数字盘等的最新发展。

手册的第四部分还有电视、传真、电信、电子数据处理、雷达以及声纳各章节。这些部分包括了先进的电视系统、卫星直播系统、高清晰度电视以及电视标准与技术等内容;还有关于多信道声音,图像增强电路和光学录像等资料。数字(声音和图像)记录的主要新技术也包含其中。毋庸置疑,关于电子数据处理这一章也作了很大的修改。

根据手册读者的普遍要求,关于电子线路和系统的计算机辅助设计已扩充到包括 CAD 的程序清单和语言,并附有数量众多的参考文献目录。

最后,按照手册前几版读者的建议,手册包含了关于标准和符号的全新章节。

新版手册总共有 2 400 页,收集了 181 位作者的专业性的著作。许多阐述已经更新或者是全新的。此外,还补充了新的文献目录,其总数已超过 3 800 篇。

编者不仅对那些在综述与修正中竭诚努力的作者表示感激;而且也对新的作者表示衷心感谢。

此外,我们谨向 AT&T 贝尔实验室的 G. F. Watson,对他在第 13 章和 14 章所做的细致工作;对 Lucy Mullins 认真的校对;以及对 N. T. Hantman 在行政事务上的协助致谢。

D. G. 芬克

D. 克里斯坦森

原书主编介绍

D. G. 芬克 (Donald G. Fink), 电气和电子工程师学会 (IEEE) 名誉理事。在电气和电子工程领域颇有名望。他所编的《电气工程师手册》、《雷达工程》和《计算机与人的思维》已销售 50 万册以上。他毕业于美国麻省理工学院, 1952 年为 Philco 公司研究人员, 1961 年任研究所副主任。1963—1975 年任 IEEE 执行理事。此外, 从 1957 年到 1974 年在军事科学顾问小组服役。他是美国无线电俱乐部和 IEEE 的高级会员, 其名字列入《美国名人录》和《电子学先驱者名册》。

D. 克里斯坦森 (Donald Christiansen), 电气和电子工程师学会 (IEEE) 专职理事, IEEE Spectrum 杂志的编辑部主任。曾是《电子学杂志》的主编。在此前曾任《电子设计》的常务编辑。他在康奈尔大学获电气工程学位, 在麻省理工学院攻读研究生。他在工业上的经历涉及工程、设计、生产制造、Phiclo 公司项目管理以及化学和生物系统的电子学。他是美国无线电俱乐部和 IEEE 的高级会员, 其名字列入《美国名人录》、《当代技术名人录》和《电子学先驱者名册》。

目录

序

原著第三版前言

原著主编介绍

译者的话

电子工程应用的原理

第 1 章 电子学的基本现象

1-1

电子工程;物质的电子性质和结构;静电学;动电学;静磁学;动磁学;载流子的释放、输运、控制、收集和能量转换;电磁场;电磁波谱;语言、听力和视觉;电子学的量

第 2 章 数学:电子工程中使用的公式、定义和定理

2-1

微分;积分和积分法;傅里叶级数和傅里叶积分;矢量代数;矢量分析;微分算子;拉普拉斯变换;线性微分方程;矩阵和逻辑;三角函数和双曲函数公式;信号分析公式

第 3 章 电路原理

3-1

电路概念;电路元件;网络分析;网络概念;具体网络的特性、结构;分布参数电路;数字电路

第 4 章 信息、通信、噪声及干扰

4-1

信源;码与编码;通信信道;解码;噪声作用;纠错;连续信道;带限信道;调制;数字传输与脉冲调制;噪声与干扰

第 5 章 系统工程

5-1

引论;建模理论;控制理论;对策论;大系统目标函数;优化理论;系统辨识与参数估计;排队论与性能分析;可靠性理论;系统工程:一个例子

材料、器件、元件和组件

第 6 章 材料的性质

6-1

导电材料和电阻材料;特殊导体材料;电介质和绝缘材料;特殊电介质和绝缘材料;磁性材料;特殊磁性材料;软磁性材料;硬磁性材料;半导体材料;结现象;特殊半导体;发射电子材料;特殊的电子发射材料;辐射发射材料;特殊的辐射-发射材料;光学材料和光敏感材料;特殊的光学材料和光敏材料

