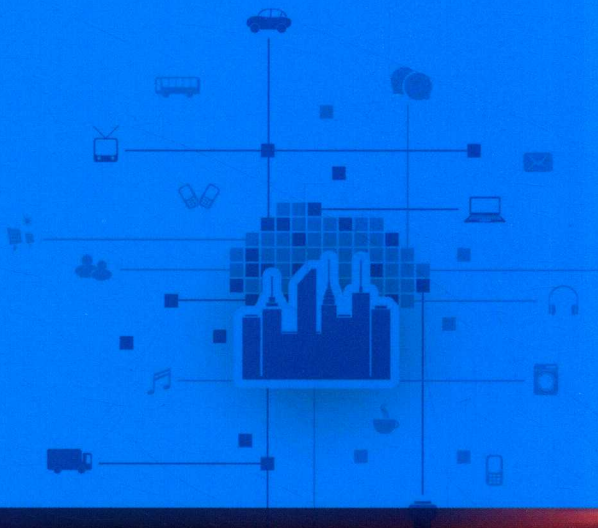




高等院校计算机类规划教材·“互联网+”系列
国家新闻出版改革发展项目库入库项目



软件工程专业导论

王安生 编著

Introduction to
Software Engineering Major



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



高等院校计算机类规划教材·“互联网+”系列
国家新闻出版改革发展项目库入库项目

软件工程专业导论

王安生 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

专业导论课的目的是将学生引入软件工程专业,并对软件工程专业产生浓厚的学习兴趣,激励学生成为本专业的高级人才。本课程是对四年本科学习内容的引导,而不是对某一门课的引导。对此,需要从计算机、编程语言、软件项目开发、数字通信网络、数据与信息处理、音视频与计算机图形学、机器与智能等历史发展的角度进行论述和引导,让学生从100多年前的计算技术历史快速地进入当今社会,并具备面向未来的人工智能和智能制造的眼光,引导学生能够从软件产业和人才发展的角度思考自己今后的学习与工作。

本书分为9章正文和4个附录。

图书在版编目(CIP)数据

软件工程专业导论 / 王安生编著. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2020.6

ISBN 978-7-5635-6049-3

I. ①软… II. ①王… III. ①软件工程 IV. ①TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 082361 号

策划人:姚 顺 刘纳新

责任编辑:满志文

封面设计:七星博纳

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号

邮政编码:100876

发行部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14

字 数:366千字

版 次:2020年6月第1版

印 次:2020年6月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-6049-3

定 价:38.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

前 言

编写本书的目的是让大学新生快速地了解计算机、通信、信息和软件工程产业的相关知识,引发其对编程和组织小组进行软件开发的兴趣,为后续理论课、实验课以及创新创业等工程活动拓宽知识面,从而培养学生主动学习和创新实践的能力。

第1章以数的进制开始,讲述了人类从手写计算到机械和电子计算装置的发展过程,引发学生对自动计算装置的思考。讨论了如何用数字电路实现逻辑运算和算术运算。

第2章从编程的要素出发讨论了冯·诺依曼机器的结构,说明了集成电路计算机器的基本原理,进一步探索了量子计算机器的原理,引出了系统软件和应用软件的分类。

第3章,从机器语言和汇编语言入手,讨论了高级编程语言的基本特征和发展历史,论述了多种基本数据类型和浮点数的表达,进一步讲述了数组、结构体、对象等复杂数据的表达,引发学生创立更高效、更安全的编程语言。

第4章,讲述了软件开发的集成环境,论述了操作系统和库函数的作用,简述了移动终端和嵌入式开发的过程,讨论了个体程序员能力的局限性,引导出小组开发、大型程序开发的瀑布式和迭代式过程。

第5章的基本观点是“通信也是计算”。本章从电报通信与字符编码出发,以直观的邮政通信和传统的电话交换为例,引导出数据包交换的基本原理,讨论了基于包交换的互联网的构成、产业化和管理问题,进一步引出“软件定义的网络”的发展。

第6章主要呈现的是“数据管理和信息交流也是软件”的主题。本章从学生信息的表格化(即结构化)管理出发,引出关系代数和数据库管理系统。本章还介绍了信息蜘蛛网(Web)的概念,给出了万维网的发展和产业历程。通过对结构化和非结构化信息的对比,引出了信息通信中信息量的测量问题。

