

高等学校教材

电子信息工程概论

李哲英 主编

李哲英 刘元盛 刘 佳 吕彩霞 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

电子信息工程概论

Dianzi Xinxi Gongcheng Gailun

李哲英 主编

李哲英 刘元盛 刘 佳 吕彩霞 编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书从基本概念、基础理论、核心技术和应用领域四个方面对电子信息工程专业的专业内容作了介绍。绪论对电子信息工程和信息技术的发展历史和基本内容进行了概括性的介绍,给出了电子信息工程的基础理论、核心技术与基本概念。第1~11章分别介绍了电子信息系统的概念与系统结构,与电子信息工程相关的物理学与数学内容,基本的分析理论和分析方法,电子器件与电子电路,微处理器技术,算法技术,电子信息网络技术,电子信息技术应用,集成电路技术,电子产品制造工艺技术等内容。

本书可作为高等学校电子信息工程及相关专业的专业导论、概论课程教材,也可以作为相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息工程概论/李哲英主编;李哲英等编. —北京:高等教育出版社,2011.7

ISBN 978-7-04-032253-8

I. ①电… II. ①李… III. ①电子信息-高等学校-教材 IV. ①G203

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 120755 号

策划编辑 吴陈滨 责任编辑 吴陈滨 封面设计 于文燕 版式设计 王莹
插图绘制 尹文军 责任校对 陈旭颖 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	化学工业出版社印刷厂	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787×1092 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	14	版 次	2011年7月第1版
字 数	340 000	印 次	2011年7月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	20.90元

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 32253-00

前 言

随着信息科学与技术、计算机科学与技术和电子科学与技术的飞速发展,电子信息技术在各行各业中得到越来越广泛的应用。电子信息工程是一门专门研究电子技术、计算机技术和信息技术在不同工程领域中应用的应用性工程技术。

本书的目的,是使学生对电子信息工程专业的理论知识、相关技术、相关应用领域有一个全面、系统的了解。本书适合作为高等学校电子信息工程及相关专业的专业导论课程教材,也可以作为相关专业工程技术人员的参考书。

电子信息工程的基本理论与技术内容,可以划分为电子技术、信号与信息处理技术和微处理器系统技术三大部分,涉及电子科学与技术、信息科学与技术和计算机科学与技术三个不同的学科领域,同时,其基本工程理论与技术则是建立在物理学和数学基础之上的。

作为一门工程应用技术,电子信息工程以应用领域为对象,以应用要求为目标,为各行各业提供有关电子器件、电路、系统或算法的设计、分析方法与技术,这也是电子信息技术学习的核心。

本书从基本概念、基础理论、核心技术和应用领域四个方面对电子信息工程专业的专业内容作了介绍。

本书绪论对电子信息工程和电子技术的发展历史和基本内容做了一般性的概括,给出了电子信息工程的基础理论、核心技术与基本概念的轮廓。

第1章从工程技术的角度出发,对电子信息系统的概念与系统结构做了介绍。

第2章和第3章对与电子信息工程相关的物理学与数学内容作了概括性的介绍,指出了电子信息工程的理论与技术基础。

第4、5、6、7、8章介绍了电子信息工程专业的工程理论与分析方法、电子器件与电子电路、微处理器技术、算法技术和电子信息技术等内容。

第9章介绍了电子信息技术在10个工程技术领域中的应用,目的是增强电子信息工程应用的概念。

第10章介绍了有关集成电路技术的基本概念。集成电路技术是电子信息工程中电子技术的重要基础,集成电路设计与应用也是电子信息工程的一个重要分支。

最后,第11章简单介绍了电子电路的制造工艺。作为一门应用范围广泛的工程技术,电子电路制造工艺是一项重要的技术,是电子信息工程专业技术人员必须了解和掌握的基本技能与技术。

本书绪论和第1、2、3、4章由李哲英教授编写,第5、10章由刘元盛副教授编写,第6、7、8章由刘佳讲师编写,第9、11章由吕彩霞讲师编写,全书由李哲英教授统稿。参与本书编写的还有北京联合大学微电子应用技术研究所以修丽梅讲师、韩玺讲师和硕士研究生路铭、王雷欧和张卫华,他们为本书的编写提供了娴熟的文档与资料处理支持。

本书的编写得到了来自各方面的关怀与支持。北京联合大学信息学院的有关领导和教授对

II 前言

本书的编写给予大力支持。同时,清华大学董在望教授、北京理工大学罗伟雄教授、北京航空航天大学张晓林教授在本书编写之初向作者提出了建设性的意见,北京联合大学王毓银教授、李金平教授、钮文良教授和北京交通大学骆丽教授都对本书提出过宝贵的意见。作为北京联合大学客座教授,新加坡国立大学连勇教授、瑞典林雪平大学(LIU)Atila Alvandpour教授和刘大可(Dake Liu)教授、瑞典皇家工学院的(KTH)Ahmed Hemani教授和李硕(Shou Li)博士,在本书编写过程中多次与作者进行了学术交流,向作者提出了宝贵的意见和建议,特别是在电子信息工程的应用领域和基本技术方面提出了建设性的意见。作者在这里仅向他们表示衷心的感谢。