第 7 章 分立电路元件

7-1

无源分立元件;电容器;电感器与变压器;极性铁电陶瓷器件;石英晶体器件;频率控制器件;影响频率稳定性的因素;绝缘子;塑料绝缘子;有源分立元件;功率与收讯电子管;阴极射线存储

与变换器件;半导体二极管与可控整流器;晶体管;双极晶体管;双极晶体管工作原理;场效应和单极晶体管;电池蓄电池与燃料电池;继电器与开关;开关;分立元件的模件;电气方面的考虑;环境条件的考虑;寿命周期的考虑;混合微型电路;制作与组装;膜式元件;基片;膜层材料;分立片式元器件;组装;微电子封装技术;非密封式封装

第 8 章 集成电路与微处理器 8-1

引言;集成电路制造工艺;微电子元件与器件;集成电路设计;微处理器

第 9 章 超高频(UHF)和微波器件 9-1

无源微波元件;平面型微波管和电路;速调管;行波管;交叉场管;微波半导体器件

第 10 章 传感器和敏感器 10-1

传感器特性和系统;固体力学量传感器;流体力学量传感器;声学量传感器;光学量传感器;核辐射传感器;电量传感器

第 11 章 红外线、可见光和紫外线光源与传感器 11-1

灯、发光管和其它非相干电光源;激光器(相干光源);阴极射线管;电致发光显示;光电发射电子管、图像转换器和增强器;电视摄像管光电导和半导体结探测器;电荷转移器件(CTD)成像器红外探测器和有关低温物理学;太阳电池;光学计算元件

电子线路及其功能

第 12 章 滤波器和衰减器 12-1

滤波器;衰减器

第 13 章 放大器和振荡器 13-1

放大器的工作原理;振荡器的工作原理;音频放大器;音频振荡器;射频放大器;射频振荡器;宽带放大器;隧道二极管放大器;参量放大器;微波量子放大器;声放大器;磁放大器;直接耦合、运算和伺服放大器;模拟计算的运算放大器;低噪声运算放大器;功率运算放大器;大功率放大器;微波放大器和振荡器

第 14 章 调制器、解调器和变频器 14-1

幅度调制器和解调器;幅度解调器;频率和相位(角度)调制器;角度解调器;脉冲调制器和解调器;扩展频谱调制;光调制器和解调器;变频器和检波器

第 15 章 电力电子学 15-1

前言;固态电力电子器件;自然换相电路;交流-直流变换器;交流开关和调节器;强迫换相电路;逆变器;功率变频器;热问题概述;电源滤波器;直流-直流变换器

第 16 章 脉冲电路、逻辑电路和波形发生器 16-1

无源波形整形电路;用作开关的无源和有源元件;利用负反馈的有源整形电路;利用正反馈的有源整形电路;数字和模拟系统

| | |
|---|------|
| 第 17 章 测量与控制电路 | 17-1 |
| 测量电路原理; 置换与模拟测量; 变送器输入测量系统; 桥式电路、检测器与放大器; 控制系统原理; 自动控制电路 | |
| 第 18 章 天线和无线电波传播 | 18-1 |
| 天线; 天线和天线阵的性质; 线天线; 波导天线; 缝隙天线; 喇叭天线; 反射器天线; 天线阵; 对数周期天线; 表面波天线; 微带天线; 无线电波传播; 无线电波传播的基础; 通过地面上非电离大气层的传播; 电离层中的电波传播 | |
| 电子系统和应用 | |
| 第 19 章 声音重放和录音系统 | 19-1 |
| 描述声音的标准单位; 声音参数的常见形式; 语音声; 音乐声; 环境噪声及其控制; 声学环境的控制; 传声器及其附件; 扬声器、耳机及附件; 机械唱片录音系统; 机械唱片重放系统; 磁带的模拟录音和重放; 数字音频记录和再现 | |
| 第 20 章 电视与传真系统 | 20-1 |
| 电视原理和标准; 彩色制式; 电视摄像机; 彩色摄像机; 同步信号的产生; 视频记录系统; 电视广播接收机; 传真系统; 编码与传输 | |
| 第 21 章 广播系统 | 21-1 |
| 广播发射业务; 中波(AM)广播业务; 中波广播发射设备; 调频广播业务; FM 广播技术标准; FM 广播设备; 电视广播业务; 电视广播设备; AM 广播接收机; FM 广播接收机; 有线电视(CATV)系统 | |
| 第 22 章 电信: 点对点及移动通信系统 | 22-1 |
| 主要业务网络; 地面移动式无线通信网络; 业务网络的性能与设计指标; 电信传输系统; 交换系统; 终端设备; FCC 规则; 典型应用举例 | |
| 第 23 章 电子数据处理 | 23-1 |
| 数据处理原理; 数制、算术运算和编码; 计算机组织和体系结构; 硬件设计; 计算机存储器; 输入/输出; 软件; 数据库技术; 通信 | |
| 第 24 章 过程工业中的电子学 | 24-1 |
| 综述; 过程信号传输; 数据和控制; 计算机系统结构; 人-过程系统接口; 运行条件的影响 | |
| 第 25 章 雷达、导航及水声系统 | 25-1 |
| 雷达原理; 雷达技术; 电子导航系统; 水声系统; 换能器及阵列 | |

