

全国普通高等院校电子信息规划教材

电子信息技术导论

董言治 阎毅 主编

清华大学出版社



全国普通高等院校电子信息规划教材

电子信息技术导论

董言治 阎毅 主编



清华大学出版社

内 容 简 介

本书比较系统地介绍电子信息技术的基本概念、基本原理、基本技术和主要应用。主要内容有数字技术、网络技术、无线技术、通信技术、信息获取与应用技术、信息分析和处理技术、电子信息技术在核工程中的应用以及电子信息专业人才培养与大学学习特点等。覆盖了信息技术的主要分支：信息获取技术、信息处理技术以及信息传输技术、数字技术、网络技术、无线技术等。

本书以新版电子信息类专业人才培养方案为基础，以简洁精练的语言讲述电子信息类技术的主要内容，特点是重点突出，结构严谨、图文并茂、高效实用，并配有电子教案，便于教师讲授和学生学习。

本书内容深度适中，可作为普通高等学校电子信息类专业本科教育的专业导论课程教材，也可以作为高中毕业生了解大学电子信息类专业的入门参考书和广大电子信息爱好者了解当代电子信息知识的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子信息技术导论 / 董言治, 阎毅主编. —北京: 清华大学出版社, 2013. 3

全国普通高等院校电子信息规划教材

ISBN 978-7-302-31065-5

I. ①电… II. ①董… ②阎… III. ①电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第303505号

责任编辑：白立军 顾冰

封面设计：常雪影

责任校对：李建庄

责任印制：王静怡

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载：<http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者：北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm 印 张：15 字 数：373千字

版 次：2013年3月第1版 印 次：2013年3月第1次印刷

印 数：1~2000

定 价：25.00元

产品编号：049493-01

许多高中毕业生在填报高考志愿前会询问我们：大学的电子信息类专业主要学什么？毕业后可以找到什么样的工作？

许多大学新生在入学后会询问我们：我们专业是学什么的？专业前景如何？将来有什么用途？

我们从2000年开始开设专业课程概论课程，向电子信息科学与技术、电子信息工程、通信工程、应用物理学等专本科新生讲述本专业的培养目标、教学要求、主干学科、主要专业课程、主要专业方向、学科最新进展等内容，深受学生欢迎。

近年来，由于国家战略性新兴产业政策的实施，信息科学技术得到迅速发展，我们已经进入了“数字时代”、“网络时代”、“无线时代”。信息与通信类专业新生迫切需要了解最新的物联网技术、云技术、软件无线电技术、认知无线电技术、数字技术等学科前沿知识。

为深入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固化本科教学质量与教学改革工程建设所取得的成果，各高校先后制(修)订了2011版本科专业人才培养方案，修改了许多课程的内容和学时，其中专业导论课程减少到16学时，只能讲授8次，原有教材无法进行教学。为此，我们将原教材进行了修订，改为8章，力求深度适中、概念清楚、例题丰富、配备电子教案。

本书主要面向普通高等学校电子信息类专业本科新生。为了使广大学生能够比较容易了解电子信息技术的概念和基本技术，同时考虑到专业导论课程学时减少到16学时，只能讲授8次，我们将教材改为8章：包括数字技术、网络技术、无线技术、通信技术、信息获取与应用技术、信息分析和处理技术、专业人才培养与大学学习方法、电子信息技术在核工程中的应用等。本书内容覆盖了信息技术的主要分支：信息获取技术(含传感器、自动控制)、信息处理技术(含计算机、信号处理)以及信息传输技术(含现代三大通信：卫星通信、移动通信、光纤通信)、数字技术(含信源编码、信道编码、加密编码)、网络技术(含物联网、云技术)、无线技术(含射频/微波技术、天线技术、软件无线电、认知无线电)等。

本书的特点是力求引导大学新生从中学的学习方式向大学学习方式的

转变,是学生在 学习学科专业导论的过程中,逐步了解本专业的 主要教学内容、主要研究方向、主要应用领域,逐步描绘出自己的大学学习蓝图。写作上不求全面、深入,力争图文并茂、简单易懂、前沿实用。