2006年以来,作为本书作者之一的李哲英教授,为北京联合大学信息学院电子工程系开设了专业导论课程,本书是在这个专业导论课程讲义的基础上编写而成的,前后经历了5年的时间。这5年中电子信息技术发展十分迅速,同时,电子信息工程涉及的理论与技术十分广泛,因此,本书不可能对电子信息工程的所有技术领域做到全面介绍。由于作者的水平所限,在本书的论述中肯定存在着一些错误和不足,敬请广大读者批评指正,作者联系方式为 zheyang@buu.com.cn。

作者

2011年2月于北京

目 录

绪论	1	第 2 章 物理学基础	36
0-1 电子信息工程技术的发展史	1	2-1 物理学的基本内容	36
0-2 电子信息工程的应用领域	3	2-1-1 物理学在电子信息工程中的 作用	36
0-3 理论基础与技术体系	5	2-1-2 物理光学	38
0-4 电子信息技术的进展	6	2-1-3 物理电学	38
练习题	8	2-1-4 量子力学	39
第 1 章 电子信息系统综述	9	2-1-5 固体物理学	40
1-1 工程中的信号与信息	9	2-1-6 半导体物理学与半导体器件	41
1-1-1 信号与信息	9	2-2 物理信号的表达	42
1-1-2 电子信息系统中的信号	11	2-2-1 物理信号	43
1-1-3 对信号处理的基本要求	13	2-2-2 物理信号的数学描述	46
1-2 信号处理系统	14	2-3 物理电学基本理论	47
1-2-1 信号处理基本技术	14	2-3-1 麦克斯韦方程与电荷守恒定律	47
1-2-2 信号处理系统基本结构	17	2-3-2 电动力学	48
1-3 信息处理系统	18	2-3-3 物理电学基本定律与概念	48
1-3-1 信息处理基本定义	19	本章小结	50
1-3-2 信息处理基本技术	20	练习题	50
1-3-3 信息处理系统基本结构	22	第 3 章 数学基础	51
1-4 信号与信息传输系统	23	3-1 工程中的逻辑思维	51
1-4-1 信号传输与信息传输的 基本概念	23	3-1-1 工程技术人员的思维方式	51
1-4-2 信号或数据传输系统基本 结构	25	3-1-2 工程中逻辑思维的基本方法	53
1-5 电子信息工程中的仿真技术	26	3-2 电子信息工程的数学基础	55
1-5-1 仿真的基本概念	26	3-2-1 数学分析	55
1-5-2 电子信息工程中的系统仿真	27	3-2-2 微分方程	58
1-5-3 电子元件与电路系统的仿真 工具	28	3-2-3 场论	60
1-6 电子信息系统实例	31	3-2-4 线性代数	62
1-6-1 PC 机	31	3-2-5 积分变换	63
1-6-2 传感网络	32	3-2-6 复变函数	64
本章小结	34	3-2-7 数理统计与概率论	65
练习题	34	3-3 电子信息工程中的数学模型	65
		3-3-1 数学模型的作用	66
		3-3-2 数学模型在电子信息工程中的 应用	66

II 目录

本章小结	67	本章小结	117
练习题	68	练习题	117
第4章 基本分析理论与分析方法	69	第6章 微处理器技术	118
4-1 工程分析	69	6-1 微处理器基本概念	118
4-1-1 基本工程概念	69	6-1-1 微处理器概述	118
4-1-2 分析目的	73	6-1-2 微处理器技术特征	119
4-1-3 分析内容	75	6-1-3 微处理器分类	123
4-2 电路分析基本理论	77	6-2 微处理器基本结构	126
4-2-1 电路基本元件	77	6-2-1 通用微处理器基本结构	126
4-2-2 基本分析	80	6-2-2 嵌入式微处理器结构	127
4-2-3 电路描述与建模	82	6-2-3 专用微处理器结构	128
4-2-4 电路综合	84	6-3 微处理器系统	129
4-3 系统分析基本理论	85	6-3-1 微处理器系统	129
4-3-1 系统分类	85	6-3-2 总线、BIOS 与操作系统	132
4-3-2 系统分析基本内容	87	6-3-3 应用中的关键技术	133
4-3-3 系统分析基本方法	89	6-4 嵌入式系统	134
4-4 仿真分析方法	90	6-4-1 嵌入式系统基本概念	134
4-4-1 仿真分析的基本概念	90	6-4-2 总线与嵌入式操作系统	135
4-4-2 电路系统的仿真分析内容	91	6-4-3 应用概念	135
4-5 算法的分析概念	91	本章小结	136
本章小结	92	练习题	136
练习题	93	第7章 算法技术	137
第5章 电子器件与电子电路	94	7-1 算法技术的基本概念	137
5-1 电子器件与电路的一般概念	94	7-1-1 算法模型	137
5-1-1 独立电路功能与电子器件	94	7-1-2 算法技术特征	138
5-1-2 电子器件分类	95	7-2 算法技术基本内容	140
5-1-3 电子电路	97	7-2-1 算法结构	141
5-2 电子器件	97	7-2-2 算法基本技术要求	141
5-2-1 无源电子器件	97	7-2-3 常用基本时域算法	142
5-2-2 有源器件	102	7-3 算法实现技术	143
5-2-3 半导体器件模型	104	7-3-1 算法实现技术的一般概念	143
5-3 模拟电子电路	106	7-3-2 软件实现技术	145
5-3-1 模拟电子技术	106	7-3-3 硬件实现技术	148
5-3-2 基本模拟电子电路	109	本章小结	148
5-4 数字电子技术	110	练习题	148
5-4-1 数字逻辑与数字电子技术	110	第8章 电子信息技术	150
5-4-2 基本数字电路	112	8-1 电子信息网络基本概念	150
5-5 混合信号电路技术	115	8-1-1 电子信息网络结构	150
5-5-1 混合信号电路基本结构	115	8-1-2 电子信息的分析概念	153
5-5-2 基本混合信号电路	116		