第 26 章 医学与生物电子学

26-1

生物医学电子学;心电图与生物电位;治疗和诊断放射学;人工器官;机电控制与功能刺激;假肢及其辅助装置;可兴奋组织的电刺激;病人电子监护;计算机应用;生物医学研究中的植入遥测技术;生物医学传感器和驱动器

第 27 章 电路的计算机辅助设计

27-1

方程的建立;线性方程组的数值解法;非线性方程组的数值解法;电路的瞬态模拟;模拟程序来源及新进展

第 28 章 电子元件和系统的可靠性

28-1

可靠性设计和可靠性工程;可靠性概念与定义;可靠性理论与实践;可靠性估计;可靠性设计数据;降额因子及应用指南;电阻的降额和应用指南;电容的降额因子和应用指南;半导体降额因子和应用指南;变压器、线圈和扼流圈的降额;开关和继电器;电路熔断器、保险丝和灯;半导体可靠性;长期可靠性;早期寿命可靠性;可靠系统的设计;系统建模

第 29 章 标准、单位、符号、常数与定义

29-1

标准与法律;民间的标准组织;政符管理标准机构;国际电工技术委员会(IEC);美国国家委员会;标准的字母索引;单位、符号与定义

索引

1 电子学的基本现象

B. DUDLEY Consultant, formerly staff member, Institute for Defense Analyses, Editor Technology Review, Massachusetts Institute of Technology; Senior Member, IEEE

目 录

电子工程

- 1. 电子学 (4)
- 2. 电子工程 (4)

物质的电子性质和结构

- 3. 基本粒子 (4)
- 4. 原子结构 (5)
- 5. 电子轨道、壳层和电子能态 (6)
- 6. 化合价 (6)
- 7. 导电电子 (6)
- 8. 化学键和化合物生成 (6)
- 9. 能量转换 (7)
- 10. 能量守恒和质能等效 (7)
- 11. 电磁效应 (7)
- 12. 电导效应 (7)
- 13. 介电现象 (7)
- 14. 磁现象 (7)
- 15. 热电现象 (7)
- 16. 功函数 (7)
- 17. 关于物质的电子性质和结构的文献目录
..... (8)

静电学

- 18. 电荷 (9)
- 19. 库仑定律 (10)
- 20. 叠加原理 (10)
- 21. 电场 (10)
- 22. 电场试验体 (10)

- 23. 电力线和电力线管 (10)
- 24. 电容率、介电系数、电极化率 (10)
- 25. 面和体电荷密度 (11)
- 26. 电场强度 (11)
- 27. 介电强度 (11)
- 28. 点电荷产生的电场强度 (11)
- 29. 分布电荷产生的电场强度 (11)
- 30. 静电位和电位差 (11)
- 31. 电场强度和电位差 (12)
- 32. 电压升和电压降 (12)
- 33. 点电荷的电位场 (12)
- 34. 分布电荷的电位 (12)
- 35. 电偶极子和偶极矩 (12)
- 36. 偶极子的电场 (12)
- 37. 电极化强度 (12)
- 38. 电通量(电位移) (13)
- 39. 电通量密度 (13)
- 40. 静电学的高斯定理 (13)
- 41. 电通量密度的散度 (13)
- 42. 电场矢量 (13)
- 43. 电介质边界上的场矢量 (14)
- 44. 电位梯度 (14)
- 45. 电场中作用在电荷上的力 (14)
- 46. 移动电荷所作的功 (14)
- 47. 静电场的守恒性 (14)
- 48. 电荷存储 (14)

