

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DIANZI XINXI GONGCHENG GAILUN

电子信息工程概论

叶树江 古延峰 刘海成 编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



TN01/105

2008

DIANZI XINXI GONGCHENG GAILUN

电子信息工程概论

叶树江 古延峰 刘海成 编

阳昌汉 主审

- 7 李肖爽, 杨... 2006
- 8 万百五, 白... 2001
- 9 蓝鸿翔, 熊... 2001
- 10 曾繁毅, 郝... 2002
- 11 陈怀琛, 吴... 2002
- 12 阳昌汉, 高... 2002
- 13 中国... 2002
- 14 [美] 霍... 2002
- 15 刘海成, 秦... 2002
- 16 张毅刚, 单... 2002
- 17 张毅刚, 单... 2002
- 18 韩安太, 刘... 2003
- 19 P. R. Gray and R. G. Meyer. Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 3rd John Wiley & Sons, Inc., New York, 1993.
- 20 Horstmann M. N. Microelectronic circuit and device, 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall Inc., 1995.

中国电力出版社

北京市三里河路6号100044 http://jc.cepp.com.cn

北京印刷厂印刷

各省市新华书店

2008年1月第1次印刷

152千字

中国电力出版社

北京三里河路6号100044 http://jc.cepp.com.cn



中国电力出版社

http://jc.cepp.com.cn

Electrical Engineering



普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIWU GUBU YUZHONG GUO DIANLI CHUBANSHE

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

全书共分4章, 主要内容包括绪论, 电子信息工程简述, 电子技术基础与应用, 嵌入式系统工程与应用和信号、系统与信息处理。本书主要阐述了电子信息和电子科学技术的概况, 重点介绍了对电子信息工程的学科专业体系、研究领域、研究方法, 与电子信息工程专业的有关基本知识和技术概念, 同时也介绍了电子信息工程领域的前沿技术, 能使读者比较清晰地了解电子技术、信息技术和电子信息工程的内涵及三者之间关系, 建立起电子信息工程的知识构架。

本书可作为高等院校电子信息工程及相关专业的本科教材, 也可作为高职高专和函授教材, 还可供从事电子行业的工程技术人员阅读和参考。

主 审 刘 昌 明

图书在版编目 (CIP) 数据

电子信息工程概论/叶树江, 古延峰, 刘海成编. —北京: 中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 6331 - 8

I. 电… II. ①叶…②古…③刘… III. ①电子技术-高等学校-教材②信息技术-高等学校-教材 IV. TN G202

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 017285 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 322 千字

定价 21.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

序

电子信息学科是当今世界科学技术发展最快的学科之一，它是应用电子学和信息技术科学的知识与技术进行设计、研制和应用电子信息产品的学科。电子信息工程、通信工程、微波工程、电子科学技术都是电子信息学科的子学科。目前，我国许多高等院校都设置有电子信息工程专业，为了让电子信息工程专业的学生能够尽早了解专业概况、发展前景、增加学习的目的性，多数院校设置了“电子信息工程概论”这门课程。由于电子信息工程的知识体系是一个较为庞大的体系，各院校根据自己的特点选择适合自己学校需求的课程内容和方式讲授本课程，不仅介绍了专业概况和发展前景，而且也反映了自己学校的特色。

《电子信息工程概论》一书是叶树江教授等教师根据他们讲授这门课程与实践体会编写而成，全书内容分为四部分，一是介绍电子信息工程学科的体系、研究领域和知识结构、特点；二是介绍电路与电子知识领域的基础知识、分析特点及其应用；三是介绍信号、系统与信息处理的基础知识、基本理论及其应用；四是对计算机领域知识，强调嵌入式技术与嵌入式系统知识及其在电子信息工程中的应用。该书将电子信息工程的基本知识分为3个知识领域，其主要内容分别在二、三、四章中，基本上能包含电子信息工程专业的主要基础知识，对学生认识理解专业的基础知识结构要求有较大的作用。书中还列举了较多的在不同领域的应用说明，这些都会有助于对电子信息工程专业的认识，同时也能提高对基础与专业课程学习的积极性。由于本书是“概论”内容，各个学校可根据自己的需要选教材上部分内容，也可增加一些内容，实施教学。事实上“概论”教材在教学中是起主要参考的作用。因为科技发展很快，有些最新的科技信息教材上不可能及时反映，必须由讲课教师增加最新信息。因此我认为该书可以作为电子信息工程专业的“概论”课的教材。

哈尔滨工程大学信息与通信学院

阳昌汉

2007年8月

普院

2007年8月

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

随着电子技术日新月异的发展,电子信息技术取得了突飞猛进的进步,它几乎无处不在。如今,它已成为国民经济的强大推动力,成为 21 世纪科学技术进步的强力支柱。作为电子信息技术的摇篮——电子信息工程专业已经成为现代信息社会的重要和支柱专业。

电子信息工程是建立在数学、电路、电子线路、计算机技术基础之上的一门新兴学科,为工程应用提供了各种电子元器件、电路以及系统地分析、设计、制造、应用的基本理论与技术。电子信息工程包含了诸多学科的研究和应用内容,是一个十分庞大的现代科学技术体系。