第7章的主题是“音频与视觉空间也是软件”。本章从声音和图像数字化入手,讨论了图像和视频的压缩,引出了计算机图形学和虚拟现实技术。进一步讨论了专用处理器的作用。以当前常用的一维码、二维码、多维码的发明和应用为例,引导学生围绕视觉空间的表达进行发明创造。

第8章的主题是“机器与智能”,目的是引导学生用计算机硬件和软件制造出人工的智能。本章从蒸汽机替代人的体力劳动开始,引出如何用计算机程序替代人类的脑力劳动,从而建立智能系统或产品。讨论了图灵给出的智能评价标准和不足。从图灵无组织机入手,引出了基于人工神经网络的学习问题。介绍了当前第四次工业革命中美国、德国和中国智能制造的发展现状。

第9章讲述了软件产业与人才问题。讲述了软件工厂式生产和软件过程管理模型、软件

产业生态和开源策略。讨论了软件规模和复杂度的上升以及当前的软件危机问题。这些问题的解决需要培养具有创新精神、国际化、工程化的软件产业人才。

本书的四个附录作为辅助性材料,供广大师生和软件从业者参考。附录 A 从世界工业革命和中国工业革命的发展历程,引出在第四次工业革命中,软件工程专业应当承担的历史责任。附录 B 介绍了作为国家示范性软件学院之一的北京邮电大学软件学院在软件工程专业本科生培养方面的探索,讨论了“三六一一”实践教学体系的建立和运用以及经验总结。附录 C 给出了作者和其同事们对专业导论课的理解,以及导论课对本科培养方案的引导作用。附录 D 列出了国内部分示范性软件学院的培养方案。

专业导论课的目的是拓宽学生眼界,培养学生的探索与挑战精神,而不是给出完美的答案。导论课的内容和讲授方式也需要不断地探索。

虽然本书的大部分内容在北京邮电大学软件学院做过多次教学,也取得了较好的效果,然而,把讲课稿编辑成书仍旧非常棘手。限于作者能力有限,虽然尽力而为,本书也难免有许多不足之处,敬请广大师生提出宝贵意见和建议,共同探讨如何引导新生成为软件工程的优秀专业人才,为中国和世界的软件产业培养更多更好的工程型、国际化的复合型人才。

感谢北京邮电大学软件学院的同事们,特别是多年来一起制定本科培养方案、创立和践行“三六一一”实践教学体系的领导和同事们。感谢对本书的编写给予帮助的同事们。感谢北京邮电大学出版社编辑们的认真工作。

王安生

北京邮电大学软件学院
(国家示范性软件学院)

目 录

第 1 章 从手工计算到自动计算	1
1.1 数的表达	1
1.1.1 十进制数	1
1.1.2 二-八-十六进制数	2
1.2 手写计算	3
1.3 手工计算工具	5
1.4 巴贝奇机械自动计算机器	5
1.5 减法与补码	6
1.5.1 用减数的补码做运算	7
1.5.2 用被减数的补码做运算	7
1.6 逻辑计算	8
1.6.1 逻辑计算	8
1.6.2 用电路构造逻辑运算单元	9
1.6.3 逻辑向量计算	10
1.7 二进制加减法计算机器	11
1.7.1 用逻辑电路实现二进制的加法器	11
1.7.2 二进制的反码与补码器	12
1.7.3 二进制加法器/减法器	13
1.7.4 二进制数正负数范围	14
1.8 思考题	15
第 2 章 从自动计算到可编程计算机器	16
2.1 可编程的计算机器	16
2.1.1 用巴贝奇机器做更复杂的计算	16
2.1.2 图灵计算机器	18
2.1.3 图灵机的形式化	19
2.2 冯·诺依曼的计算机器	20
2.2.1 冯·诺依曼机的结构	20
2.2.2 指令格式和执行流程	22