每章开始有教学重点和主要内容提示,最后有本章小结,为进一步深入学习而推荐的参考书目和习题。力求内容准确、讲解详细,并配有电子教案,便于教师讲授和学生学习。

教材写作分工如下:阎毅编写第 1~4 章,董言治编写第 5~8 章。最后,由董言治统稿。特别请海军航空工程学院吕俊伟教授审阅了稿件,在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中参考了许多已经出版的相关教材,大都列在了参考文献中,在此向有关教材的作者和出版社表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在这样或那样的不足与错误,欢迎广大读者提出宝贵意见和批评指正。联系邮箱: dongyanzhi@sina.com。

编著者
2012 年 12 月

第 1 章 数字技术	1
1.1 引言	2
1.1.1 信息的概念	2
1.1.2 数字技术的起源	4
1.2 数字技术的主要优点	6
1.2.1 数字信号处理的优点	6
1.2.2 数字通信系统的优点	7
1.3 模数变换	8
1.3.1 模数变换的概念	8
1.3.2 模拟信号数字化方法的分类	8
1.3.3 抽样	9
1.3.4 脉冲调制	10
1.3.5 抽样信号的量化与编码	11
1.4 移动通信	12
1.4.1 数字通信系统模型	12
1.4.2 信源编码的分类	13
1.4.3 数据压缩	14
1.5 信道编码	17
1.5.1 概述	17
1.5.2 信道编码的分类	18
1.5.3 常用信道编码	18
1.6 加密编码	25
1.6.1 概述	25
1.6.2 加密编码原理	27
1.6.3 常用密码	28
1.6.4 量子密码通信	30
1.7 本章小结	30
1.8 为进一步深入学习推荐的参考书目	30
1.9 习题	31

第 2 章 网络技术	32
2.1 引言	32
2.1.1 通信网络的发展	33
2.1.2 影响网络的技术	33
2.1.3 网络的组成	33
2.1.4 网络的分类	35
2.1.5 网络的拓扑	35
2.1.6 网络的交换	37
2.2 因特网	38
2.2.1 概述	38
2.2.2 网络协议	38
2.2.3 网络应用	40
2.3 无线传感网	41
2.3.1 概述	41
2.3.2 传感技术	41
2.3.3 传感网	44
2.3.4 无线传感网的组成	45
2.4 物联网	47
2.4.1 物联网的概念	47
2.4.2 物联网的组成	51
2.4.3 物联网的关键技术	53
2.4.4 物联网的应用	54
2.5 云技术	55
2.5.1 概述	55
2.5.2 云计算	56
2.5.3 云技术的应用	58
2.6 本章小结	59
2.7 为进一步深入学习推荐的参考书目	60
2.8 习题	60
第 3 章 无线技术	61
3.1 引言	61
3.2 射频/微波技术	63
3.2.1 概述	63
3.2.2 无线电频谱	64
3.2.3 微波铁三角	65
3.2.4 微波技术的应用	65
3.3 天线技术	68

3.3.1	概述	68
3.3.2	天线主要参数	69
3.3.3	常用天线	69
3.3.4	智能天线	71
3.3.5	多输入多输出技术	71
3.4	电波传播	72
3.4.1	概述	72
3.4.2	无线信道	72
3.4.3	无线信道的电波传播	73
3.4.4	信道特征	74
3.5	软件无线电	75
3.5.1	硬件无线电	75
3.5.2	软件无线电的概念	76
3.5.3	软件无线电的系统组成	77
3.5.4	软件无线电的关键技术	78
3.5.5	软件无线电的应用	80
3.6	认知无线电	81
3.6.1	从软件无线电到认知无线电	81
3.6.2	认知无线电的关键技术	82
3.6.3	认知无线电的应用	83
3.7	本章小结	84
3.8	为进一步深入学习推荐的参考书目	84
3.9	习题	85
第4章	通信技术	86
4.1	引言	86
4.2	通信系统	87
4.2.1	概述	87
4.2.2	通信系统模型	87
4.2.3	通信方式的分类	88
4.2.4	常用通信系统	91
4.3	卫星通信	93
4.3.1	微波接力通信	93
4.3.2	卫星通信系统	93
4.3.3	卫星通信的关键技术	96
4.3.4	常用卫星通信系统	96
4.4	移动通信	96
4.4.1	移动通信的概念	96