本书主要阐述了电子信息和电子科学技术的概况,重点介绍了对电子信息工程的学科专业体系、研究领域、研究方法,与电子信息工程专业的相关基本知识和技术概念,同时也介绍了电子信息工程领域的前沿技术,能使读者比较清晰地了解电子技术、信息技术和电子信息工程的内涵及三者之间关系,建立起电子信息工程的知识构架。

本书的绪论、第一、二章由黑龙江工程学院叶树江教授编写,第三章由黑龙江工程学院刘海成编写,第四章由哈尔滨工业大学副教授谷延峰博士编写,黑龙江工程学院刘柏森编写了第二章第四节、第四章第八节。在本书编写过程中,黑龙江工程学院电子系的全体教师给予了大力支持,王希凤等同志还为本书绘制了部分图稿并作了校订工作。

本书由哈尔滨工程大学阳昌汉教授担任主审。阳昌汉教授在百忙中认真、细致、逐字逐句地审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵的意见,这些意见对提高本书的质量十分重要。哈尔滨工业大学的张晔教授对本书的编写也给予了高度关注,提出了许多建设性的意见和建议。在此我们表示诚挚的谢意,并希望以后继续给予关心和支持。

尽管编写组的同志对全书的体系和内容作了不少努力,但由作者的水平有限,书中一定存在不少疏漏和不足,恳请使用本书的老师和同学及各位读者给以批评指正。

编者

2007 年 12 月

目 录

881	.....	卷系前数已号第	第大第
193	.....	本封簿页张号第	第十第
891	.....	器工息前已半探编番	第八第
103	.....		思学思
203	.....		稿文表参
序			
前言			
绪论	.....		1
第一章 电子信息工程简述	.....		6
第一节 电子信息学科及其基础知识概述	.....		6
第二节 电子、信息与电子信息系统工程基本概念	.....		16
第三节 系统建模与计算机辅助工具应用	.....		20
第四节 电子信息工程的数学工具	.....		28
第五节 电子信息技术在各领域的应用及发展	.....		36
思考题	.....		53
第二章 电子技术基础与应用	.....		54
第一节 电路基础	.....		54
第二节 低频电子线路与应用	.....		67
第三节 数字逻辑电子技术概述	.....		88
第四节 高频电路及应用概述	.....		95
第五节 仿真及 SPICE 在电子设计中的应用	.....		106
第六节 集成电路工艺与发展概述	.....		111
思考题	.....		113
第三章 嵌入式系统工程与应用	.....		114
第一节 嵌入式技术与嵌入式系统工程	.....		114
第二节 单片机技术及应用	.....		120
第三节 DSP 技术及应用	.....		125
第四节 嵌入式操作系统与电子设计应用	.....		133
第五节 FPGA 与 SoC 技术	.....		136
第六节 嵌入式应用系统举例——嵌入式系统与智能机器人	.....		146
思考题	.....		153
第四章 信号、系统与信息处理	.....		154
第一节 概述	.....		154
第二节 信号与系统	.....		155
第三节 系统论、控制论、信息论	.....		165
第四节 自动控制	.....		172
第五节 信号处理技术及应用	.....		177

第六节 信号与通信系统.....	188
第七节 信号处理新技术.....	193
第八节 智能科学与信息工程.....	196
思考题.....	204
参考文献.....	205

1.....	分卷
2.....	第一章
3.....	第一章
4.....	第二章
5.....	第三章
6.....	第四章
7.....	第五章
8.....	思考题
9.....	第二章
10.....	第一章
11.....	第二章
12.....	第三章
13.....	第四章
14.....	第五章
15.....	第六章
16.....	思考题
17.....	第三章
18.....	第一章
19.....	第二章
20.....	第三章
21.....	第四章
22.....	第五章
23.....	第六章
24.....	思考题
25.....	第四章
26.....	第一章
27.....	第二章
28.....	第三章
29.....	第四章
30.....	第五章

绪 论

电子科学技术的快速发展,把人类带进了一个奇妙的电的世界。就像离不开水和空气一样,人们在生活和工作中已经离不开电。在整个电气和电子信息工程领域中,如电力、通信、控制、测量、计算机、自动化等,都已达到了令人鼓舞的先进水平。培根说过:“读史使人明智,读诗使人聪慧,数学使人精密,哲学使人深刻,伦理学使人有修养,逻辑修辞使人善辩”。当我们领略着今天电的奇迹的时候,简要回首它的某些往事也许是很 有意义的。

一、奠基时期

电与磁总是相伴而生。关于磁生电、电生磁的现象,是人们经过 2000 多年不断观察才认识的。我国古代早就发现了磁现象,公元前 2637 年我国祖先黄帝利用磁石制成了罗盘针。据司马迁记载,公元前 9 世纪,航海家已经开始使用指南针导航了。1600 年,英国物理学家吉伯特(W. Gilbert, 1540~1603)在他的书中第一次讨论了电与磁的关系,他被世人称为电学之父。

