

• 全国大学生电子设计竞赛系列教材 •

电子设计基础

主 编 钟洪声
副主编 吴 涛 崔红玲

高等教育出版社

• 全国大学生电子设计竞赛系列教材 •

电子设计基础

Dianzi Sheji Jichu

主 编 钟洪声
副主编 吴 涛 崔红玲

高等教育出版社·北京

内容简介

《电子设计基础》是电子设计初学者的参考用书。主要面向电子信息类专业的学生,介绍电子设计技术的基础知识和基本技能。本书主要内容包
括:常用电子元器件及主要性能检测,电子设计制作中常用工具及使用方法,电子设计中常用仪器设备及使用操作方法,一些基本电路设计方法,如
线性稳压电源、波形发生器、放大器等,利用计算机仿真设计简单电路,常用
传感器、滤波器、频谱仪原理及应用;简单数字电路,简单电路的设计、制版、
焊接、安装与调试,以及三个综合设计单元电路。本书尽量选择简单易懂的
语言进行描述,选择由浅入深的知识原理进行讲解。在各章的后面,设计了一
些相应的训练题目,提供电子设计指导教师参考。本书提供了 47 幅表格
与插图,26 个视频文件,增加了“扫一扫”,能够让读者观看相应内容的教学
视频、彩图及表格,方便读者自学。本书也可以作为电子技术业余爱好者的
入门教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计基础/钟洪声主编. --北京:高等教育出版社,2016.8

ISBN 978-7-04-045679-0

I. ①电… II. ①钟… III. ①电子电路-电路设计-高等学校-教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 139763 号

策划编辑 吴陈滨	责任编辑 孙 琳	封面设计 钟 雨	版式设计 马 云
插图绘制 杜晓丹	责任校对 杨凤玲	责任印制 耿 轩	

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	三河市潮河印业有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	18.5	版 次	2016 年 8 月第 1 版
字 数	410 千字	印 次	2016 年 8 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	27.20 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 45679-00

前言

高等教育的发展和社会对人才的需要,对大学生提出了更高的要求。电子信息技术高速发展,对电子信息工程领域的大学生要求也进一步提高。电子技术带来的产业及社会经济发展速度也很快,社会对于人才的需求与人才培养模式的矛盾还是越来越突出。社会期望大学生有较强的实践能力、创新能力,能够很快适应现代生产和社会服务的需求。而我们的大学生普遍重视理论基础,对于工程实践能力的训练重视程度还显得不够。近些年来,教育部采取了一些措施,改革实践教学模式,积极推出了鼓励大学生电子设计实践的计划,并取得了很大的成绩。比如,大学生电子设计竞赛,每两年举行一次,规模大,影响大,对于大学生实践能力的提高,起到了很好的作用。

本书正是在这一历史环境下推出,期望进一步鼓励大学生参加电子设计实践,提高在本专业的工程素养。本书不是单独应用于本专业的大学生教材,而是本专业大学教育的一个补充材料,通过本书的学习和实践训练,可以提高学生的工程实践认识,对于理论学习和理解起到良好的帮助作用,并有利于本专业学生的教学和教育效果的提高。

电子信息科学和技术是一门工程实践性很强的学科。除要求具有很好的数学、物理等基础之外,也要求有工程实践能力。忽略工程实践训练,会影响学生对理论的认知深度。基本理论教材中,介绍的主要是数学模型,如果缺少实践,学生很难将学习的理论知识与物理世界实际相联系起来,造成认知上的困惑,甚至误解。比如,晶体管,是电子技术的重要元件,如果学生从来没有应用过,就很难理解为什么需要加直流偏置?如何加直流偏置?为什么小信号电路等效会出现一个受控源,这个受控源与数学模型的受控源有区别吗?学生对这些问题,没有理解,可能造成认识误区,经常会认为,这个数学模型与实际电路是完全对应的,按此推理,其放大比例是固定的,当出现失真时,又会造成理解困难。

通过实践,补充和提高认知水平;通过实践,提高实践动手能力,有助于创新思维的触发,提高工程实践技术。科学技术推动社会发展,反之,社会需求和应用引导学科的发展与进步。因此,本专业与社会需求和发展密切相关,对于人才也要求其不断适应社会发展的需求。

本书从另外一个视角,指导学生通过动手理解电子技术的基本知识。全书共16章。主要内容包括:电子技术发展与特点,基本元器件,万用表及元器件的简单测量方法;简单焊接及安装技术,计算机仿真与电路版图设计,线性电源制作,简单放大器介绍;实验室常用电子测量仪器,运算放大器应用,电路安装和调试的技巧,常用传感器、简单滤波器及基本数字电路,频谱仪应用及3个简易功能电路的设计。本书还设计了