2.2.3	指令集	23
2.2.4	数据格式与存储器编址	24
2.3	集成电路与计算产业化	26
2.3.1	半导体的集成电路	26
2.3.2	集成电路产业与摩尔定律	28
2.3.3	摩尔定律的终结	29
2.3.4	新材料	30
2.4	量子计算机	30
2.4.1	量子运动原理	30
2.4.2	量子用于计算的原理	31
2.4.3	量子计算机产业动态	32
2.5	系统软件	32
2.5.1	操作系统	32
2.5.2	系统软件与应用软件	33
2.5.3	软件商业竞争方式的创新	33
2.6	思考题	34
第3章 编程语言与数据表达		35
3.1	汇编语言	35
3.1.1	用机器指令编程的困扰	35
3.1.2	汇编语言和编程	36
3.2	高级语言	37
3.2.1	高级编程语言简史	37
3.2.2	高级语言的执行	39
3.2.3	高级语言分类	39
3.3	高级语言的特征	40
3.3.1	词法和语法	40
3.3.2	语法和语义	41
3.3.3	语句	42
3.4	基本数据类型与变量运算	42
3.4.1	数值型	43
3.4.2	逻辑型	43
3.4.3	枚举型	43
3.4.4	字符与字符串	43
3.4.5	指针运算	44
3.4.6	不同类型变量之间的运算	45
3.5	浮点数	45
3.5.1	浮点数的表达理论	46
3.5.2	运算中出现的问题	47
3.5.3	IEEE754 浮点数的范围	48

3.6 扩展的数据类型与结构	49
3.6.1 数组	49
3.6.2 结构体	49
3.6.3 链表	50
3.6.4 栈与队列	51
3.6.5 树	51
3.6.6 图	52
3.6.7 对象与 OO 语言	52
3.7 编程语言的可靠与安全	53
3.7.1 语言缺陷的例子	53
3.7.2 弱类型与强类型语言	54
3.7.3 创立和设计更可靠安全的语言	54
3.8 思考题	55
第 4 章 软件开发环境与过程	56
4.1 集成开发环境	56
4.1.1 代码编辑器	56
4.1.2 编译器	57
4.1.3 链接器	57
4.1.4 程序加载	59
4.1.5 代码调试和安全问题	59
4.2 操作系统与运行环境	60
4.2.1 调用操作系统的功能	60
4.2.2 库	61
4.2.3 远程调用	61
4.3 嵌入式与移动终端软件的开发	62
4.3.1 嵌入式计算机	62
4.3.2 移动终端设备	63
4.3.3 交叉开发环境	63
4.4 个体程序员能力	64
4.4.1 程序员个体能力差异	64
4.4.2 提高个体能力	65
4.5 项目小组的组织	65
4.5.1 小组的组织协调问题	65
4.5.2 首席程序员的组织方式	67
4.5.3 矩阵式的组织方式	68
4.5.4 结对编程	68
4.6 大项目的开发过程	68
4.6.1 从程序开发到软件开发	69
4.6.2 瀑布式开发模型	70

4.6.3	中间产品(文档)的价值	71
4.6.4	文档与图示化表达	72
4.7	迭代与敏捷	75
4.7.1	增量式迭代开发	75
4.7.2	渐进式迭代开发	76
4.7.3	敏捷方法	76
4.8	思考题	76
第5章	数据通信与网络	78
5.1	数字化通信与编码	78
5.1.1	电报、电传与 ASCII 码	78
5.1.2	汉字编码与 Unicode	79
5.2	通信交换网络	81
5.2.1	邮政业务网络	81
5.2.2	电话交换网络	82
5.3	数据包交换网络	83
5.3.1	基于数据包的网路原理	83
5.3.2	数据包的设计	84
5.3.3	数据分片与重新组装	86
5.3.4	路由选择	87
5.4	互联网设计	88
5.4.1	网络互联的需求	88
5.4.2	网络互联的设计模型	89
5.4.3	DoD 网络互联协议族设计	90
5.5	互联网发展与应用	91
5.5.1	美国互联网的全面发展	91
5.5.2	中国发展互联网的历程	92
5.5.3	IETF(互联网工程任务组)	93
5.5.4	互联网的管理	93
5.6	软件定义的网络	94
5.6.1	传统路由器与网络管理问题	94
5.6.2	OpenFlow 论坛	95
5.6.3	SDN 的提出	96
5.6.4	SDN 的产学研研究	96
5.7	思考题	97
第6章	从数据管理到 Web 和信息通信	98
6.1	数据结构化管理	98
6.1.1	数据存储的结构化	98
6.1.2	消除数据冗余	99