8-1-3 电子信息网络安全	154	基本电路模块	187
8-2 电子信息网络基本技术	156	10-2-2 数字集成电路的基本模块	188
8-2-1 网络结构	157	10-3 FPGA 与 CPLD 器件	190
8-2-2 电路接口技术	159	10-3-1 可编程逻辑器件基本概念	190
8-2-3 嵌入式技术应用	166	10-3-2 可编程逻辑器件基本结构	191
8-3 电子信息网络应用技术	167	10-4 集成电路制造工艺	193
8-3-1 电子信息网络应用	167	10-4-1 晶圆处理技术	194
8-3-2 电子信息网络测试	168	10-4-2 制造技术	195
本章小结	170	10-4-3 制造工艺对设计的影响	197
练习题	170	10-5 集成电路测试	198
第 9 章 电子信息技术应用	171	本章小结	199
9-1 电子信息技术应用的特点	171	练习题	199
9-2 通信工程领域的应用	172	第 11 章 电子产品制造工艺技术	200
9-3 电子测量仪器领域的应用	174	11-1 电子电路制造	200
9-4 信息网络领域的应用	176	11-1-1 电子电路实验室制造	200
9-5 工业控制领域的应用	177	11-1-2 电子电路产品制造	203
9-6 物联网领域的应用	178	11-2 电子产品工艺	203
9-7 汽车电子领域的应用	179	11-2-1 电子电路工艺概念	203
9-8 生物医学领域的应用	180	11-2-2 电子电路制造工艺设计	205
9-9 智能家居与家用电器领域的		11-2-3 工艺流程设计与管理	207
应用	182	11-3 PCB 制造技术	208
9-10 农业工程中的应用	183	11-3-1 PCB 技术概念	208
本章小结	184	11-3-2 PCB 板制造	210
练习题	184	11-3-3 PCB 电路制造工艺	211
第 10 章 集成电路技术	185	本章小结	213
10-1 电路集成的基本概念	185	练习题	213
10-2 基本电路模块	187	参考文献	214
10-2-1 模拟集成电子技术中的			

结 论

工程是指与科学理论与技术应用相关的研究领域或行业行为。工程的目的是以最短的时间和最少的人力,高效可靠地实现人类要达到的某些生产目标。很显然,工程是人类改造自然实现社会发展的基本手段之一。ABET(Accreditation Board for Engineering and Technology,工程技术评审委员会)的前身,美国工程师职业发展理事会对“工程”作了如下定义:

“以设计或开发结构、机器、仪器,或制造过程(或单独使用或以组合方式工作),或构建或操作这些设计和开发,或预测结构、机器、仪器和制造过程为目的,在特定条件下对科学原理创造性地应用的行为。这些全部被视为对生命和财产的预期功能,以及活动与安全经济因素。”

由此可见,工程是一种以科学原理创造性应用为核心的人类活动,用来界定各种学科、技术技能,以及行业的技术内容。

电子信息工程就是这样一个人类对科学原理创造性应用的工程技术。从工程分类的角度看,电子信息工程是一个将电子技术与信息处理应用于工业实际的工程专业,一类影响人类生命与财产的技术领域,一个重要的工业行业。

电子信息工程是电子科学与技术、计算机科学与技术、信息与通信工程等学科支撑下的综合性工程应用技术体系,其核心是以电子技术和信息处理技术为支撑,研究相关应用领域中电子技术与信息技术的应用原理、方法和技术,创造性地应用电子科学与信息科学的基本原理,以设计、操作和维护满足应用领域所需要的机器设备和系统。由于应用领域十分广泛,所以电子信息工程是一个服务对象十分广泛的工程专业。

0-1 电子信息工程技术的发展史

电子信息工程是一个十分广泛的技术概念,是随着科学技术进步,从100年前的电气工程中发展而来、应用广泛、具有巨大发展前景的技术领域,是当今人类发展和社会活动的基本支撑技术之一。

一、电子工程

电子工程(Electronics Engineering 或 Electronic Engineering)是一大类工程技术。电子工程技术是使用电子效应和行为的科学知识,来设计或开发元件、器件、系统或设备(例如电子管、晶体管、集成电路、印刷电路板、电子测量仪器、通信设备以及计算机等),电子工程所设计和开发的器件、设备和系统,都是以电子效应为原理、以电能为动力。