1660 年,德国科学家库里克(O. V. Guericke)制成了第一台静电生成装置。1785 年法国人库仑(C. A. Coulomb)定量地研究了两个带电体间的相互作用,得出了历史上最早的电学定律——库仑定律,这是人类在电磁现象认识上的一次飞跃。1749 年,美国科学家富兰克林(B. Franklin, 1706~1790)在大量电学实验的基础上,提出了正电和负电的概念。

1800 年,意大利物理学教授伏特(A. Volta, 1745~1827)发明了第一种化学电源——铜锌电池,它能够把化学能不断地转变为电能,维持单一方向的电流持续流动。这一发明具有划时代的意义,引起了电磁学的一场革命。它为人们深入研究电化学、电磁学以及它们的应用打下了物质基础。以后很快发现了电流的化学效应、热效应以及利用电来照明等。

1820 年,丹麦物理学家奥斯特(H. C. Oersted, 1777~1851)通过实验发现了电流的磁效应,在电与磁之间架起了一座桥梁,打开了近代电磁学的突破口。

1825 年,法国科学家安培(A. M. Ampere, 1775~1836)提出了著名的安培定律。他从 1820 年开始测量电流的磁效应,继而发现两个载流导线既可以互相吸引,又可以互相排斥。这一发明成为研究电磁学的基本定律,为电动机的发明作了理论上的准备。

1827 年,德国的科学家欧姆(G. S. Ohm, 1787~1854)通过多年的实验,发现了电阻上电压与电流的定量关系,从而提出了今天普遍应用的欧姆定律。

1831 年,英国物理学家法拉第(M. Faraday, 1791~1867)发现了电磁感应现象。他在继续奥斯特的实验时,坚信既然电能产生磁,那么磁也能够产生电。他终于发现在线圈内运动的磁体可以使线圈中产生电流。这一发现成为发电机和变压器的基本原理,从而使机械能转变为电能成为可能,推动了电在工业上的广泛应用,使人类迈进了电气时代。

1847年,德国科学家基尔霍夫(G. R. Kirchhoff, 1824~1887)在他还是一个23岁大学生的时候提出了著名的电流定律和电压定律,这成为电路分析最基本的依据。

1864年,苏格兰科学家麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831~1879)提出一组关于电和磁共同遵守的数学方程,即麦克斯韦方程,他预言空间中一定存在电磁波。

1889年,德国物理学家赫兹(H. R. Hertz, 1857~1894)经过艰苦的反复实验,证明麦克斯韦所预言的电磁波确实存在。图0-1所示为早期研究电磁理论的几位科学家。

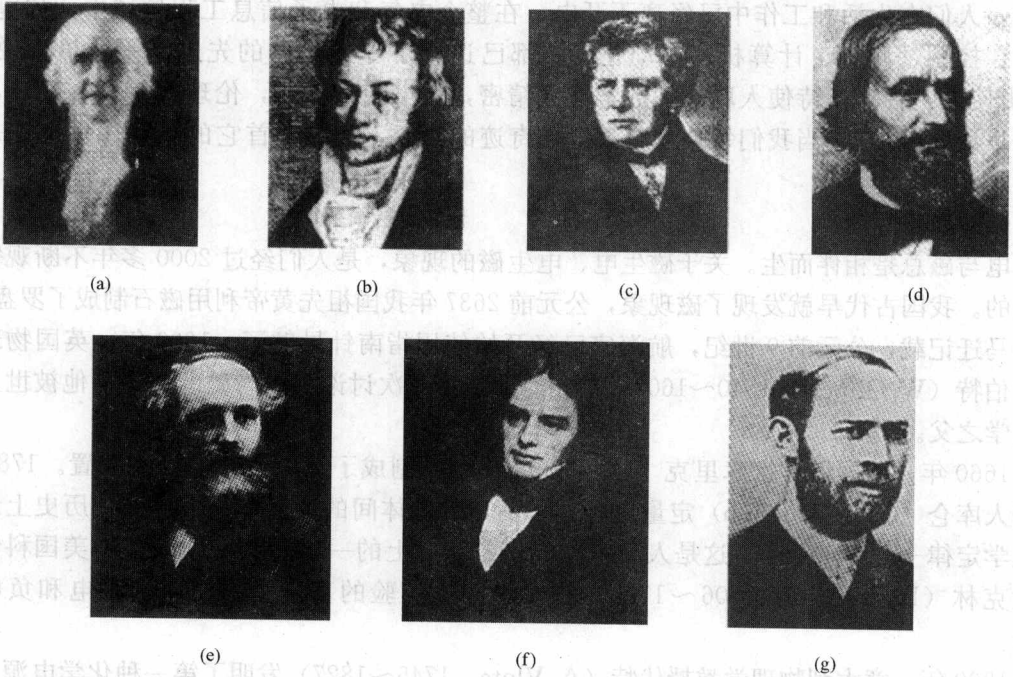


图0-1 早期研究电磁理论的几位科学家

(a) 伏特; (b) 安培; (c) 欧姆; (d) 基尔霍夫; (e) 法拉第; (f) 麦克斯韦; (g) 赫兹

二、重要发明及其应用

随着人们对电的认识不断深化,各种有用的发明不断涌现。1837年,画家出身的美国人莫尔斯(S. F. B. Morse, 1791~1872)发明了电报。1843年,他用电报机可从华盛顿向40英里外的巴尔提摩发出电文。在他研究之初,为了说服别人为他投资,他得到的回答常常是:“先生,用导线传递消息,你为啥不发明一个能飞向月球的火箭呢?”但莫尔斯的创造经过10多年的奋斗终于投入使用了。图0-2所示为莫尔斯和他早期的电报机。