47 个图表,26 个视频文件,读者可通过扫描二维码观看。

参加该书编写的教师共 8 人,钟洪声统稿并编写绪论与第 1、7、12 章;吴涛编写第 13、14、16 章;崔红玲编写第 2、3、8、10 章;杨忠孝编写第 11、15 章;皇晓辉编写第 4 章;李晓宁编写第 5 章;陈瑜编写第 6 章;李朝海编写第 9 章。视频文件由钟洪声、吴涛完成。

罗伟雄教授审阅了全书,对本书提出了大量建设性修改意见,包括放大器设计的调整,仪器设备介绍的精简等。在此深表感谢!

电子科技大学近十年大学生科技竞赛实际培训,分为三个阶段,初级班、中级班和高级班。本书是初级班训练计划和经验的总结,凝结了教练组全体教师的辛勤工作。但是,由于本人的水平有限,对于工程训练的规律认识还不是很全面,难免有不少问题和不足,请广大读者批评和指正。编者邮箱为:hszhong@uestc.edu.cn。

钟洪声

2016 年 3 月



绪论	1	4.6 电感器与变压器的简单 检测	55
第 1 章 电子技术发展简要及 特性	5	4.7 MOS 管的简单检测	57
1.1 电子技术发展简史	5	第 5 章 电路板的焊接	61
1.2 电子电路特性	11	5.1 组装电路的基本流程	61
1.3 电路设计常用芯片器件发展 简介	12	5.2 电路板组装的准备	62
第 2 章 常用元器件	14	5.3 电路板插件技术	63
2.1 电阻器	14	5.4 电路板焊接技术	65
2.2 电容器	19	第 6 章 电路仿真与版图设计	70
2.3 电感线圈	22	6.1 仿真设计软件介绍	70
2.4 变压器	25	6.2 仿真软件安装与操作	72
2.5 二极管	27	6.3 电路板图设计	81
2.6 三极管	30	第 7 章 电源设计与制作	91
2.7 场效应管	32	7.1 线性稳压电源的基本 原理	91
第 3 章 万用表	35	7.2 线性稳压电源设计分析	95
3.1 模拟万用表	35	7.3 电路安装与调试	104
3.2 数字万用表	38	7.4 电路测试	107
第 4 章 元器件的简单检测	41	第 8 章 常用电子仪器	112
4.1 电阻的简单检测	41	8.1 示波器	112
4.2 电阻类元件的简单检测方法 与经验	43	8.2 函数发生器/计数器	120
4.3 半导体二极管的简单 检测	46	8.3 晶体管毫伏表	130
4.4 晶体管的简单检测	50	8.4 直流稳压电源	132
4.5 电容器的简单检测	52	第 9 章 放大器设计	137
		9.1 晶体三极管放大电路	137
		9.2 场效应管放大电路	143

9.3 放大器频率响应	147	第 13 章 滤波器设计	209
9.4 音频功率放大电路	150	13.1 滤波器基础知识	209
9.5 放大电路设计实例	151	13.2 无源 RC 滤波电路	215
9.6 实例仿真	155	13.3 有源滤波器	218
9.7 测量方法介绍	160	13.4 LC 滤波器	228
9.8 音频功率放大电路设计	162		
第 10 章 运算放大器及其应用 ...	167	第 14 章 频谱分析仪及应用	
10.1 集成运算放大器的参数 ...	167	简介	233
10.2 运算放大器的种类及		14.1 频谱分析仪基本原理	233
选择	168	14.2 频谱分析仪应用及基本	
10.3 运算放大器的使用注意		操作	237
事项	170	第 15 章 数字电路基础	245
10.4 运算放大器的典型应用		15.1 基本概念	245
电路	172	15.2 计数制与编码	248
10.5 运算放大器应用电路		15.3 基本逻辑运算	252
实例及仿真	178	15.4 模/数转换器	257
第 11 章 电路安装与调试	182	15.5 数/模转换器	260
11.1 安装前的检查与检测	182	15.6 LED 数码管显示	263
11.2 焊接安装技巧与规范	183	15.7 数字组合逻辑电路设计	
11.3 电路板的检查	184	实例	267
11.4 电路的调试	185	15.8 常用门电路简介	269
11.5 电路的故障维修技术	187	15.9 集成逻辑门使用注意事项 ...	270
11.6 电路元器件拆卸方法	190	第 16 章 综合设计	274
11.7 接地与屏蔽	191	16.1 简易红外线障碍物检测	
第 12 章 常用传感器	193	电路设计	274
12.1 声电转换	193	16.2 简易无线话筒设计	277
12.2 光电转换	198	16.3 语音存储与回放电路	
12.3 温度传感器	202	设计	281
12.4 力学传感器	204	参考文献	289
12.5 天线	207		