电子工程是一个内容广泛的工程技术,包括像电能处理、测量分析、电子电路分析与设计、半导体电路设计等。

电子工程是在19世纪后期的电报工业技术改进和20世纪初期兴起的无线电和电话工业推动下发展起来的。从那时起,工业领域出现了电子工程行业,从而吸引了越来越多的工程师加入到电子工程行业。从20世纪60年代开始,逐渐形成了技术体系完整的电子工程技术体系。

2 绪论

图 0-1-1 是 1872 年发明家托马斯·爱迪生发明的新式打孔电报机。图 0-1-2 是一个早期的电子管无线发报机的无线发射器。

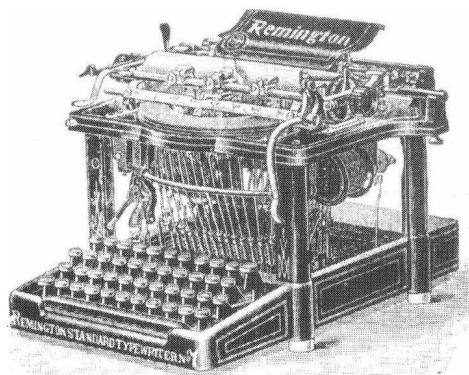


图 0-1-1 1872 年爱迪生发明的新式打孔电报机

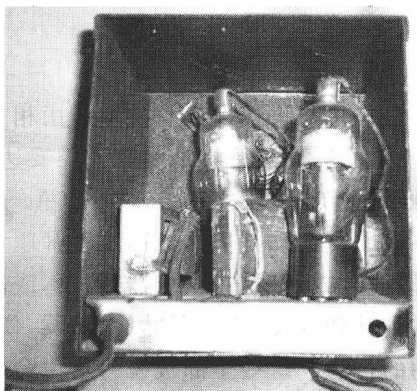


图 0-1-2 20 世纪初期使用的电子管无线发报机的无线发射器

第二次世界大战期间,研制出了包括雷达、声呐、通信系统以及各种先进的军火和武器系统在内的大量电子设备。随着战后越来越多的电子系统的出现,终于在 20 世纪 50 年代后期形成了电子工程学科。图 0-1-3 是一个现代气象雷达的外观。

现代电子工程已经远远超出了电话、无线电广播、收音机和电视等设备的研发。从技术应用角度看,电子工程是专门研究诸如电阻、电容、电感、二极管、晶体管等元器件基本电路特性,以及利用基本电子元件设计集成电路或电路系统以及电子设备和系统使用维护的专门技术。电子工程的技术体系中包括电子电路的设计与测试技术。电子电路的设计与测试技术,就是创造性地应用元器件电子学特性的结果。

作为一门工程学科,电子工程的应用领域包括通信、计算机、控制、工业设计、家用电器、航空航天乃至农业、生物、医学等各个领域。

二、信息工程

从工程技术的角度看,信息工程可以划分为广义和狭义两种信息技术体系。

广义信息工程,是指基于计算技术的信息提取、处理、管理、开发和应用的工程技术。广义信息处理工程为人类活动提供各种实现信息采集、提取、管理、应用开发所需要的分析理论、方法和工程技术。例如信号处理理论、信息处理基本方法、信息网络中的信息采集与自动传输,计算机或微处理器系统中的数据处理方法等。由于在各种电子系统中普遍使用微处理器系统,因此电子工程技术与信息工程技术实现了紧密结合。例如,自动应答电话机中的语音合成处理,控制系统状态采集与分析的计算机系统,自动洗衣机中的控制算法与实现技术等等。

狭义信息工程是在 1976 年以后出现的专门技术,其核心是提供数据分析和数据库建设技

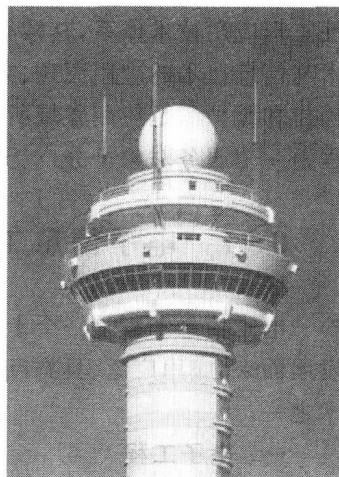


图 0-1-3 一种气象雷达外观

术。与广义信息工程不同,狭义信息工程中,以数学原理为基础、以数据库应用为核心,不考虑实现系统的具体物理设备,仅提供数据分析和数据库建设所需要的方法和逻辑结构。

信息和信息处理是随着人类社会进步不断发展壮大的一门科学,也是随着电子工程的发展得到迅速普及的工程技术。这是因为人类具有思考能力,而思考本身就是一种信息采集与处理。随着信息科学的发展,在电子技术和计算机技术的支持下,信息科学与工程技术已经成为 21 世纪的核心科学与基本技术。