6.1.3 建立实体关联	100
6.2 关系代数	101
6.2.1 关系代数定义	101
6.2.2 “选择”运算	101
6.2.3 “投影”运算	102
6.2.4 两个表的“笛卡儿积”运算	102
6.2.5 “并”运算	103
6.2.6 “差”运算	104
6.2.7 “交”运算	104
6.2.8 两个表的“连接”运算	104
6.3 关系数据库	105
6.3.1 关系数据库管理系统	105
6.3.2 SQL:结构化查询语言	106
6.4 万维网	107
6.4.1 WWW 的初衷	107
6.4.2 Web 基本原理	108
6.4.3 WWW 函数库	110
6.4.4 早期美国网站的迅速发展	110
6.4.5 Web 服务器产品	111
6.4.6 Web 浏览器产品	112
6.4.7 早期中国 WWW 的发展	112
6.5 Web 搜索	112
6.5.1 爬虫	113
6.5.2 内容整理	113
6.5.3 搜索策略	114
6.6 Web 变迁与 NoSQL 数据库	114
6.6.1 Web 应用方式的变迁	114
6.6.2 Web 对信息管理系统的改变	115
6.6.3 NoSQL 对数据处理系统的影响	116
6.6.4 大数据时代	117
6.7 信息量	118
6.7.1 单变量的熵定义	118
6.7.2 关联信息的熵定义	119
6.7.3 数据、信息与知识时代	120
6.8 思考题	120
第 7 章 数字音视频与图形学	121
7.1 数字音频	121
7.1.1 机械式留声机	121
7.1.2 磁带录音机	122

7.1.3	数字音频系统	123
7.2	数字图像	124
7.2.1	图像传感	124
7.2.2	图像位图表示	125
7.2.3	图像压缩	126
7.2.4	数字图像的应用	126
7.3	数字视频	127
7.3.1	视频数据与压缩	127
7.3.2	数字电视广播系统	128
7.3.3	视频识别的应用	130
7.3.4	立体电影与电视	130
7.4	计算机图形学	131
7.4.1	图像的矢量表示	131
7.4.2	图形的运算	133
7.4.3	二维图形	133
7.4.4	三维图形	134
7.4.5	图形学的应用	134
7.4.6	虚拟现实技术	135
7.5	专用处理器	135
7.5.1	GPU	136
7.5.2	TPU	136
7.6	图形与符号编码	137
7.6.1	一维码	137
7.6.2	二维码	138
7.6.3	三维码	139
7.7	思考题	140
第 8 章	机器与智能	141
8.1	可控制的自动机器	141
8.1.1	替代体力的自动可控机器	141
8.1.2	自动反馈控制器	142
8.1.3	自适应与 AI 控制器	143
8.2	基于计算机的控制器	144
8.2.1	将计算机嵌入到控制系统中	144
8.2.2	控制器的设计	145
8.2.3	传感器	146
8.2.4	可编程逻辑控制器	146
8.2.5	社会系统的控制	147
8.3	人工智能	147
8.3.1	图灵无组织的机器	147

8.3.2	人工神经网络的发展历程	148
8.3.3	模拟神经元	149
8.3.4	模拟多层神经网络	151
8.3.5	机器学习	151
8.3.6	其他算法	152
8.4	智能的评价	152
8.4.1	图灵测试	152
8.4.2	图灵测试的消极面	153
8.4.3	智能分级	154
8.5	智能制造	156
8.5.1	先进(制造)工程环境	156
8.5.2	物联网	157
8.5.3	工业互联网	158
8.6	智能制造作为国家战略	159
8.6.1	德国工业 4.0	159
8.6.2	美国智能制造	159
8.6.3	中国制造 2025	160
8.7	思考题	160
第 9 章 软件产业与人才		161
9.1	软件与产业	161
9.1.1	软件与程序	161
9.1.2	软件作为商品:版权与许可证	161
9.1.3	云计算:一切作为服务	162
9.2	软件企业过程能力的改进	163
9.2.1	软件工厂模式	163
9.2.2	软件过程与改进	164
9.2.3	SEI 和汉弗莱的贡献	164
9.2.4	CMM/CMMI 模型	165
9.3	产业生态、联盟、开放与开源	166
9.3.1	软件产业生态	166
9.3.2	产业联盟	167
9.3.3	企业间的并购	168
9.3.4	开放策略	168
9.3.5	开源策略	169
9.4	软件危机:永恒的话题	170
9.4.1	国防工业软件的指数级增长	170
9.4.2	制造业软件成本的急速增长	171
9.4.3	超大规模软件系统	171
9.4.4	软件生产率严重不足	172