绪论

两百年来,电子技术的出现和发展深刻改变了人类文明的进程以及社会生活方式。如今电子技术应用已经遍及全球不同领域,如通信网络、电子商务、自动控制系统等,推动着各个领域的进步,未来电子技术还必将引领整个社会的发展。电子技术发展及广泛应用,对工程领域人才提出了很大的需求。电子工程专业人才的培训,受到各国普遍重视。长期的历史证明,工程实践是提高工科学生综合素质的最佳课堂和手段。通过理论知识与工程实践、工业实践的紧密结合,积极构建特色工程实践教学体系,才能真正发挥高等工程教育的功能与作用,培养和造就出一代具有创新精神和创业能力的、年轻的社会经济建设后备大军。

关于工程教育问题并非中国一家独有,全世界都面临这个问题。20世纪90年代,美国麻省理工学院提出了“回归工程”口号,为整个世界范围内的工程教育提出了新的要求,并树立了改革的模板,即注重学生的工程实践能力的训练。回归工程的思想促进了教育部门对学生动手能力培养方面的研究。

目前,在美国的工程教育中普遍认为:“工程本身是关于科学知识和技术的开发应用,它是满足社会需要的一种创造性专业”,强调教学中“实践才是工程专业的根本”,强调开发“以问题为中心”,融合“理论教学”和“研究型教学”的实践性课程来培养学生的创造能力,强调对教师和学生的工程实践训练,尤其强调对学生工程设计能力的培养,以新的人才培养标准衡量高等工程教育,以一系列评估标准衡量现代工程师的质量。

德国的高等工程教育在世界享有盛名,它历来强调工程中的实践性,在教学中突出对学生实践能力的培养,德国工科院校始终把科研与技术实践创新作为大学的正式职能。比如德国慕尼黑工业大学,十分重视工程实践环节,注意培养学生的动手和独立设计能力,每项实验都由学生亲自操作及撰写实验报告,以加强学生的动手能力。近几年来,德国的那些强调理论研究的学术性工科院校也加强了实用性研究,其研究课题基本围绕工程内容展开,在促进基础研究发展的同时,也推动了德国整个社会的发展。德国的工科院校还以培养数量众多、技术过硬的技术人才为主要责任。注重大学研究机构与企业的结合,为德国工业的迅速发展奠定了坚实的基础,同时高校对前沿科技的探究与发展也不断地促进其骨干产业的崛起。

法国高等工程学校,在教育方式上注重理论与实践相结合,以“多科性”和“多面性”为特色,既学习科学基础,也学习工程技术,同时重视学生到工业企业的实习过程,与工业企业长期保持密切联系和合作的关系,促进了校企共同发展。

作为亚洲经济发达国的日本,自明治政府建立以来,就把学习西方、兴办教育作为“立国之本”。高等工科院校的建立和高等工程教育的发展促进了日本经济的发展,使日本成为一个新兴的资本主义工业国家。近年,针对社会发展的需求,日本的工科院校也设立了相应的研究所和研究中心,重视将理论知识应用到实际科学研究中,适应国际化、信息化时代的教育和研究体制。在日本,工科高校实践环节中的生产实习,一般由学生自选公司,按时完成实习报告,教师不参与实习活动。日本企业大多数具备较完善的职业培训系统,以培养大学在校生和员工。通过大量的实践教学与实习活动,使学生毕业后成为一个有独立能力的、能够独立承担安全可靠责任职业工程师,强化了其独立自主的科研能力和动手操作的实践能力。

国际上发达国家推行的工程教育改革为我们提供了参考,面对科学技术迅速发展带来的挑战和社会经济对工程技术人才培养所提出的要求,促使我国高等工程教育要积极面向未来发展的需要,积极地寻找适合中国特色的高等工程教育改革之路。

为此,中国高等工程教育必须加快改革,调整工程教育的学科专业结构、层次结构和人才培养模式。目前,不论是从政府层面还是从各高校方面,都在积极寻求适合中国特色的高等工程教育改革之路。只有适应时代与社会的大发展,中国才能成为高等工程教育的强国。