- | | | | |
|----------------------|------|---------------------|------|
| 49. 电容和倒电容 | (14) | 92. 磁化强度 | (22) |
| 50. 电容器 | (14) | 93. 磁场强度的安培定律 | (23) |
| 51. 两导体间的电容 | (14) | 94. 磁矢量间的关系 | (23) |
| 52. 充电电容器的能量 | (15) | 95. 磁介质边界上的矢量 | (23) |
| 53. 电场的能量密度 | (15) | 96. 磁动势 | (23) |
| 54. 关于静电学的文献目录 | (15) | 97. 磁位 | (23) |

动电学

- | | | | |
|------------------------|------|----------------------------|------|
| 55. 移动电荷 | (15) | 99. 电感 | (24) |
| 56. 载流子的速度和迁移率 | (16) | 100. 自感 | (24) |
| 57. 电流 | (16) | 101. 互感 | (24) |
| 58. 电流和电荷 | (16) | 102. 磁场中运动电荷所受的力 | (24) |
| 59. 电流密度 | (17) | 103. 运动电荷在电磁场所受的洛伦兹力 | (24) |
| 60. 电流元 | (17) | 104. 载流导体上的磁力 | (24) |
| 61. 电流方向 | (17) | 105. 载流环的力矩 | (24) |
| 62. 传导电流 | (17) | 106. 磁矩 | (25) |
| 63. 对流电流 | (17) | 107. 磁能 | (25) |
| 64. 位移电流 | (17) | 108. 磁能密度 | (25) |
| 65. 总电流 | (17) | 109. 电感中储存的磁能 | (25) |
| 66. 电流的连续性 | (18) | 110. 关于静磁学的文献目录 | (25) |
| 67. 晶体电导 | (18) | | |
| 68. 导体中的电流和电压的关系 | (18) | | |
| 69. 电阻率和电导率 | (18) | | |
| 70. 电阻率的温度变化 | (18) | | |
| 71. 电阻 | (18) | | |
| 72. 电导 | (19) | | |
| 73. 导体的电阻 | (19) | | |
| 74. 电阻器 | (19) | | |
| 75. 电流作功 | (19) | | |
| 76. 电阻器的能量损耗 | (19) | | |
| 77. 电功率 | (19) | | |
| 78. 热效应的焦耳定律 | (20) | | |
| 79. 法拉第电解定律 | (20) | | |
| 80. 关于动电学的文献目录 | (20) | | |

静磁学

- | | | | |
|----------------------------|------|--|--|
| 81. 运动电荷间的横向力 | (20) | | |
| 82. 毕奥-萨伐尔/安培-拉普拉斯定律 | (20) | | |
| 83. 叠加原理 | (21) | | |
| 84. 磁场 | (21) | | |
| 85. 磁场试验体 | (21) | | |
| 86. 磁导率和磁化率 | (21) | | |
| 87. 磁通密度 | (21) | | |
| 88. 磁通量 | (22) | | |
| 89. 磁通量的高斯定理 | (22) | | |
| 90. 磁通量的散度 | (22) | | |
| 91. 磁场强度 | (22) | | |

动磁学

- | | |
|-------------------------|------|
| 111. 电磁能量转换 | (25) |
| 112. 感应电动势 | (25) |
| 113. 法拉第电磁感应定律 | (26) |
| 114. 电感器中的感应电压 | (26) |
| 115. 导体和半导体中的感应电流 | (26) |
| 116. 涡流(傅科电流) | (26) |
| 117. 楞次定律 | (27) |
| 118. 磁滞现象 | (27) |
| 119. 位移电流的磁效应 | (27) |
| 120. 电磁振荡和波 | (27) |
| 121. 关于电学和磁学的文献目录 | (27) |