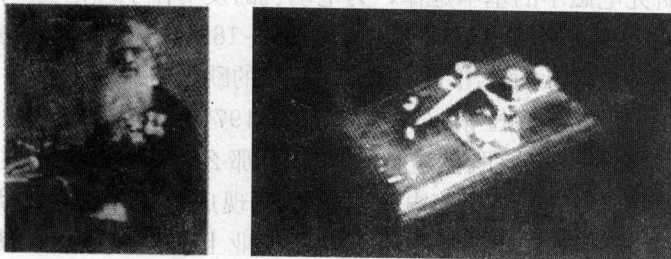


图0-2 莫尔斯和他早期的电报机

1875年,另一项伟大发明在波士顿诞生了,这就是美国科学家贝尔(A. G. Bell, 1847~1922)设计的电话。贝尔当时仅是一名聋哑人学校的教师,但凭借对电流作用敏感的认识和不懈努力,实现了通过导线互相通话的目的。经过不断改进,到1878年,他实现了从波士顿到纽约之间200英里的首次长途通话。贝尔曾经把电话的话音比喻为歌声,他说:“这歌声是永不停止的,因为这是对生活故事的歌颂,而生活是永不停止的。那高悬的电话线正在把生与死、成功与失败的消息传遍全球。”图0-3所示为贝尔和他早期发明的电话机。

1866年,德国工程师西门子(K. W. Siemens, 1823~1883)发现了电动原理并应用在发电机的改进上。由于电在各方面的应用日益广泛,如照明、电解、电镀、电力拖动等,人类迫切需要更方便地获取电能,以提高效率、降低成本。1882年,直流高压输出试验成功。但由于直流高压不便于直接使用,同年在发明变压器的基础上又实现了远距离交流高压输电,从此电气化时代开始了。

1879年,美国的爱迪生(T. A. Edison, 1847~1931)发明了钨丝电灯。这位在一生中获得1000多项发明专利的发明家用电照亮了千家万户。他曾说过:“我的人生哲学是工作。我愿揭示自然界的秘密并用以造福于人类。我认为,我们在人世间短暂的一生中,最好的贡献莫过于此。”图0-4所示为爱迪生及他发明的电灯。

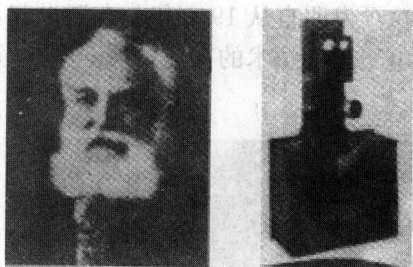


图0-3 贝尔和他早期发明的电话机

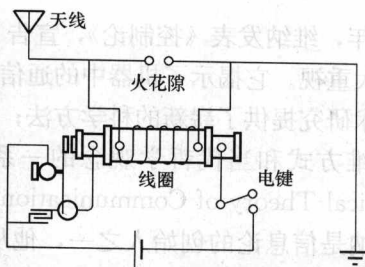


图0-4 爱迪生及他发明的电灯

1894年,意大利的马可尼(G. Marconi, 1874~1937)发明了无线电。20岁的并没有受过正规大学教育的马可尼利用赫兹的火花振荡器作为发射器,通过电键的开、闭产生了电磁波信号。1895年他发射的信号传送距离可达1km以上,1897年发射的信号传送距离可达20km,从此开始了无线电通信的时代。图0-5所示为马可尼和他的无线电收发报机原理图。



图0-5 马可尼和他的无线电收发报机原理图



电真空器件的发明使电子工程的发展推进了一大步。英国科学家汤姆逊 (J. Thomson, 1856~1940) 在 1895~1897 年间反复测试, 证明了电子确实存在。随后, 英国科学家弗莱明 (J. A. Fleming) 在爱迪生的热二极管的基础上发明了实用的真空二极管。它具有单向导电特性, 能用来整流或检波。1907 年, 美国人福斯特 (L. D. Forest) 发明了真空三极管, 它对微弱电信号有放大作用。1914 年, 福斯特用真空三极管又构成了振荡电路, 使无线电通信系统更加先进。图 0-6 所示为福斯特正工作于无线电发射机旁。

1925 年, 英国的贝尔德 (J. L. Baird) 首先发明电视。几乎同时, 美国无线电公司 (R. C. A) 的工程师诺基 (V. K. Zworykin) 发明了电视显像管。1933 年, 他利用真空二极管、真空三极管和显像管等最早发明了电视机。1936 年, 黑白电视机正式问世。

1946 年, 世界又一个奇迹出现了。第一台电子计算机在美国宾夕法尼亚大学莫尔电子工程学院研制成功。这台叫做 ENIAC (Electronic Numerical Integrated And Calculator) 的计算机是美国数学家纽曼 (J. V. Neumann) 主设计的。它占地约 165m^2 , 使用了 18000 只真空电子管, 质量高达 30t, 每秒可运算 5000 次, 这在当时是史无前例的。今天的计算机已发展到第五代, 速度已接近每秒 5 万亿次。然而第一台计算机诞生的意义仍是划时代的, 没有当初, 何有今天!