4.4.2	移动通信系统的分类	97
4.4.3	移动通信的关键技术	98
4.4.4	移动通信的应用	100
4.4.5	移动因特网	100
4.4.6	常用移动通信系统	100
4.5	光纤通信	101
4.5.1	有线通信	101
4.5.2	光纤通信系统	103
4.5.3	光纤通信的关键技术	103
4.5.4	光纤通信的应用	104
4.6	量子通信	104
4.6.1	信息安全	104
4.6.2	保密通信	105
4.6.3	量子通信的概念	105
4.6.4	量子通信系统的组成	106
4.6.5	量子通信的关键技术	107
4.6.6	量子通信的分类	107
4.6.7	量子通信的应用	107
4.7	本章小结	107
4.8	为进一步深入学习推荐的参考书目	108
4.9	习题	108
第5章	信息获取与应用技术	109
5.1	感测技术概述	109
5.1.1	感测技术的基本概念及意义	110
5.1.2	感测工作的任务	110
5.1.3	感测技术的发展	111
5.2	传感器技术	112
5.2.1	传感器概述	112
5.2.2	传感器的静态特性	116
5.2.3	传感器的动态特性	117
5.2.4	常用传感器与原理	117
5.3	自动检测与电子测量技术	119
5.3.1	测量的基础知识	119
5.3.2	非电量电测系统的组成	120
5.3.3	测量系统的要求	122
5.4	自动控制技术	124
5.4.1	自动控制系统的基本概念	125

5.4.2	自动控制理论的发展过程及应用	126
5.4.3	自动控制系统和控制方式简介	131
5.4.4	自动控制系统的分类	133
5.4.5	自动控制系统的性能指标	135
5.4.6	中国在工程控制方面所取得的成就	136
5.5	本章小结	138
5.6	为进一步深入学习推荐的参考书目	138
5.7	习题	139
第 6 章	信息分析和处理技术	140
6.1	计算机科学基础	141
6.1.1	计算机的基本概念	141
6.1.2	计算机科学的发展历史	142
6.1.3	计算机科学的研究领域	143
6.1.4	计算机中数据的表示	145
6.2	计算机的硬件系统	146
6.2.1	冯·诺依曼体系结构	146
6.2.2	计算机硬件的基本结构	146
6.2.3	微型计算机的硬件结构	147
6.2.4	计算机的主要性能指标	148
6.3	计算机的软件系统	148
6.3.1	计算机软件的基本知识	148
6.3.2	程序设计基础	149
6.3.3	数据结构与算法	152
6.3.4	操作系统	154
6.3.5	数据库系统	158
6.4	数字信号处理概述	161
6.4.1	数字信号处理的应用领域	161
6.4.2	信号、系统及信号处理	162
6.4.3	数字信号处理的特点	164
6.5	离散时间信号与系统	164
6.5.1	连续时间信号的采样与量化	164
6.5.2	离散时间系统	165
6.5.3	Z 变换与反变换	167
6.6	数字信号处理芯片	169
6.6.1	DSP 芯片概述	169
6.6.2	DSP 芯片的优点	170
6.6.3	DSP 应用系统的开发工具	172