载流子的释放、输运、控制、收集和能量转换

- | | |
|----------------------------|------|
| 122. 电子现象 | (29) |
| 123. 物质释放电荷 | (29) |
| 124. 热电子发射 | (29) |
| 125. 光电子发射 | (29) |
| 126. 二次发射 | (29) |
| 127. 强场发射 | (30) |
| 128. 电离和去电离 | (30) |
| 129. 自由电子、空穴以及电子-空穴对 | (30) |
| 130. 电荷输运 | (30) |
| 131. 电磁场中的电荷运动 | (30) |

| | |
|---|------|
| 132. 电导 | (31) |
| 133. 超导电性 | (31) |
| 134. 金属电导 | (31) |
| 135. 半导体电导 | (31) |
| 136. 液体电导 | (32) |
| 137. 气体电导 | (32) |
| 138. 等离子体电导 | (32) |
| 139. 电介质和绝缘材料中的电流 | (32) |
| 140. 电流控制机理 | (33) |
| 141. 真空管控制 | (33) |
| 142. 气体器件控制 | (33) |
| 143. 半导体控制 | (34) |
| 144. 电流控制的辅助方法 | (34) |
| 145. 电荷收集:碰撞现象 | (34) |
| 146. 电极发热 | (34) |
| 147. 输入端能量转换 | (34) |
| 148. 输出端能量转换 | (35) |
| 149. 关于电子器件的释放、输运、控制、 收集和能量转换的文献目录 | (35) |

电磁场

| | |
|-------------------------|------|
| 150. 电磁场矢量方程 | (36) |
| 151. 麦克斯韦方程 | (36) |
| 152. 麦克斯韦方程的限定应用 | (37) |
| 153. 电磁波 | (37) |
| 154. 传播因数 | (38) |
| 155. 电磁波传播速度 | (38) |
| 156. 媒质的固有阻抗 | (38) |
| 157. 简单偶极子的辐射 | (39) |
| 158. 坡印亭矢量 | (39) |
| 159. 电磁波的透射 | (39) |
| 160. 反射 | (39) |
| 161. 折射 | (39) |
| 162. 衍射 | (39) |
| 163. 波的干涉 | (40) |
| 164. 色散和散射 | (40) |
| 165. 关于电磁场和波的文献目录 | (40) |

电磁波谱

| | |
|-----------------------|------|
| 166. 电磁波频谱区域 | (41) |
| 167. 电磁波源和电磁检测器 | (41) |
| 168. 频谱利用 | (41) |

| | |
|------------------------|------|
| 169. 频率容限 | (43) |
| 170. 乱真发射 | (43) |
| 171. 标准频率发射 | (44) |
| 172. 关于光谱应用的文献目录 | (44) |

语言、听力和视觉

| | |
|-------------------------------|------|
| 173. 电子工程中的感觉概念 | (45) |
| 174. 识别力 | (45) |
| 175. 物理刺激的评估 | (45) |
| 176. 刺激响应关系 | (46) |
| 177. 对数响应单位 | (46) |
| 178. 贝尔和分贝 | (46) |
| 179. 奈培 | (47) |
| 180. 音量单位 | (47) |
| 181. 方 | (47) |
| 182. 自适应过程 | (47) |
| 183. 语音的组成和语频 | (47) |
| 184. 语音的功率水平 | (47) |
| 185. 语言峰值系数统计 | (47) |
| 186. 语音可理解性 | (48) |
| 187. 可闻度 | (48) |
| 188. 响度 | (48) |
| 189. 强度和音调中的最低感觉变化 | (48) |
| 190. 听力空间感觉(立体声学) | (48) |
| 191. 发光能量 | (48) |
| 192. 正常观察者的光谱灵敏度 | (49) |
| 193. 亮度和亮度灵敏度 | (49) |
| 194. 对比度和对比灵敏度 | (50) |
| 195. 色调识别 | (50) |
| 196. 分辨能力 | (50) |
| 197. 视觉敏锐度 | (51) |
| 198. 闪烁和视觉暂留 | (51) |
| 199. 深度感觉和立体观测 | (51) |
| 200. 关于语言、听力和视觉的文献目录 | (52) |

电子学的量

| | |
|-------------------------|------|
| 201. 单位制 | (54) |
| 202. 物理常数值 | (55) |
| 203. 符号 | (56) |
| 204. 关于单位和度量的文献目录 | (56) |

电子工程

1. 电子学 电子学是一个科学和工程领域。它研究具有质量和电荷的亚原子粒子(例如电子)的释放、迁移、控制、收集以及能量转换。这种亚原子粒子具有质量和电荷,存在于电磁性质已知的物质(例如真空、气体或半导体)之中。这种带电粒子称为载流子。