人类的生产实践和科学实验是不断发展的, 永远不会停止在一个水平上。从 1948 年起, 固态电子学的时代向我们走来。1947 年 12 月 24 日, 贝尔实验室的布拉丁 (Walter Brattain)、巴丁 (John Bardeen) 和肖克利 (William Shockley) 发明了一种点接触晶体管。这是一种全新的固态器件, 体积小, 电性能稳定, 功耗低。这项发明自从 1948 年公布于世起, 很快就应用于通信、电视、计算机等领域, 促进了电气和电子工程技术的飞速发展。图 0-7 是布拉丁等人当时在实验室工作的情景。



图 0-6 福斯特正工作于无线电发射机旁

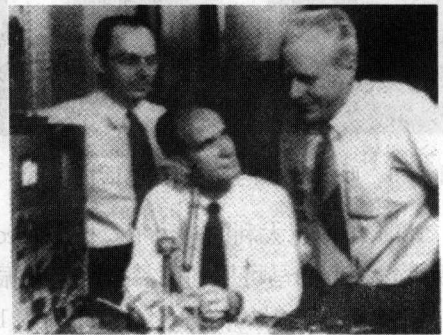


图 0-7 布拉丁等 3 位科学家发明晶体管

1948 年, 维纳发表《控制论》, 宣告了控制这门新兴学科的诞生。维纳的深刻思想引起了人们的极大重视。它揭示了机器中的通信、控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律; 为现代科学技术研究提供了崭新的科学方法; 它从多方面突破了传统思想的束缚, 有力地促进了现代科学思维方式和当代哲学观念的一系列变革。1948 年香农的《通信的数学理论》(The Mathematical Theory of Communication) 与《在噪声中的通信》成为信息论正式诞生的里程碑。维纳是信息论的创始人之一, 他从带直流电流或者至少可看作直流电流的电路出发来研究信息论, 独立于香农, 将统计方法引入通信工程中, 奠定了信息论的理论基础。

从 20 世纪 50 年代末期开始, 科学又把人类带入了微电子学时代。1958 年, 利用单晶

第一章 电子信息工程简述

第一节 电子信息学科及其基础知识概述

电子信息学科是当今世界上发展最快的学科之一,属于技术科学范畴。所谓技术科学,是应用技术中一些有普遍规律性的知识体系,是介于基础科学和应用技术之间的一种科学,是应用技术的理论基础,在人类的技术发展中起着重要的作用。电子信息学科是应用电子学和信息技术科学的知识、技术进行设计、制造和使用电子与信息产品的学科。它包括众多的子学科,如电子科学和技术、电子信息工程、通讯工程、微波工程等。美国伯克利加州大学的 Edward A. Lee 教授认为,电子电气和计算机工程领域在 20 世纪经历了 4 次重大的技术重点转移:一是由电力传输与旋转机械向电子学转移,二是由电子管向半导体以及由分立元件向集成电路转移;三是由模拟电子向数字电子转移;四是由固定的向可编程的数字硬件转移。这些技术重点的转移对学校的教学包括基本知识、基本技能和实验设计都产生了重大影响。综观 30 多年来的电子信息技术的发展,软件规模越来越大,结构愈来愈复杂;集成电路和电子系统的复杂度大幅上升,技术生命周期越来越短;电路设计、系统设计、体系结构设计、硬件设计和软件设计已经不可分割,并进入了系统芯片时代。因此,一些世界著名的大学在教学中均越来越重视大规模复杂系统的分析、设计与管理,即掌握复杂的方法学和现代设计工具。

电子信息学科的知识体系是一个庞大的体系,本书从研究学科基础的知识体系出发,让学生了解今后学习的方向,简要地介绍了一个电子信息学科的基础平台。电子信息学科的知识体系结构由电路与电子知识领域、电磁学知识领域、信息处理知识领域和计算机知识领域 4 个领域组成。其中电路与电子知识领域由电路原理、电子电路基础、数字逻辑系统设计、微电子与系统和通信电子电路等组成;电磁学知识领域由电磁场与电磁波和微波等组成;信息处理知识领域由信号与系统、自动控制原理、随机信号和数字信号分析处理等组成;计算机知识模块则由计算机系统、程序设计、网络技术和嵌入式系统等组成。每个知识领域都既有联系又可独立存在,可以说只要我们掌握了每个知识领域中的知识内容,就可以在今后的工作中大展鸿图,成为行家里手。本书在介绍下面每个知识单元的时候,将简要地介绍组成这些模块和单元的知识。