三、电子信息工程

电子信息工程是电子工程与广义信息工程相结合而形成的专门技术。在工业领域,电子信息工程是一种涉及范围广泛的基本工程技术,电子信息工程所涉及的领域几乎包括了整个现代工程技术。

信息处理是现代科学与工程实际的核心技术。例如,工程中需要设计无线传感器网络,以实现分布在不同位置上设备的监控,其核心就是信息采集与处理,即需要采集什么信息(信息处理对象)、如何对这些信息进行综合处理以确定相应的控制对策。确定了信息处理对象和信息处理方法后,剩下的任务就是如何用电子技术和信息网络技术从物理上来实现这个系统。

目前,工程中实现信息处理的基本技术就是电子技术。利用电子技术可以实现数据和信息的采集,实现各种不同的信息处理算法,构建完整、可嵌入的信息处理网络。同时,电子技术的发展,也对信息处理方法和信息处理的理论产生重要的影响。例如量子信息传递与处理方法,就会对信息处理对象采集方法产生重大影响。

电子信息工程的研究内容包括电子技术和信息技术的应用理论、方法和技术。同时,电子系统分析设计与维护中需要使用信息技术,而信息系统的工程应用分析、设计与维护中也需要使用电子技术。因此,除了电子工程和信息工程各自在其他工程技术领域的应用外,电子工程和信息工程也需要相互支撑。例如,大规模信息处理就要求对电子技术中的微处理器结构进行重大的改进,即在尽可能低的功率损耗条件下,完成快速信息处理算法。也正是这种信息处理的要求,引起了电子科学与技术中处理器系统设计技术的重大变革,形成了 SoC(System on a Chip,片上系统)设计理论与技术,以及 NoC(Network on a Chip,片上网络)设计理论与技术。

0-2 电子信息工程的应用领域

电子信息工程是电子工程与信息工程相结合的直接应用,为各种不同工程领域提供了具体和实际的电子信息工程技术。

一、电子工程领域

电子信息工程在电子工程领域的应用,主要体现在各种信息工程技术在电子科学与技术研究和工程实际中的应用。

在电子工程技术中,随着集成电路的发展,各种电子电路越来越复杂,许多工程电路设计难以用人工方法完成。特别是对于集成电路的设计,只能在器件制造之后才能对其进行测试和分析,因此,电子工程技术中越来越广泛地使用 EDA(Electronic Design Automation,电子设计自动化)技术。在电子设计自动化中,电路的设计可以通过计算机辅助工具来完成,EDA 软件提供了电路的仿真工具,可以在电路制造出来之前就对电路进行相应的测试和观察,从而极大地提高

了电路的成功率,保证了电路质量。另一方面,电路系统分析也越来越依靠仿真工具软件。仿真工具软件可以提供形象化的参数图形,可以直接提供各种电路数据以及数据分析工具。可以说,EDA 工具、各种计算机辅助系统和数据库资源,已经成为现代电子工程的基本支撑技术。

二、信息工程领域

电子信息工程在信息工程领域的应用,主要体现在各种电子技术对信息工程系统的支撑与实现。

在不同的科学研究和工程技术应用领域,都需要进行信息处理,构建相应的系统资源数据库。由于应用领域不同,信息处理技术就需要不同的电子系统来支持。因此,如何构建应用领域所需要的电子信息工程系统,就成为了电子信息工程的重要研究内容。

由于电子信息工程必须满足应用领域的要求,因此,作为专门的工程技术,电子信息工程必须提供一个基本信息处理系统设计、制造和测试的方法。同时,还必须针对不同的应用,提供基本的分析研究方法。

三、通信工程领域

通信工程是电子信息工程的一个重要应用领域。从某种意义上看,也可以把通信工程技术看成是电子信息工程技术的重要应用。

通信工程技术的任务,是提供各种信号的传输技术。在通信系统中,各种信息、数据都是以信号传输的方式实现传输与交换。为了满足人类社会对信息交流的要求,通信系统也变得越来越复杂。通信工程已经成为一个极其复杂的工程学科,不仅要满足信号传输和交换的要求,还要提供相应的信号与信息处理技术。因此,通信工程中大量使用电子技术和信息处理技术。这就是说,如果把通信系统看成是一个电子技术实现的信息系统,则电子信息工程的一个重要应用方面,就是通信工程技术。

四、计算机工程领域

计算机工程的任务,是对计算处理的理论、方法及其实现技术进行研究,从而向其他工程技术领域提供所必需的信息处理系统结构和实现技术。由于现代计算机全部都是电子计算机,因此,计算机工程领域的研究必然要使用电子信息工程所提供的电路技术、计算结构实现技术。

计算机工程的一个重要内容,就是系统体系结构的设计,包括适合信息处理要求的处理器系统结构与电路设计分析技术、数据传输与存储体系结构的设计分析技术、输入/输出系统设计分析技术等。因此,计算机工程领域需要利用电子信息工程中的电路设计、信号信息处理等理论与技术。