9.5	中国软件危机	172
9.5.1	软件导致通信与网络系统的危机	172
9.5.2	软件导致信息化社会的安全危机	173
9.5.3	软件导致制造业的危机	173
9.6	软件产业人才	174
9.6.1	软件工厂型人才	174
9.6.2	软件工程型人才	175
9.6.3	复合型人才	175
9.6.4	创新创业思维	176
9.6.5	国际化视野	176
9.6.6	软件商业奇才	177
9.7	软件工程与新工科	179
9.7.1	软件工程的就业	179
9.7.2	美国-欧洲-中国软件产业对比	180
9.7.3	软件与其他产业 500 强的对比	180
9.7.4	新工科战略	181
9.7.5	软件工程与新工科的融合	182
9.8	思考题	182
附录 A 历史责任		183
A.1	工业革命推动力	183
A.1.1	前三次工业革命	183
A.1.2	第四次工业革命的基础	184
A.2	中国工业革命历程	184
A.2.1	中国近代危机与民族解放	184
A.2.2	两弹一星与国际地位	185
A.2.3	改革开放	186
A.3	软件产业教育的历史责任	186
A.3.1	软件人才危机	186
A.3.2	示范性软件学院的历史责任	187
附录 B 北京邮电大学国家示范性软件学院本科培养方案		188
B.1	教育部的指导意见	188
B.2	“三六一一”实践教学体系	189
B.2.1	形成过程	189
B.2.2	“三六一一”的内涵与外延	190
B.3	2017 版本科培养方案	191
B.3.1	培养线	191
B.3.2	培养线与课程地图	193
B.3.3	实践课与“三六一一”映射	194

B.3.4 “三六一一”与 SWEBOK 的映射关系	194
附录 C 《专业导论课》的目的	196
C.1 教育理念	196
C.1.1 形而上学与形而下学	196
C.1.2 通识教育与专业教育	197
C.1.3 领域知识与软件工程专业知识	197
C.2 本书与北邮软件学院 2017 版培养方案关联	198
C.2.1 对北邮软件学院 2017 版课程的引导	198
C.2.2 通过课程配套实验引发学习兴趣	199
附录 D 国内部分示范性软件学院课程体系	201
D.1 哈尔滨工业大学软件学院	201
D.2 清华大学软件学院	202
D.3 重庆大学大数据与软件学院	204
D.4 复旦大学软件学院	205
D.5 华中科技大学软件学院	206

“形而上者谓之道，形而下者谓之器”

——《周易·系辞上》

第 1 章 从手工计算到自动计算

诗云：

手写珠算巴贝奇，布尔代数二进制；
减数补码变加法，与非异或逻辑门。

1.1 数的表达

1.1.1 十进制数

人类有十个手指，因此我们习惯于用十进制(decimal)作为计算的基本体系。任何一个十进制数的整数是个位、十位、百位、千位等的组合。例如，123(一百二十三)的个位数是 3，十位数是 2，百位数是 1。这意味着，每位数代表的值是不一样的。例如，十位的 2 代表的是二十，百位的 1 代表的是一百，个位的 5 仅代表 5。

一般地，一个数可以表达为 $a_n \cdots a_i \cdots a_0$ ，代表的实际含义是

$$a_n \times D^n + a_{n-1} \times D^{n-1} + \cdots + a_i \times D^i + \cdots + a_1 \times D^1 + a_0 \times D^0 \quad (1-1)$$