一、电路与电子知识领域

人类已进入信息化社会,世界范围内信息技术高速发展。与信息生成、存储、传输、处理和应用密切相关的微电子技术和光电子技术日新月异,作为微电子技术和光电子技术结晶的集成电路的发展速度正按照每 3 年翻两番的摩尔定律向前进步。事实上,集成电路设计和制造水平的高低已成为衡量一个国家技术水平的重要标准,同时也成为一个国家经济实力和国防实力的重要标志。可以预料,在 21 世纪上半叶,集成电路技术将会得到更迅猛地发展。在我国发展集成电路技术以加速社会信息化进程、加强国防力量和保证国家安全已刻不容缓。

当前,我国集成电路设计和制造技术的发展面临着一个难得的机遇。首先是国家的高度重视,集成电路设计与制造已被放在电子信息领域高技术创新的第一位,大规模集成电路设计已列入国家 863 计划,微电子电路设计已被信息产业部列为我国“十五”规划的重点发展方向并已实施。第二是国家信息产业的高速发展对集成电路的巨大需求,2000 年我国 IC 市场总产值为 500 亿元,2005 年已经超过 2000 亿元。第三是国内外半导体制造现代化工艺线的不断建设和扩展,很大程度上已经形成等待高技术含量的电路投入大批制造的局面。第四是 10 多条先进的工艺线在上海、北京和天津等地兴建,为我国先进的集成电路的制造提供了条件。第五是我国有数量庞大的集成电路设计与制造技术队伍和智力资源。我国许多高校大多设有电子、通信、计算机、自动化等学科,每个学科每年都招收大量学生,这些学生中很大一部分可以通过课程调整和技术实践培养成为集成电路设计人才。

我国信息产业部与国家发改委正式联合发布了《信息产业“十一五”规划》,客观分析“十一五”信息产业发展面临的机遇和挑战,指出了“十一五”全球信息产业发展出现新特点、战略地位等。

未来几年,信息技术的创新、融合和渗透进程将加快,集成电路、软件、新型电子元器件等核心技术水平将再上新台阶。集成电路将向微型化和集成化方向发展,在纳米水平下进行加工、集成的芯片系统将成为主流产品,新的器件、材料将不断涌现;软件的平台网络化、方法对象化、系统结构化、开发工程化、过程规范化、生产工厂化的趋势将更加明显;新型电子元器件将向微型化、片式化、高性能化、集成化、智能化、环保节能方向发展,平板显示器件将逐步成为显示器件的主流产品;新一代移动通信、下一代互联网以及数字电视网络及相关产品将不断升级演进。信息技术在各行各业中应用的深度和广度正在不断深入与扩大,与其他领域技术间结合将更加紧密,并衍生出更多的业态和产品形式。以信息技术为核心的高新技术已成为经济社会发展的重要动力。

(一) 国际竞争格局

电子信息产业具有广泛的国际性,其全球性采购、全球性生产、全球性经销的趋势日益明显,而电子信息产业的发展也改变了传统的产业分工格局,并形成了自身的特点和规律。市场、资金和技术的国际化使得国际竞争由资源、产品的竞争转向技术、品牌、资本和市场份额的竞争,核心技术和自有品牌成为竞争力的关键因素,国际竞争格局正不断地发生变化。

1. 新分工体系开始形成

一方面,世界电子信息产业分工进一步细化,由传统的垂直分工向混合分工转变,由产业分工向产品工序分工转变。电子信息产业的发展不仅加快了全球的垂直分工向水平分工与垂直分工相结合的混合分工转变的步伐,而且进一步加快了产业分工向产品工序分工的转变。同一产品的生产依不同的工序和零部件的不同技术含量进行,不再体现在某个特定或某项特定产品上,而是体现在产业链中所占据的环节或工序上。从产品生产的产业链角度来看,技术密集型的产业有它的劳动密集型环节(如高科技产品的加工装配环节),劳动密集型产业有它的知识技术密集环节(如产品设计)。产品生产的不同产业链环节,其技术水平和附加值也不同,全球的生产企业只能根据自己的核心能力和优势资源,在产业链上的某一环节或某一工序上进行生产。

在新型的国际分工体系中,一个国家或地区国际分工地位的提升,不仅表现为产业层次

的高度化,由劳动密集型产业向资本密集型产业的递进,而且表现为产业链或产品工序所处地位及增值能力的提升。伴随着国际分工的深化,国际分工产业边界在弱化,产业链或产品工序的作用在提升。具体表现为:由生产环节向研发设计和品牌营销环节的转移,在生产环节中由下游生产环节(终端的加工组装)向上游生产环节(关键零部件生产)转移。

另一方面,世界电子信息产业在全球范围内的转移步伐进一步加快,而且传统的递次转移的特征正在消失。20世纪60、70年代以来,世界范围内电子信息产品加工制造业经历了由美国——日本——韩国、中国台湾——泰国、马来西亚——中国内地的转移模式,但目前这种递次转移的模式正在改变,世界电子信息产品制造业正在从美国、欧洲直接向中国及东南亚国家转移,并以直接投资为主,这主要是由电子信息产业自身特点所决定的。在日益激烈的市场竞争环境下,高新技术产品周期性特征决定了新产品进入成熟期后,必须尽快降低成本,而中国目前是全球综合生产成本最低的国家;同时,中国庞大的、高速成长的市场规模和多层次的市场结构满足了高新技术企业快速回收成本的要求,它决定了只有在中国投资才能降低企业经营风险。经过改革开放多年的发展,中国已为国际产业转移在生产工艺制造、投融资环境、人才积累、制度积累等方面创造了条件,以电子信息技术为代表的电子信息产业向中国的直接转移是我国产业升级的必然结果。