五、控制工程领域

控制工程是一个十分复杂而又应用广泛的工程技术领域。控制工程的核心,是提供各种不同类型的系统控制算法,以及控制系统工程实现技术。控制工程中需要使用相应的通信技术实现控制信号与信息的传输,需要使用不同复杂程度的计算技术完成对信号与信息处理,需要根据系统要求对受控对象进行行为控制,等等。可以看出,控制工程的基本技术与电子信息工程密切相关。

六、日常生活领域

日常生活领域中,电子信息工程所提供的产品几乎无处不在,例如手机、移动终端(如 iPad 等)、家用电器、家庭网络、汽车、各种照明设备,甚至燃气灶具和儿童玩具。

0-3 理论基础与技术体系

电子信息工程是一门在几个学科支撑下、具有不同应用方向的工程应用技术。

一、学科理论与技术基础

所谓学科(Discipline),是科学研究的概念,学科是对研究领域的划分。例如计算机科学与技术、电子科学与技术等。不同学科的研究领域既有不同,也有交叉。随着科学技术的不断发展,新的研究领域不断出现,各种新的学科也会应运而生。学科研究具有一个基本的特征,就是不针对具体工程应用进行研究,而是对工程技术中具有普遍意义的问题进行研究,从而提出具有广泛应用性的研究成果,为专门工程领域提供支撑理论与技术。所以,学科是专业的支撑。

所谓专业(Speciality),是人才分类的概念,专业是对人才知识领域的划分,也是对人才知识与技术内容的描述,例如电子信息工程、电气工程及其自动化、通信工程、计算机科学与技术、软件工程等等。不同的专业人才掌握某种工程系统的专门知识与技术体系,而这种专门知识与技术体系是某个行业的工程核心,因此,专业的知识与技术结构必须与相应的行业领域相对应。随着科学技术与工程应用领域的不断发展,社会对专门人才的知识结构和技术结构要求也在不断变化,新的行业和新的工程系统不断涌现,这就催生了各种新的专业,例如物联网工程、无线传感网络工程、信息服务工程等等。

工程专业的基本特点如下:

(1) 以不同学科知识作为专业知识与技术基础。任何工程技术都是人类科学技术发展的结果,都会涉及不同科学理论与技术。例如,电子信息工程专业所有技术的本质,都是物理学理论与技术的具体应用。因此,学科知识是专业的基础,是专业知识体系和技术体系的基本支撑。

(2) 以学科理论与技术为基础的专门理论、方法与技术。这种专门理论、方法与技术是科学理论与技术在工程技术中具体应用的产物,起到了科学知识在工程实际中应用的桥梁作用。例如物理学提供了自然界中电磁现象的合理解释,描述了电磁现象的基本规律,但如果直接应用于工程实际,就会使对工程技术的研究变得十分复杂,而电路理论的研究,提供了以物理定律为基础的工程分析方法和技术,这就极大地简化了工程分析,从而为工程设计提供了具体的方法与技术。

(3) 以专门的工程理论与技术作为专业知识与技术核心。专业知识与技术是专业的基本特征,也体现了专业人才的基本素质。例如电子信息工程专业的核心知识就包括了电子信息系统设计、分析与应用的核心理论与技术。

对于工程技术领域来说,相同的知识与技术可能会用于不同的行业。这说明,专业人才所掌握的专业知识与技术并不是被限制在某个专门的行业中,而是可以应用于不同的、需要这种专门知识与技术的其他行业中。例如,电子信息工程的专业人才,其所掌握的专门知识与技术可以应用于通信、控制、电力、计算机等不同的行业领域。

电子信息工程的基本支撑学科包括数学、物理、化学、电子科学与技术、计算机科学与技术、软件工程与技术、信息与通信工程等。支撑学科是指电子信息工程作为一个独立的科学研究领域,所需要的其他领域科学研究提供的支持。在这些学科的理论和技术基础之上,电子信息工程才能开展相关的研究。

在电子信息工程的支撑学科中,数学、物理、化学提供了建模、分析、观察、试验的理论基础和

基本技术。数学提供了逻辑思维的基本概念,结合物理学形成了工程研究和分析中的建模与分析基本理论与方法,而化学则为物理材料和设备的应用设计提供了基础。在传统的电子信息工程中,很少考虑化学问题,随着环保和绿色电子信息技术的提出,电子信息工程中出现了新的研究领域,就是如何使所设计系统具有环保特性。因此,化学学科重新成为电子信息工程的基础学科。

电子科学与技术、计算机科学与技术、软件工程与技术以及信息系统与通信工程为电子信息工程提供了工程技术理论研究和应用设计的基础。电子科学与技术提供了有关电子元器件、集成电路和电路系统的基本建模、分析和设计工具;计算机科学与技术和软件工程与技术则为电子信息工程提供了信息处理与分析的基本技术和工具;信息系统与通信工程学科则提供了信号输出的基本理论与分析方法。电子信息工程的学科理论基础体系结构如图 0-3-1 所示。