6.6.4	DSP 芯片的主要应用领域	173
6.7	本章小结	173
6.8	为进一步深入学习推荐的参考书目	174
6.9	习题	174
第 7 章	电子信息技术在核工程中的应用	175
7.1	核工程中的核电技术及先进控制技术概论	176
7.1.1	国内外核电技术的现状与发展趋势	176
7.1.2	国内外过程控制技术的现状及发展趋势	177
7.2	核工程中的检测仪表和传感器	178
7.2.1	检测仪表和传感器概况	179
7.2.2	探测器	180
7.2.3	核仪器仪表	183
7.3	核电过程控制中的现场总线	185
7.3.1	现场总线的定义及产生	185
7.3.2	现场总线控制系统	185
7.3.3	几种现场总线技术	186
7.4	核电的仪表控制系统	188
7.4.1	核电仪控系统的发展	189
7.4.2	核级数字化仪控系统及其特点	189
7.4.3	核电仪控系统的建模与仿真	191
7.5	辐射场数据采集及无线传输处理	193
7.5.1	国内外辐射监测状况	193
7.5.2	辐射场数据无线传输装置	195
7.6	本章小结	197
7.7	为进一步深入学习推荐的参考书目	198
7.8	习题	198
第 8 章	电子信息类专业人才培养与大学学习特点	200
8.1	电子信息类专业教育的发展	201
8.2	电子信息类专业培养目标和素质要求	203
8.2.1	专业培养目标	203
8.2.2	专业培养要求	203
8.2.3	专业人才培养的素质要求	203
8.2.4	专业教育内容和知识体系	205
8.2.5	就业去向和未来展望	211
8.3	大学学习的特点及学习方法	212
8.3.1	大学学习的特点	212

8.3.2 面向对象的逻辑思维方法.....	215
8.3.3 科学思维方法.....	217
8.3.4 创造性思维理论.....	220
8.3.5 创造性思维的激发和表现.....	223
8.4 本章小结	225
8.5 为进一步深入学习推荐的参考书目	226
8.6 习题	226

数字技术

教学提示：现代电子信息技术的发展已经进入数字时代，信息获取、信息处理、信息传输的基本上都是数字信号。本章简单介绍处理数字信息所涉及的主要关键技术：模拟信号数字化、信源编码、信道编码和加密编码等。

教学要求：本章要求学生了解处理数字信息所涉及的主要关键技术，重点是模拟数字转换技术，以及数字通信系统中的三大编码技术：压缩编码、纠错编码和加密编码。

本章结构：

- 1.1 引言
- 1.2 数字技术的主要优点
- 1.3 模数变换
- 1.4 移动通信
- 1.5 信道编码
- 1.6 加密编码
- 1.7 本章小结
- 1.8 为进一步深入学习推荐的参考书目
- 1.9 习题

1.1 引言

1.1.1 信息的概念

20 世纪后期,人类已经进入了信息时代、数字时代、网络时代、无线时代。在 21 世纪,我们每天都需要与信息打交道:获取信息、接收信息、传递信息、存储信息、处理信息和利用信息等。

1. 信息的起源

早在中华民族辉煌的周、秦、汉、隋、唐的历史时期,人们就对信息的表达和处理等问题进行了许多研究。比如,西周的周幽王烽火戏诸侯,四大发明中的造纸术和印刷术的发明等都是传递和存储信息的过程。

20 世纪后半半个世纪以来,随着计算机技术、微电子技术、传感器技术、新材料技术、多媒体技术、航空航天技术,特别是以计算机为主体的因特网技术的发展,人类进入了信息时代。

2. 信息的含义

信息是一个很抽象、很复杂的概念,它最早出现于通信领域。信息是人们对客观存在的一切事物的反映,是通过载体所发出的消息、情报、指令、数据及信号中所包含的一切可传递、可交换的知识内容。

实际上,在通信系统中,比如广播、电视和导航等系统中,传输的就是各种各样的信息。而在不同的系统中,所传输的信息有着不同的表现形式。这些形式必须可以被人的感官所接受。

3. 信息与消息的关系

首先看一个简单的通信的例子。广播是一种单向通信形式。

比如,我们听广播,气象预报说,明天“大雨”。这个消息就告诉了我们,当地的气象状态的具体形式是“大雨”。这就是一个消息,因为它描述了客观物质世界的某一种运动状态,或者存在形式。