2. 空间集聚效应更加突出

电子信息产业基地建设已成为一种发展趋势。由于高技术产品具有运输成本低、规模经济明显、技术外溢效应强的特点,因此在空间分工格局上呈现出产业的高度集群化。

从整个产业来看,全球电子信息产业主要集中在几个国家和地区,并逐步形成以产业链为基础、相关配套产业高度聚集的产业基地,如美国的硅谷、北卡三角、波士顿 128 公路、德州的奥斯汀,墨西哥的 Guadalajara 电子业基地、Tijuana 视听产业基地和欧洲英国的剑桥工业园、苏格兰工业园、德国慕尼黑工业园,法国的索非亚工业园及北欧洲瑞典的 Kista 工业园以及亚洲的马来西亚的多媒体走廊,印度班加罗尔的软件外包基地和我国台湾地区的计算机及集成电路产业代工基地等。这些以产业链为基础的电子信息产业基地已经形成全球电子信息产业生产的基本格局。

3. 技术演进愈来愈快

当前,信息技术更新速度明显加快。集成电路技术已进入纳米级制造和片上系统时代,计算机技术继续向高性能方向发展,音视频技术继续向数字化、高集成化、多功能化方向发展。全球电信业转型步伐加快,技术业务创新更趋活跃,电信技术业务移动化、宽带化、IP 化及多媒体化的趋势日益明显;蜂窝移动通信在相当长时期仍将是无线移动通信的主导产业,WiMAX 作为现阶段 3G 的补充也将得到应用和发展;手机电视、IPTV 快速发展,已成为实现三网融合的重要领域;互联网的迅猛发展,对传统电信业的经营模式产生了深刻的影响。不同网络、技术、业务的融合发展,技术与市场的紧密结合,对我们判断形势、把握方向、制定政策提出了更高的要求。

同时,技术相互渗透促进了产品和产业界限日趋模糊,数字化、网络化、智能化技术正在成为电子信息产业的主流技术。20世纪90年代以来,数字化潮流正在迅猛冲击和变革模拟领域,目前已成为通信和消费类产品的共同发展方向。数字技术促进了音视频、通信和计算机技术的融合,出现了业务上相互渗透、汇合,技术上相互吸收、移植的现象,发展了一大批集合性产品和业务。在通信领域,数字技术正在全面取代模拟技术。在广播电视领域,

已全面开始由模拟电视向数字电视转变。数字电视广播已在全球很多国家开播,数字音频广播也已进入商品化阶段,组合音响也在向数字化、多声道环绕声以及小型、微型化方向发展,人们正迎来数字音视频时代。随着信息技术的迅速发展和广泛应用,网络化也成为电子信息产业发展的必然趋势。

电子技术与机械、汽车、能源、交通、轻纺、建筑、冶金等产业的结合,形成新的技术领域和更广阔的产品门类。电信网、有线电视网和计算机通信网间相互融合,交叉经营,资源共享。个人计算机、传真机、手机大量进入家庭,导致投资类和消费类产品的边界趋于模糊,数字化多媒体等信息技术促进了PC和TV的融合,使家用电视、计算机、通信逐步融为一体。

(二) 国内调整转型

信息产业在国民经济发展全局中的地位越来越重要。中央实施促进经济社会发展的一系列战略举措,各行各业加快推进信息化建设,对信息产业提供服务支撑的方式、手段和能力提出了更高的要求,可以预见,在整个“十一五”乃至更长的时间里,信息产业的发展空间仍然很大。目前我国经济粗放型增长的问题还比较突出,要积极利用信息技术改造和提升传统产业,走新兴工业化道路,促进节能降耗和污染减排。同时,国民经济发展全局要求信息产业必须加快自身增长方式的转变,推进电信强国、电子强国建设,实现信息产业又好又快地发展。

1. 技术升级加速产业调整

生产要素全球配置的特点日益突出,我国信息产业国际化程度日益提高。随着经济全球化的快速发展,我国信息产业与全球产业发展之间的相互联系越来越紧密,出现了一些新的情况,如核心技术的竞争日趋白热化,专利、标准和品牌成为各国争夺竞争优势的制高点;跨国公司的产业转移、跨国投资和并购活动往往影响到全球;经济全球化有利于产品出口和企业“走出去”,但针对我国产业的贸易摩擦和知识产权纠纷也在增多;电信技术、业务创新和行业转型成为新的潮流,国外电信公司纷纷进行战略调整和企业重组,对国际市场的争夺加剧;随着WTO后过渡期的结束,我国电信业务市场将进一步扩大开放,市场竞争将更趋激烈。