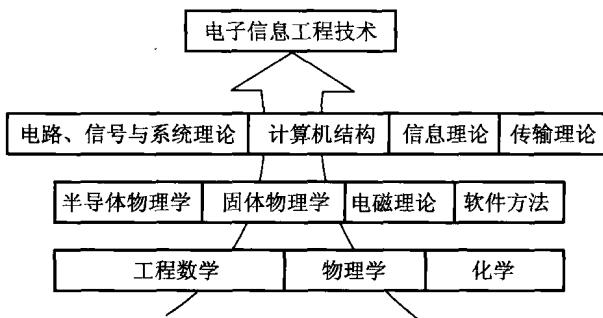


图 0-3-1 电子信息工程的学科理论基础

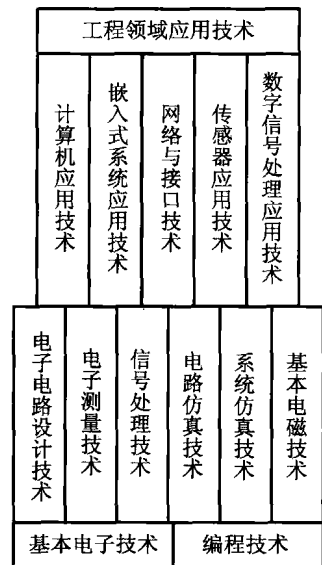


图 0-3-2 电子信息工程的技术体系

二、电子信息工程的技术体系

在支撑学科的支持下,电子信息工程形成了完整的工程应用技术体系,为各个学科方向的研究与应用提供了坚实的基础。

电子信息工程的核心理论包括电路与系统分析理论、信号与信息处理理论、电磁分析与电磁兼容基本理论。这些基本理论为电子信息系统的建模、分析、仿真、测试以及设计提供了工程分析理论和方法。

电子信息工程的核心技术包括电子电路设计技术、电子测量技术、计算机应用技术、微处理器/嵌入式系统应用技术以及数字信号处理应用技术等。图 0-3-2 是电子信息工程的一般技术体系。

0-4 电子信息技术的进展

作为现代社会各行各业的基本支撑技术,电子信息技术的发展与现代社会的信息化发展紧

密相关。进入 21 世纪以来,随着信息化程度的不断提高,各种新型信息系统不断出现,这些为电子信息技术的发展提供了充足的动力。

一、信息融合的实现技术

信息融合,也叫做数据融合,是电子信息技术应用的重要发展方向。根据信息融合的技术定义,信息融合技术的任务是利用网络计算技术对来自不同信息源的信息进行处理,以获得更高质量的信息(更多应用领域和最少数据冗余)。

在 20 世纪末,随着分布式计算、普适计算和云计算等巨大量数据处理方法的提出,信息技术进入了更加智能化的时代。信息融合技术提供了多种信息源的综合数据采集和数据处理概念,从而使智能化信息处理技术得到了空前的发展,并进入更加广泛的应用领域。

信息融合技术对电子技术提出了新的要求,特别是对各种数据采集和数据处理的硬件提出了新的要求。这些要求包括支持并行数据处理、适合信息融合的数据采集和转换速度、最低的功率损耗、满足数据处理精度要求的数据结构等。此外,还提出了对数据处理算法的并行要求等等。为了满足信息融合技术的要求,电子信息系统正在向着智能化、网络化和低功耗的方向发展。

二、传感网络支撑技术

传感网络是目前正在蓬勃发展的电子信息技术应用领域。传感网络提供了智能化、敏捷化的信息采集技术,为信息融合和智能化信息处理提供了最基本的数据支持。

经过近 10 年的发展,传感网络已经从原始的简单信息采集终端和数据传输技术,发展为现代信息系统的基本支撑技术。

传感网络可以分为有线传感网络和无线传感网络两种。

有线传感网络起源于现代控制系统,作为控制系统的基本数据源。有线传感网络通过能量变换和信号变换,把物理参数转换为数据,再通过有线网络传输给控制计算机系统。20 世纪 90 年代,有线传感网络在电子信息技术发展的推动下,成为智能控制系统、智能机器人等领域的基本电子信息技术。

20 世纪 90 年代后期,在信息技术、控制技术和电子技术快速发展的支持下,开始出现无线传感网络技术。无线传感网络与有线传感网络的作用基本相同,但是其应用领域和技术要求远高于有线传感网络。无线传感网络通过无线信道技术与相应的信息网络和控制计算机相连接,为了提高数据传输的效率、信道利用率并降低误码率,必须使用与有线传输不同的通信协议技术。同时,由于无线传感网络的应用领域远远超过有线传感网络,可以用在无人区、沙漠地区以及各种恶劣环境中,由此,无线传感网络对所使用的电子器件有着极为严格的要求,要求电子技术提供低功耗、抗恶劣环境的技术性能。

近年来,随着无线传感网络技术的应用,传感网络理论与技术已经成为电子信息理论与技术的一个重要研究领域。电子信息技术在传感网络技术的激励下,有关信息处理方式、电子系统结构和功率损耗等方面都在不断地发展之中。

三、物联网支撑技术

在信息融合技术的支持下,近年来又提出了“物联网”技术概念。物联网是在信息融合和物流网络的支持下,提供了自然界中物理对象的互联网。如果说信息网络是人类社会实现了信息资源共享和智能化快速应用,物联网技术则提供了各种物理对象(物品、物体等)的网络连接,实