现代工程的本质在于应用、实践和创新,它决定了工程技术人才的培养不能脱离工程应用技术的教育和训练,包括工程意识、工程素质和创新能力。我国高等工科学科四年制本科教育的培养目标规定:“工科本科教育应培养适应社会主义建设需要的、德智体全面发展的、获得工程师基本训练的高级工程技术人才。学生毕业后主要去工业生产部门,从事设计、制造、运行、施工、研究开发和管理等工作;也可以去科学研究部门、教育部门工作”。因而,现代工程师应当是有良好的现代自然科学和管理科学素养的、具有优秀个人品质的、以技术科学为主要学科基础并掌握工程技术专业知识与技能的、善于解决工程实际问题的、勇于不断创新的一代新人。

大学生科技活动是提升学生能力和综合素质的有效路径,以学生自主学习、研究、实践为主,结合老师的指导,解决现实问题(包括工程实际问题),充分激发学生的学习兴趣。

学生科技活动主要包括:各类科技培训、设计制作等实践活动,如大学生电子设计竞赛、大学生机械创新设计大赛、挑战杯、数学建模竞赛、机器人大赛等;教师的科研项目;学校自行设立或社会机构赞助的创新基金项目;学生自行组织或设定的研究课题等。

实践是工程的起点与核心,没有离开实践活动的工程,工程的开展也离不开实践的环节,工程本身就是实践。工程知识的获得,一方面可以从课堂和书本上学习,另一方面则必须从实践中学习,将理论和实践相结合是学习工程知识的最佳途径。工程意识的获得更是在实践活动中进行的。因为工程意识是在具有丰富工程知识背景下自然形成的自觉思维理念,它本身就是在分析问题、解决问题时自觉地从工程的角度出发去分析、判断、捕捉工程中的有用信息,抓住工程问题的关键点的一种敏锐度和意识。工程实践能力,更应从一个广泛的角度来看待,它不仅包括动手能力,还包括在实践中根据工程的客体,能够提出问题、正确分析和解决问题的能力,它是在广泛的工程

背景下,通过大量、不断的实践而形成的实际工作能力。

传统教育模式下的工科学生习惯性地偏重单一学科知识的系统性学习与总结,缺乏综合运用所学知识解决工程实际问题的锻炼,尤其缺乏从实践中发现问题和解决复杂工程问题的自觉性和能力,因而很少有原创性的发明创造。

而科技创新活动的开展以个人兴趣和爱好为前提,有利于激发学生的创新意识和创新能力,促使他们主动地综合运用所学专业知识和解决创新实践中遇到的问题,甚至在现有知识掌握不扎实或缺乏的情况下能主动通过复习、研讨、搜索、查阅、请教等方法手段去攻克一个又一个难关。在创新活动中养成的自学能力、研究能力、分析问题能力、综合运用能力以及实验动手能力是课堂教学很难培养和造就的。

开展科技创新活动有利于培养和增强工程实践中必备的创新意识、实践意识、时代意识、竞争意识、经济与社会意识、团队意识、职业道德意识等。科技创新活动本身是以培养创新意识和创新能力为核心内容,科技竞赛或创新大赛中各队组之间的激烈竞争与角逐以及团队内部之间的密切配合无疑是培养学生竞争意识、团队协作意识的最佳方式。现今,很多全国性的比赛大多紧密联系社会与经济发展现状,学生在设计和比赛中必须围绕一定的主题,紧扣时代要求,关注社会与经济发展需求,在无形中增强了工程意识。

本课程“电子设计基础”,以电子设计与制作为主线,结合学生科技创新活动进行电子技术的工程素质培养。与理论教学并行,有利于从“应试教育”的旧模式中走出来,实践训练帮助学生更容易理解教科书上的理论问题。

本课程也为大学生电子设计竞赛提供一本课外指导资料。比赛本身不是目的,主要是借助比赛,加强电子信息专业领域学生的工程实践训练,以弥补实际训练机会的不足。目前存在的主要不足是理论与工程实践脱节比较严重,以电子信息专业专业的电子电路课程教学为例,主要教学活动是课堂理论教学,其成本低,考核以试卷考试为主,培养的学生习惯“纸上谈兵”。虽然设置有相应的实验课,但绝大部分都是按部就班地进行验证性实验,与工程素养与实践技能培养的要求相差甚远。经过对学生学习情况的调查,发现普遍存在着共同的问题:

(1) 学生认识电路图的各种电子元器件符号,而不认识实际元器件。如打开电子设备,学生不知道哪些是三极管、二极管,哪些是电容、电感,甚至不认识色环电阻。

(2) 学生能套用公式对电路进行相关计算,套用分析基本电路的步骤对教科书上的电路进行分析,却不能分析实际应用电路,即便是很简单的电路。

(3) 学生能够在老师的指导下按照指定的步骤,完成设计好的实验,却不能对实际电路检测,很多同学不能正确使用测量仪表。例如,在电视接收机中测量某放大电路的状态是否正常,能够完成任务的同学很少。

(4) 学生不了解教科书以外的电子技术知识,更跟不上电子技术知识的发展。

理论课程的教学,以习题为主的训练,学生的考分不错,但是对于电路知识的理解,很多学生却不清楚;重视数学推导,但对电路数学模型与工程实际的差别很容易混淆,这不利于工程理念的形成。其次,很容易造成知识的“碎片化”,前后知识点无法自动连接,往往学过的课程,考试后即忘。很多初次接触工程实践的学生无法将课程上学习知识直接应用到实验中,包括无法理解数学模型与实际元器件的差异,无法理

解电源和信号的有效区别,导致无法单独完成电路设计。

本书是实践教学指导资料,引导帮助初学者进入电子设计工程领域,是电子设计的入门教材。主要包括:

(1) 电子电路设计的理论基础和基本方法

分析电路设计任务的具体要求,如性能指标、内容及要求,明确设计任务。进行方案选择,根据掌握的知识和资料,针对电路设计提出的任务、要求和条件,设计合理、可靠、经济、可行的实验框架,对其优缺点进行分析。根据理论框架学会电路单元设计、参数计算和器件选择。

(2) 电子电路的组装技术

电路组装通常采用通用印刷电路板焊接和实验箱上插接两种方式,不管哪种方式,都要学习电路认识与安装、元器件装插、导线的选用与连接、在电路的输入/输出端及其测试端处理。分析布局的合理性和组装的正确性。电子电路组装技术不仅能使得电路设计整齐美观,而且能提高电路工作的可靠性,便于检查和排除故障。

(3) 电子电路调试技术

学会常用仪器使用,如万用表、稳压电源、示波器、信号发生器以及频谱仪等。学会在电路调试中正确使用工具和测量仪器,并在使用中了解工作原理,了解安全使用规则。

(4) 电子电路设计专题制作

本书提供了一些训练题目,如直流稳压电源设计制作、放大器设计制作、波形发生器设计制作,以及三个专题设计制作。期望通过这些基本的训练,让初学者积累一定的实践经验,为后续的实际工作打下坚实的基础。

(5) 创新思维形成与训练

工程训练的主要目的,不仅训练学生动手能力,而且要训练学生的创新思维能力。

以往教学中,知识分配在不同理论课程中,老师一般只介绍本课程内容,很少贯通整个知识体系;学生学业完成后,没有形成系统的知识,也没有系统的概念;加之有些知识学习了,并未深入理解,很快就遗忘了。知识体系化弥补和打通了学生理论学习的不足。工程实践,一方面弥补遗漏掉的知识,更重要的是将各门课程所学习的知识“碎片”接连成为“整体”。

问题是多元化,工程设计和解决问题的方案是多种模式,绝非习题中“唯一”正确解。训练学生拓宽思维方向,学会选择不同的解决方法和方案,特别是独立思考新方法和新方案。

工程实践是构建系统知识体系的有效环节。本书是电子设计训练环节的基础部分,介绍电子设计的基础知识,是电子设计入门的教学指导,期望通过本书的学习和训练,让学生熟悉基本电子元器件、简单的基本电路,学会电子设计中的一些简单工具,了解电路安装和调试的基本技能。初学者经过训练,初步掌握电子设计的基本知识和技能,顺利进入更高层次的后续训练。

电的运动是自然界的一种普遍物理现象。人类很早就认识电的存在,但是人类控制并利用电子技术还是近二百年来的事情。

电子运动快速、高效,突显其工程价值。需求成为推动电子技术发展的强大动力。比如,早期电池问世,利用稳定电源开展大量实践探索工作,很快认识金属导电特性,接着马上设计出有线电报,即莫尔斯电报系统,并快速广泛地应用。再比如,了解认识电磁波,很快设计出无线电报,也是很快被应用到军事、航海等领域。可以这样说,电子科学与技术的发展,一直伴随和推动着人类社会的发展。今天人类社会进入信息化时代,就是电子技术发展带来的必然结果。而信息化社会,又对电子信息技术的发展提出更高的要求。人类对电子运动规律的认识和利用不断进步,对于工程技术人才的需求也越来越大。