技术升级和产业调整的趋势日益明显。信息技术更新换代加快,技术融合不断加深,产品界限日趋模糊。数字化促进了音视频、通信与计算机技术的融合,涌现出了一大批集合性新产品和新业务。三网融合使互联网技术、通信技术、广播电视技术融合在统一的网络框架之下。电子信息技术与机械、汽车、能源、交通等传统产业的结合,不断催生出新的产品门类。手机、个人电脑大量进入家庭,投资类和消费类产品的边界趋于模糊。信息服务新业务不断涌现。绿色制造技术将广泛应用,原材料和生产工艺的无害化成为社会关注的重大问题。这些都将促进产业结构加快升级,并形成新的经济增长点。

2. 产业发展面临瓶颈

行业发展中伴随的矛盾和问题主要有以下几个方面:一是核心基础产业薄弱,企业综合竞争力不强,出口产品附加值低,产业结构不合理的矛盾仍然十分突出。二是核心技术受制于人,自主创新能力有待提高,支持和鼓励企业自主创新的政策环境还需要进一步完善,管理体制和机制还不能满足自主创新的要求。三是软件产业规模偏小,软件硬件比例失调,系统集成能力有待提高。四是运营技术业务创新与发达国家相比有较大差距,非话音业务比

重较低,农村通信发展与新农村建设的要求还不相适应。五是电信市场竞争结构失衡,通信法制建设相对滞后,监管能力建设有待加强。

产业竞争呈现出新的格局和特点。一是跨国公司为增强综合竞争力,不断进行资源整合,包括业务融合、全球市场重新布局、开展跨国公司间的并购等,对我国企业构成新的挑战。二是外资企业加大与本土企业在低端市场的竞争,不仅更加注重低端产品的开发,也增加了对中小城市和乡镇市场的营销投入,市场和产品的竞争领域日益扩大。三是元器件升级带动整机行业竞争加剧,Intel与AMD加大对芯片市场的争夺,影响国内计算机企业的竞争格局;跨国公司凭借完整的液晶面板产业链优势继续对国内整机和器件企业形成压力。四是网络服务商和渠道商介入制造领域,强化了业务融合的优势;部分代工企业凭借强大的加工能力发展自主品牌的整机产品,也对国内企业构成新的竞争。五是国家间竞争日益激烈,周边地区日益重视电子信息产业发展,在市场和劳动力等方面的优势日趋显露,对我国产业竞争优势构成挑战。

贸易摩擦和产业安全的形势不容乐观。随着国际市场份额快速增大,电子信息产业成为我国国际贸易摩擦的重点领域。我国加入世贸组织过渡期结束,对外开放面临着新的形势。发达国家采取反倾销、技术壁垒、收取高额专利费等措施来打压我国电子信息产品出口。欧盟在实施 WEEE 和 RoHS 指令后,又将推出 EUP (Energy-Using Products) 标准,对进口电子产品规定明确的能耗要求。此外,欧盟正在酝酿出台“劳工标准”,并将此与欧盟和发展中国家之间的贸易协调挂钩。

集成电路是基于电压、电流等基本概念所形成的电路、模拟电子电路、数字电子电路发展起来的,同时又成为工业、生物、通信、测试技术与仪器、数字信号处理等技术的基础。

其知识结构如图 1-1 所示。集成电路发展到现在的片上系统(System on Chip, SoC),既不再是模拟电路的“放大器”或数字电路的“与非门”一类的基本单元电路的概念,也不再是模拟电路的“锁相环”或数字电路的“全加器”一类的功能电路的概念,甚至不再是模拟电路的“接收机”或数字电路的“CPU”一类子系统的概念,而是变成了包含多种模拟电子电路和数字电子电路的子系统、硬件和软件功能的复杂信息系统。因此,集成电路设计需要的知识和技术范围已大为扩展,概括起来可分为以下四个方面:

(1) 电路知识与设计技术。电路知识是集成电路设计核心知识。集成电路设计工程师,特别是在从事逻辑门级、晶体管级和版图级从事设计的工程师,必须对各类功能电路和基本单元电路的原理和设计技术达到融会贯通的程度。相对于数字电路,模拟电路和模数混合电路需要更多的知识、技术和经验。射频集成电路 RFIC、微波单片集成电路 MMIC、毫米波单片集成电路 M3IC、GB/s 速度级超高速集成电路的设计更需要特殊的知识、技术和经验。如果说 20 世纪 60~80 年代,电子技术工程师必须熟悉掌握双极性结型晶体管的话,当前的电子技术工程师必须熟悉掌握

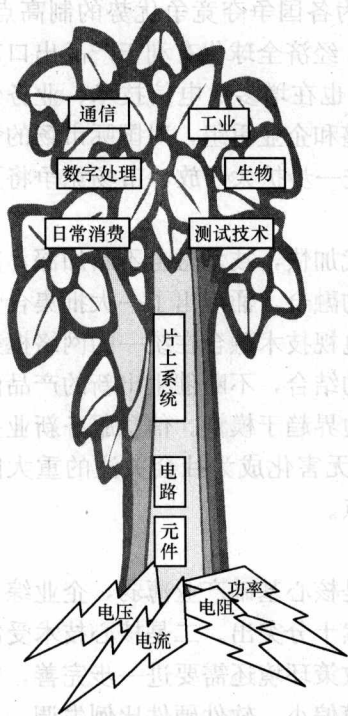


图 1-1 电子电路等知识结构图