电子学现象与载流子的数目和动力学行为以及电荷所在的环境的性质有关。载流子通常是电子,但也可以是空穴或正、负离子。按照相对论量子力学的原理,载流子的动力学行为是由把它们从原子中释放出来产生位移、速度或加速度所需要的力和能量所造成的。环境的性质与载流子(或它们的场)所通过的物质的原子组成、结构和原子能级的变化相关。

电子学的基本原理与电学和磁学的基本原理相同。电是载流子能量转换的表现形式,它引起或产生使载流子在其运动方向上产生位移、速度或加速度的力。磁是载流子运动的表现形式,它引起或产生垂直于载流子运动方向的力。电子学和电磁学的原理建立在质量、长度、时间、电荷(或电流)、温度、物质的量以及发光强度等物理实体的基础上。所有电磁量现在都用 SI 单位表示(见条目 1-201)。

电子学和电磁学的主要差别在于它们的应用。与传统的电磁学领域相比较,电子学有可能使得器件在电荷迁移期间,对电荷的瞬时运动而不是平均运动有更大程度的控制,而且对电荷的控制可以极其迅速。有源电子器件需要有外界电源使它们的电极保持合适的工作电压和电流。绝大部分的电子器件也是非线性元件,其输出电压和电流与它们对应的输入不成正比。以外部电源功率消耗为代价,许多电子器件可以在它们的输出端提供放大的供给输入端的电压、电流或功率。

起初,电子学处理在真空管或充气管中的电传导。自从 1948 年发明晶体管以来,通过晶态半导体的传导(固体传导)实际上已在领域内占主导地位。除了需要大功率的应用场合外,热电子管所起的作用已逐渐丧失其重要性^①。

2. 电子工程 电子工程是关于有源器件和系统的应用科学的一个分支。即那些器件和系统需要外界电源以使运行正常。这里起主要作用的是基本电荷的释放、迁移、控制、收集及能量转换。与电气工程相比,电子工程处理较低的能级。

与电气工程相比,电子工程与复合材料的成份、原子结构和导电模式有更紧密的关系,而且取决于这些性质。

物质的电子性质和结构

3. 基本粒子 在电子学中,最重要的荷电基本粒子是电子和质子,分别用 e^- 和 p^+ 表示。这些

^① 早期电子管和线路的发展涉及到下面广泛的参考文献:H. J. Van der Bij 1, "Thermionic Vacuum Tube," McGraw-Hill, New York, 1920(第一个进行综述性和权威性的关于电子管论著和长期以来的标准参考书); E. L. Chaffee, "Theory of Thermionic Vacuum Tubes," McGraw-Hill, New York, 1933(低功率、负栅极电子管的基本原理,如放大器和探测器;使用非标准数学符号); H. J. Reich "Theory and Applications of Electron Tubes," McGraw-Hill, New York, 1939(电子管的物理原理和相关网络,包括气体器件处理); M. I. T. 电气工程系, "Applied Electronics," Wiley, New York, 1943(大学生电子学教程,电子管,有关线路和实际应用); K. R. Spangenberg, "Vacuum Tubes," McGraw-Hill, New York, 1948(主要涉及物理特性和电子管的基本设计;讨论超高频效应,电子集束,电子光学以及阴极射线管和特殊电子管); F. A. Maxfield 和 R. R. Benedict, "Theory of Gaseous Conduction and Electronics," McGraw-Hill, New York, 1941(气体传导,电晕、电火花、辉光和电弧的基本原理和应用); J. D. Cobine, "Gaseous Conductors," McGraw-Hill, New York, 1941(气体放电理论和应用); A. Guthrie 和 R. A. Wakerlin (eds), "Characteristics of Electrical Discharges in Magnetic Fields," McGraw-Hill, New York, 1949(气体和蒸汽、特别是铷化合物在磁场中放电特性的曼哈顿项目研究)。

粒子的质量、电荷和荷质比如下：

| | | 电子 | 质子 |
|-------|------|-----------------------------|-----------------------------|
| 静止质量, | kg | $9.109\ 6 \times 10^{-31}$ | $1.672\ 6 \times 10^{-27}$ |
| 电荷, | C | $-1.602\ 2 \times 10^{-19}$ | $+1.602\ 2 \times 10^{-19}$ |
| 荷质比 | C/kg | $1.758\ 8 \times 10^{11}$ | $9.579\ 1 \times 10^7$ |