1.1 电子技术发展简史

电子技术的发展历史,可以分为几个阶段:有线电时代、无线电时代、电子管时代、半导体时代、集成电路与计算机时代、通信网络时代和智能化时代。电子技术是一项高实用工程化技术,每次技术和理论的突破,总能很快带来应用的大进步和理论研究的新发展。

1.1.1 有线电时代

1840年,摩尔斯(见图1-1)发明有线电报。电报利用金属导线的传导能力,将信息的传递速度提高到了光速,极大地提高了信息的传递速度,极大地推动了电子技术的应用发展,对社会的发展产生了深刻的影响。

1879年,经过大量实验,爱迪生(见图1-2)发明电灯。这是一个重大发明,一百多年来,人类的夜晚生活变得丰富多彩。

为了使电灯得到广泛使用,爱迪生还发明电力系统。电力系统利用有线模式传送电能,高效、清洁、安全。为了实现电的远距离传输,电由直流模式转换为交流模式,利用变压器完成高低压的相互转换。



图 1-1 有线电报发明人摩尔斯

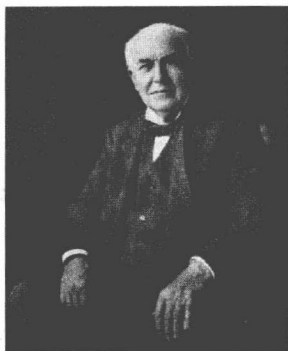


图 1-2 电灯泡发明人爱迪生

电子技术市场的广泛应用,推动了电路理论的发展。工程实现时需要准确分析电路的特性,精确计算电路的参数,导致电路理论成型,成为电子信息专业的基础知识。

电报之后,电话(有线)也随之发明了。1876年,贝尔申请了电话专利。贝尔研究声学,发现继电器可以发声,但是比较单调,经过不断改进,借助继电器原理,设计出扬声器,将电信号转换为声音信号。电灯、电话成为当年描述电气化时代的代名词。

电子技术分为两大领域,电力系统和电子信息系统。前者借助电传输能量,后者借助电传输信息。

1.1.2 无线电时代

1873年,42岁的麦克斯韦(见图1-3)出版《论电和磁》,把电和光统一,该书被尊为继牛顿《自然哲学的数学原理》之后的一部最重要的物理学经典著作。科学史上,称牛顿把天上和地上的运动规律统一起来为第一次大综合;麦克斯韦实现了第二次大综合,因此与牛顿齐名。没有电磁学就没有现代电工学。电磁的交替运动,形成电磁波。光与电磁波是同一原理,故电磁波的传播速度也就是光速。

麦克斯韦本人没有看到电磁波的应用,电磁波的实验证明由另外一位伟大的科学家赫兹(见图1-4)完成。1888年,31岁的赫兹首先证实了电磁波的存在。由于其对电磁学的巨大贡献,频率的单位以他的名字命名,用符号 Hz 表示。

第一次利用电磁波来传递信息,是马可尼(见图1-5)完成的。赫兹实验7年后,1895年,在博洛尼亚大学学习的马可尼,一个大二学生,年仅21岁,把赫兹的研究成果付诸实际应用,将无线电应用到电报,完成第一次实验,信息传播距离达到2.7 km,实现了历史性的突破。同时,也开创了无线电时代。无线电技术的应用范围,并不局限在电报业,无线电广播、电视业随之出现。

今天,无线电通信技术广泛应用,无线频道资源被不断被开发出来,多种扩展无线频道资源的技术不断出现。无线通信技术发展很快,已经从2 G、3 G发展到4 G、5 G通信技术,移动通信的带宽越来越宽。不论是有线还是无线电子技术,都成为目前网络通信系统中的重要组成部分。



图 1-3 麦克斯韦



图 1-4 赫兹



图 1-5 马可尼

1.1.3 电子管时代

爱迪生发明电灯带来一个副产品“爱迪生效应”：加热碳丝后会有热电子从碳丝里发射出来，然后被阳极电极收集而形成电流。美国人德福雷斯特（见图 1-6）注意到这一现象，并潜心研究。1907 年，34 岁的德福雷斯特发明了世界上第一支真空电子三极管。电子管（见图 1-7）的问世，开启了电子技术的新时代。

无线电报的应用，实现了信号远距离传输，但是电磁波经过远距离传输后，接收机收到的感应信号十分微弱，这样的弱电信号很难被有效利用，极大地限制了无线电报的传输距离。单靠加大发射功率，也不现实。电子管的出现，解决了这个问题。利用电子管设计的放大器，可以将微弱的电信号放大，实现远距离电信号传输。电子管的应用，使得跨洋信息传输成为十分轻松的事情。