所以说,消息中包含了信息,消息是信息的载体,信息是消息的内在形式。人们是通过得到消息来获得信息的。

信息和消息的关系具有以下特点:

(1) 同一个信息可以用不同的消息来表述。如一条战争新闻可以通过电视、网络和报纸等不同的消息形式来表述。

(2) 同一则消息也可以载荷不同的信息,它可能包含非常丰富的信息,也可能包含很少的信息,甚至不包含信息。

(3) 消息与信息是既有联系又有区别的。

4. 信息与信号的关系

在后续本专业的课程中,比如信号与系统、数字信号处理等,经常会遇到信号的概念。

信息也不等同于信号。在各种实际的通信系统中,为了对消息进行正常的传输和处理,往往要对消息作一些变换,把它们变成适合信道传输的物理量,这些物理量一般称为信号,比如光信号、电信号等。

信号中携带着消息,它是消息的运载工具。例如,通过手机发送一个短信(短消息)给朋友。

手机系统是一种无线移动通信系统。最简单的通信系统模型如图 1.1 所示。

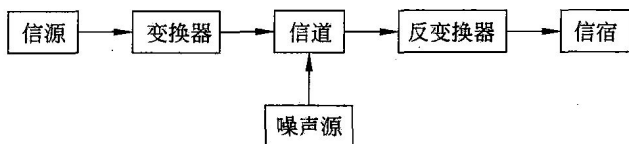


图 1.1 通信系统的一般模型

在这个通信过程中要经过一些变换。在发射信号时需要以下变换:

(1) 编码。需要把对应短信的汉字变换成数字信号,如 10101011001100 等。在手机中经常使用的是信源编码、信道编码和加密编码。

(2) 调制。因为手机信号的传输信道是无线信道,所以需要经过调制,把原来的数字信号变成射频调制电信号,以便在信道中传输。

在接收信号时需要以下反变换:

(1) 解调。在手机中通过调制的反变换——解调,可以把接收到的射频调制电信号恢复成数字信号。

(2) 解码。通过编码的反变换——解码,包括解密解码、信道解码和信源解码,可以把数字信号恢复为发送端传输的汉字。

信息与信号的关系为:

- (1) 信号中携带信息,但它本身并不是信息。
- (2) 同一信息可以用不同的信号形式来表示。
- (3) 同一信号也可以表示不同的信息。

所以,信息、消息和信号是既有区别又有联系的三个不同的概念。

5. 信息的定义

1948年,信息论之父——香农发表了著名的论文《通信的数学理论》,奠定了信息理论的基础。

香农对信息作了科学的定义,他指出:信息是对事物运动状态或存在方式的不确定性的描述。

也就是说,通信的过程是一种不确定性的消除过程。原来的不确定性消除得越多,获得的信息也就越多。因此,可能出现三种结果:

- (1) 如果原来的不确定性被全部消除了,那么就获得了全部的信息。
- (2) 如果原来的不确定性被部分消除了,那么就获得了部分信息。
- (3) 如果原来的不确定性没有消除,那么就没有获得任何信息。

这个定义是迄今为止对信息比较权威的定义。

哲学家和科学家普遍认为,物质、能量和信息是物质世界的三大支柱,是科学历史上三个最重要的基本概念。世界是物质的,没有物质就没有世界,更没有了信息,可以说信息是物质的一种普遍属性。

6. 信息的特征

信息广泛存在于社会生活的各个领域,它具有很多特征,归纳起来,主要体现在以下几个方面。

1) 社会性

信息一开始就直接联系于社会应用,它只有经过人类加工、取舍、组合,并通过一定的形式表现出来才真正具有使用价值。信息化的发展表现为对社会、政治、经济、文化和日常生活等各个方面的深刻影响或改变。