实验上已经证明或者根据理论假设存在的基本粒子列在表 1-1 中。

表 1-1 基本粒子

| 族名 | 粒子名称 | 符号 | 质量 ($e^- = 1.0$) | 质量, MeV | 寿命, s | 自旋 | 电荷 ($e^- = -1.0$) | 反粒子 |
|---------|-------------|-------------|-----------------------|----------|------------------------|-----|------------------------|-------------------|
| | 光子 | γ | 0 | 0 | ∞ | 1 | 0 | γ |
| 电子 | 电子 | e^- | 1 | 0.510 98 | ∞ | 1/2 | -1 | e^+ |
| | 电子中微子 | ν_e | 0 | 0 | ∞ | 1/2 | 0 | $\bar{\nu}_e$ |
| μ 子 | μ 子 | μ^- | 206.768 | 105.654 | 2.212×10^{-6} | 1/2 | -1 | μ^+ |
| | μ 子中微子 | ν_μ | ... | 0 | ∞ | 1/2 | 0 | $\bar{\nu}_\mu$ |
| 介子 | π 正介子 | π^+ | 273.18 | 139.59 | 2.55×10^{-8} | 0 | 1 | π^- |
| | 中性 π 介子 | π^0 | 264.20 | 135.0 | 1.9×10^{-16} | 0 | 0 | π^0 |
| | 正K介子 | K^+ | 966.6 | 493.9 | 1.22×10^{-8} | 0 | 1 | \bar{K}^+ |
| | 中性K介子 | K^0 | 974.2 | 497.8 | 1.0×10^{-10} | 0 | 0 | \bar{K}^0 |
| 重子 | 核子, 质子 | p^+ | 1 836.12 | 938.213 | ∞ | 1/2 | 1 | p^- |
| | 核子, 中子 | n^0 | 1 838.65 | 939.507 | 1.013×10^8 | 1/2 | 0 | n^- |
| | Lambda | Λ^0 | 2 182.8 | 1 115.36 | 2.51×10^{-10} | 1/2 | 0 | $\bar{\Lambda}^0$ |
| | Sigma, 正 | Σ^+ | 2 327.7 | 1 189.40 | 8.1×10^{-11} | 1/2 | 1 | $\bar{\Sigma}^+$ |
| | Sigma, 中性 | Σ^0 | 2 332 | 1 191.5 | 约 10^{-20} | 1/2 | 0 | $\bar{\Sigma}^0$ |
| | Sigma, 负 | Σ^- | 2 340.5 | 1 195.6 | 1.6×10^{-10} | 1/2 | -1 | $\bar{\Sigma}^-$ |
| | Xi, 中性 | Ξ^0 | 2 566 | 1 311 | 1.5×10^{-10} | 1/2 | 0 | $\bar{\Xi}^0$ |
| | Xi, 负 | Ξ^- | 2 580 | 1 318 | 1.28×10^{-10} | 1/2 | -1 | $\bar{\Xi}^-$ |

4. 原子结构 每个元素的原子是由浓密的原子核和以轮廓清晰的轨道(或壳层)围绕核旋转的电子组成。把核子(质子和中子)的总质量认为等于原子质量。核内质子的数目等于元素的原子序数 Z 。核子数等于原子的质量数 A , $A-Z$ 为原子核内中子数。重原子内的中子数比质子数多;在确定原子的稳定性方面,即它们的放射性质,中子数超过质子数是重要的。具有相同原子序数而有不同质量数的原子,有相同的化学性质,但是,都有不同的原子量。把它们称为化学元素的同位素。

原子核的直径在 10^{-15} 和 10^{-16} m 之间,而外层轨道电子的直径(原子直径)为 10^{-10} m 数量级。

原子核带正电荷,它等于元素的原子序数 Z 乘上 1.6×10^{-19} C(质子的电荷)。在基态(未电离)的原子中,有 Z 个轨道电子,每个电子具有 $e^- = -1.6 \times 10^{-19}$ C 的负电荷。在比原子半径大得多的距离上,原子不显示净电荷。

原子的核外(电子)结构表示元素具有的特征。运行在轨道上的电子排列在相继的壳层内。按