电子管的出现，还推动了广播电视的发展。1906 年，加拿大发明家费森登首度利用无线电电发射出“声音”，无线电广播就此开始。

收音机（见图 1-8）很快进入家庭，人的声音可以从一个小箱子中传出，再度启发人们的好奇，既然能够听到播音员的声音，更希望能够看见活动的图像。在这种好奇心驱使下，电视机出现了。1925 年 10 月 2 日，英国科学家贝尔德（见图 1-9）制造出了第一台能传输图像的机械式电视机（见图 1-10），这就是电视的雏形。

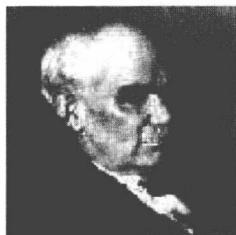


图 1-6 德福雷斯特

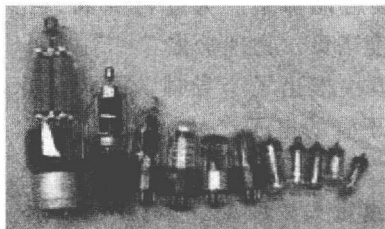


图 1-7 电子管

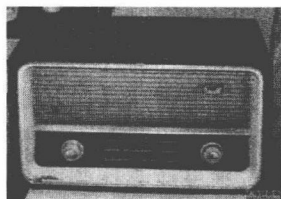


图 1-8 电子管收音机

电子管从出现到广泛应用，在很短时间内完成。特别是广播系统的全球范围推广应用，电子管收音机普及，很快进入家庭。由于用量巨大，电子管的年产量很快达到数亿只。



图 1-9 贝尔德



图 1-10 机械式电视机

电子管的出现,还推动了电子设备的快速发展。除了广播电视之外,第二次世界大战期间,无线电探测技术(即雷达)问世。电子管的工作原理还导致电子显像管的出现。早期的电视接收机都采用显像管模式。

由于电子管的开关速度远远高于机械式开关的速度,这个突破为后来的数字技术发展打下了基础。真实意义的第一台电子计算机,就是利用电子管设计出来的。由于电子管体积大,用量巨大,第一台电子管计算机体积超大,耗电巨大,是名副其实的电老虎。工作十多分钟就需要停下休息散热。

1.1.4 半导体时代

电子管需要灯丝,温度高、体积大,利用电子管设计的电路系统体积也相应很大,当系统需要很多管子参与工作时,其体积和重量达到无法容忍的地步。

问题提出,就有人思考,不断探索新思路和新方法,期望能够解决。终于,人们利用半导体材料设计制造出与电子管相同作用的器件,即半导体晶体管。半导体晶体管无灯丝,体积小,且重量轻。

1945年下半年,贝尔实验室成立了以肖克利(W. Shockley)为组长,以肖克利(见图1-11)、巴丁、布拉顿为核心的固体物理学研究小组,开展半导体基础研究。1947年12月23日发明点接触晶体管。为此肖克利、巴丁、布拉顿共同获得1956年度诺贝尔物理学奖。

半导体晶体管的出现,很快推出了半导体收音机、电视机等电子产品。凡是用电子管的电子产品,绝大部分都可以利用半导体晶体管替代。半导体成为收音机的代名词。半导体晶体管产品体积重量大幅度减少,功耗也大幅度减少,其优势明显。

随着半导体材料的应用,晶体管、MOS管相继出现。其工作原理类似,能够实现电信号的有效控制。

然而,计算机尽管用半导体晶体管替代电子管,由于每台计算机使用的管子数量



图 1-11 肖克利

巨大,就算用晶体管替代电子管,计算机体积仍然很大,无法满足人们的需求。因此,计算机是高档设备,只有专业人员和特殊领域才有条件应用。问题再次出现,人类再次思考,如何解决这个问题呢?