2) 传递性

任何信息只有从信源出发,经过信息载体传递,才能被信宿接收并进行处理和运用。也就是说,信息可以在时间上或空间上从一点转移至另一点,可以通过语言、动作、文献、通信和电子计算机等各种媒介来传递,而且信息的传递不受时间和空间限制。

信息在空间中的传递称为通信。信息在时间上的传递称为存储。

3) 共享性

信息是一种资源。不同的个体或群体,在同一时间或不同时间均可共同享用这种资源。例如,千家万户可以同时收看同一节目源,即群体同享一种信息资源。

4) 不灭性

信息从信息源发出后,其自身的信息量并没有减少,即信息并不因为被使用而消失,它可以被大量复制,长期保存,重复使用。

信息的提供者并不因为提供了信息而失去了原有的信息内容和信息量。

各用户分享的信息份额也不因为分享人的多少而受影响。

5) 时效性

信息应能反映事物最新的变化状态。例如,基于知识的信息产业是竞争最激烈、变化最急剧的产业,在这一领域内,对知识与信息的获取与利用,只要领先或落后几个星期、几天,甚至几个小时,都足以使一个企业成就辉煌或面临破产。

6) 能动性

信息的产生、存在和流通依赖于物质和能量。反过来,信息又能动地控制或支配物质和能量的流动,并对改变其价值产生影响。例如,信息社会的新型人才必须具备很强的信息获取、信息分析和信息加工能力。它不仅是信息社会经济发展对新型人才提出的基本要求,也是推动信息社会向前发展的基础。

7) 客观性

信息是客观存在的。信息的产生源于物质,信息产生后又必须依附于物质,因此信息包含于任何物质中。

1.1.2 数字技术的起源

人们从自然界获得的消息有多种表达形式:语言、文字、图片和视频等。在处理这些

消息时,它们需要被转换成系统中的信号。

1. 信号的分类

常用的信号可以分为以下几种:

- (1) 连续时间信号。信号的幅值可以是连续的,也可以是离散的。
- (2) 模拟信号。连续时间信号的一种特例,如果时间是连续的,幅值也是连续的。
- (3) 离散时间信号。如果时间是离散的,那么幅值是连续的,或称为序列。
- (4) 数字信号。如果时间是离散的,那么幅值是量化的。

2. 系统的分类

处理信号的物理设备称为系统。常用的系统可以分为以下几类:

- (1) 模拟系统。如果系统处理的是模拟信号,输入与输出都是连续时间、连续幅值信号。
- (2) 连续时间系统。如果系统处理的是连续时间信号,输入与输出都是连续时间信号。
- (3) 离散时间系统。如果系统处理的是离散时间信号,输入与输出都是离散时间信号。
- (4) 数字系统。如果系统处理的是数字信号,输入与输出都是数字信号。

3. 模拟信号的误差积累

许多人做过一个简单的游戏:第一个人跟第二个人说一句话,第二个人再传给第三个人,依此类推,传到最后一个人时,原来的那句话常常会发生很多改变。

这是因为:

- (1) 语言是模拟信号,在每一次传输过程中都有可能发生误差,引起所传输话语的部分改变。
- (2) 模拟信号有误差积累效应,在每一次传输过程中误差不断积累,直至最后,整句话可能发生了很多改变。

这就是模拟信号的误差积累。

4. 数字信号的纠错能力

还是刚才那个游戏,但是传送的是数字信号,比如 10101100111000。

(1) 同样的传输条件,数字信号也可能发生误差,引起某一次传输结果的差错。比如 11101100111000。

(2) 数字信号可以采用纠错编码,系统会自动检测出错误,知道第二位出现了误码,然后自动纠错,改正为 10101100111000 后继续往后传送,所以采用纠错编码的数字信号传输没有误差积累。

(3) 这样,经过 N 次传送,最后的误码只相当于一次传送。

这就是数字信号的纠错能力。

5. 综合业务数字网

对于模拟信号来说,不同的信号形式,比如语音、文字、图像、视频,需要不同的处理