现了人类通过网络共享物理资源、实现快速的智能化物理实体资源共享和快速传输。这是一个全新的技术概念,是对传统商品经济形式的挑战,也将会对传统的经济运行规律和人类生活方式产生重大影响。

物联网的支撑技术包括数据网络技术和资源网络技术。

数据网络技术是指以计算机网络为核心的数据采集、管理、支配的信息处理技术。与信息网络数据技术不同的是,物联网中的数据网络技术提供的不仅是简单数据信息,还包括可调动物理实体(例如商品)的相关信息,其中包括描述信息和流通信息。同时,数据网络还具有功能强大的物理实体控制能力,可控制物理实体的移动与交换。数据网络是一个巨大的分布式数据仓库,这些数据通过资源网络与每一个物理实体紧密相连,并支持通过网络操作实现物理实体的传输。这实际上提供了一种新的交易平台,这种新的交易平台隐藏在网络之中。同时,物联网也提供了新的物流平台,通过物联网的数据网络技术实现了物品的直接、经济、有效和快速传递。

资源网络技术是包含传感网络、定位系统等技术在内的数据源采集和管理技术。这同样是一个巨大的数据处理系统。资源网络技术的任务,是通过传感网络和定位系统等手段,向数据网络提供物理实体的相关信息,其中包括描述信息、物理位置等。

如果把物联网比作一个智能化仓库,则数据网络是整个智能仓库的管理、调度、指挥和控制的核心,而智能数据资源网络则是提供相关物理实体的管理、调度等信息的核心。在智能数据资源网络的支持下,数据网络能够控制智能仓库中所有物理实体的物理位置、移动控制以及相关的交换操作。

物联网技术向人类传统的商业模式和生活模式提出了新的挑战,同时,也对电子信息技术提出了新的要求,要求电子信息技术能够提供更为有效的信息采集、处理、管理等技术,同时,还要求电子信息系统直接与终端执行机构相连接。这种系统中,无论是数据网络还是数据资源网络,都必须具有“语意理解与处理”的能力,这无疑是对电子信息技术的一个巨大的促进。

练习题

- 0-1 电子信息工程技术的发展大体上可以划分为几个阶段?
- 0-2 简述现代电子信息工程技术的应用领域。
- 0-3 电子信息工程的学科技术包括哪些内容?
- 0-4 电子信息工程专业包括哪些基本技术?
- 0-5 电子信息技术的进展说明了什么?

第1章 电子信息系统综述

电子信息系统是应用极为广泛的工程系统,从卫星到手机、从航空母舰到汽车、从巨型计算机到 iPad、从机械制造设备到家用电器、从农业生产大棚到智能家居,到处都可见到电子信息系统的身影。电子信息系统的基本特征是,以信号与信息处理为目标、以计算机或微处理器为核心、以电子电路和计算算法技术为基础。也就是说,电子信息系统是具有信号或信息处理能力、采用计算机或微处理器以及其他电子设备构建的完整工程系统。因此,要学习电子信息工程技术,首先应当对电子信息系统有一个比较清楚的基本认识。

电子信息工程的基本目标是提供电子信息系统设计、分析、调试与维护的理论、方法与技术。

1-1 工程中的信号与信息

从电子技术的角度看,电子设备的基本功能是对电压或电流信号进行处理,并以应用系统所要求的方式输出处理结果。而电子设备中电压或电流信号的处理方式和电路、设备的结构,则由相应的算法决定。因此,要了解电子信息系统,首先必须了解电子信息工程中的信号与信息表述形式。

1-1-1 信号与信息

信号与信息是电子信息工程的两个重要基本概念,是电子信息系统设计、分析与应用的重要基础。

一、信号与信息的工程定义

信号和信息是电子信息系统的处理对象(或叫做工作对象)。

信息是客观事物的自然属性,是客观事物与其外部其他客观事物无关的内在表现,提供了客观事物的基本运行规律以及对外部世界的反映。信号则是现实世界中不同事物的一种外在表现形式,是信息的一种输出方式和运载工具。简单地说,在电子信息工程中,信息和信号是系统处理对象,系统通过信号处理的方式实现信息处理。

例如空调系统通过传感器获得环境温度信号,通过对信号的处理获得有关环境温度的信息,再根据环境温度信息控制制冷设备或制热设备来调整环境温度。在这个系统中,传感器把环境温度转换为电压信号,电压信号与环境温度成比例,再经过信号转换,微处理器就可以对环境进行控制。这个例子中,传感器输出的电压信号中运载了温度信息(环境温度),通过电子电路使得传感器输出的电压信号幅度与环境温度成比例关系,这实际上是完成从信号中提取信息的工作。由电压信号转换获得的数字信号,就是微处理器系统的输入信息。处理器系统执行根据算法设计的处理程序,对输入的温度信息进行处理,并利用处理结果来控制其他的设备。这就是一个完整的信号-信息-输出的信息处理过程。图 1-1-1 描述了温度控制系统的信号信息处理全部过程。

二、信号与信息的本质区别

值得指出的是,信息有着确定和唯一的定义,而信号则仅是一种物理量的描述,不具有确定