由于计算机电路设计需要大量开关管,这些开关模式的管子不需要较大功率,故可以设计得很小,只要能控制微安量级的电流就可以了。但是,需要数量很多的这种开关管,随着技术水平的提高,其数量成千上亿。

20 世纪 50 年代,一个重要的工艺解决了这个问题,这就是集成电路工艺。集成电路工艺并不是新的电学原理,仅是一种新思路,从工艺角度,解决体积大、重量大的问题。这个工艺太重要了,不仅解决了计算机电路体积重量问题,也开启了新的时代。

1.1.5 集成电路与计算机时代

1958 年,35 岁的美国物理学家基尔比(见图 1-12)宣布制做成第一块集成电路。

集成电路是经过氧化、光刻、扩散、外延、蒸铝等半导体制造工艺,把构成具有一定功能的电路所需的半导体、电阻、电容等元件及它们之间的连接导线全部集成在一小块硅片上,然后焊接封装在一个管壳内的电子器件。

在德州仪器专注电路小型化研究的基尔比,在晶体管问世十周年后,在办公室写下五页关键性的实验日志。四十多年后,基尔比为此获得 2000 年度诺贝尔物理学奖。

电子计算机产生之前,人类利用各种机械材料设计了信息处理工具,如算盘、计算尺、机械式计算器等。然而,电信号的光速特性,决定了利用电信号实现计算和处理最为有效。

1944 年,美国工程师莫奇利(见图 1-13)和埃克特(见图 1-14)合作,创建了一家电子数学计算设备设计制造公司,于 1946 年生产出第一台实用的电子数学积分数字计算机——“埃尼亚克”。这台计算机是个庞然大物,占地 170 m^2 ,重 30 t ,功率为 174 kW 。但它的计算速度却是手工的 20 万倍,是当时的一项伟大发明。



图 1-12 基尔比

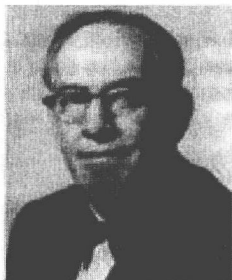


图 1-13 莫奇利



图 1-14 埃克特

奠定现代电子计算机系统结构的人是“现代电子计算机之父”——冯·诺依曼(见图 1-15),他是电子计算机(EDVAC,世界上第一台现代意义的通用计算机)的发明者。EDVAC 首次使用二进制而不是十进制进行编程计算,它由 5 个基本部分组成:运算器、控制器、存储器、输入装置、输出装置。这种体系结构一直延续至今,现在使用的计算机,其核心仍然是存储器,包括程序控制存储和随机数据存储。所以现在计算

机一般被称为冯·诺依曼结构计算机。

电子计算机的问世,不仅在一定程度上解放了人类脑力劳动,还为电子信息系统提供了一个典型框架,直接推动数字化的发展。其基本思路是:各种模拟信号可以先转换为数字信号,然后利用电子计算机的快速处理能力处理数字信号。所以,各种不同的信息,理论上都可以用电子计算机来处理。

集成电路的出现,解决了计算机体积重量问题。计算机的应用如雨后春笋,很快普及到社会各个领域。

现在很多电子信息系统,大到通信系统、网络系统,小到微波炉、洗衣机,均依靠电子计算机芯片进行数据处理。电子信息技术在集成电路工艺、电子计算机技术、系统理论的支持下,已经渗透到人类社会的各个领域。



图 1-15 冯·诺依曼

1.1.6 通信网络时代

计算机出现初期,有专家预言“计算机不可能走出实验室”,原因是很少人懂得机器代码指令。计算机,也称电脑,其综合性能根本无法与人类大脑相提并论。但是有两大优势,一是运算速度快,这是因为其内部电荷运动是光速;二是存储信息能力强。由于内部采用二进制模式,这利于开关管运行。但是,对于非专业人员,理解困难。

这个问题没有难住人类。很快有人开发了操作系统,如微软的 Windows 系统,其作用就是实现了“人机对话”的“翻译”。我们只需要用鼠标就可以完成多种操作,不需要了解机器代码。任何一个人,不需要专业训练,都可以十分熟练操作电脑。

短短的十多年时间,电子计算机走进了千家万户,走进了各行各业。随着电子计算机的普及,计算机与计算机之间的信息交流、数据共享等问题又被提出。

电子计算机的数据交流技术出现,形成局域网。网络规模越来越大,全球范围的网路也已经形成。但是无线电磁波无法满足远距离、大容量的数据交换,金属导线、电缆也不能满足其宽带大容量的需求。

于是,出现了光纤技术。利用光纤建立信息高速路,能够实现远程数据交换,从而使网络技术从局部发展到全球。今天我们能够很容易地与地球上任何地方的人交流,全球各种数据信息能够轻松实现共享。

现在,计算机再也不是一台独立的工具,而成为网络系统中一个节点。手机也成为网络中的一个终端节点,每部手机都连接在网络系统中。通信、图像、数据都可以通过网络获取和发送。

通过无线通信系统与计算机网络系统的融合,使数据信息可以通用,也可以充分共享,利用信息高速路实现全球连接。地球村的模式已经出现。