式中， $a_i \in (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) (i=0, 1, 2, \cdots, n)$ ， D 称为十进制的基数， D 的实际含义是 10(十)。

人们习惯于用 10 表达十进制的基数(十)。

$a_0, a_1, a_2 \cdots$ 分别表示个位、十位、百位等数的值。

这样， $123 = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0$ 表达的是

1	2	3
百位	十位	个位

提示：理解了十进制整数的表达，依据式(1-1)，可以很容易证明这个命题：如果一个数各位数之和能被 3 整除，那么，这个数一定能被 3 整除。

一个十进制的小数,同样可以用上述形式表达为 $0.b_1 \cdots b_i \cdots b_m$,实际代表的含义如下:

$$b_1 \times 10^{-1} + b_2 \times 10^{-2} + \cdots + b_i \times 10^{-i} + \cdots + b_m \times 10^{-m} \quad (1-2)$$

式中, $b_i \in (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) (i=0, 1, 2, \cdots, m)$ 。

例如, $0.123 = 1 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2} + 3 \times 10^{-3}$ 。

这样,一个十进制的数就是整数和小数部分拼写,表达为 $a_n \cdots a_i \cdots a_0.b_1 \cdots b_i \cdots b_m$,代表的含义如下:

$$\begin{aligned} & a_n \times 10^n + a_{n-1} \times 10^{n-1} + \cdots + a_0 \times 10^0 + b_1 \times 10^{-1} + b_2 \times 10^{-2} + \cdots + b_m \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=0}^n a_i \times 10^i + \sum_{j=1}^m b_j \times 10^{-j} \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中, $a_i, b_j \in (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) (i=0, 1, 2, \cdots, n) (j=1, 2, \cdots, m)$,其中 10 表示十进制的基数。

1.1.2 二-八-十六进制数

参考十进制,也可以用二进制(Binary)表达一个数,例如,一个数写为 $a_n \cdots a_i \cdots a_0$,其中, $a_i \in (0, 1)$,实际意义是

$$a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 \quad (1-4)$$

或

$$a_n \times B^n + a_{n-1} \times B^{n-1} + \cdots + a_1 \times B^1 + a_0 \times B^0$$

式中, $a_i \in (0, 1)$, 2 或 B 是二进制的基数,与十进制中的 10 相同。这里的 2 只是借用了十进制中的一个符号。

理论上,基数上的幂也应当用二进制表达,这里用十进制表达,是为了方便。例如, 1×2^3 (幂用十进制) = 1×2^{11} (幂用二进制),表达从右向左的第 4 (十进制) 位数是 1。

例如,1011(二进制)数的含义是

1	0	1	1
第四位	第三位	第二位	第一位

因为

$$\begin{aligned} 1011(\text{二进制}) &= 1 \times (1\ 000) + 0 \times (100) + 1 \times (10) + 1 \times 1 (\text{二进制的 } 1011) \\ &= 1 \times (10)^{11} + 0 \times (10)^{10} + 1 \times (10)^{01} + 1 \times (10)^0 (\text{纯二进制}) \\ &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 (\text{按十进制表达的二进制位}) \\ &= 11 (\text{十进制}) \end{aligned}$$

同样,可以用八进制(Octal)表达一个数

$$a_n \times 8^n + a_{n-1} \times 8^{n-1} + \cdots + a_1 \times 8^1 + a_0 \times 8^0 \quad (1-5)$$

或

$$a_n \times O^n + a_{n-1} \times O^{n-1} + \cdots + a_1 \times O^1 + a_0 \times O^0$$

式中, $a_i \in (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) (i=0, 1, 2, \cdots, n)$, 8 或 O 是八进制的基数,代表八进制的 10。这里的 8 也只是借用了十进制中的一个符号。**注意:**基数上的幂仍用十进制表达。

例如

$$\begin{aligned} 127(\text{八进制}) &= 1 \times (10)^2 + 2 \times 10^1 + 7 \times 10^0 (\text{八进制的 } 127) \\ &= 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 7 \times 8^0 (\text{按十进制表达的八进制位}) \\ &= 87(\text{十进制}) \end{aligned}$$

中国古代长期采用十六进制(Hexadecimal)作为重量的进制,成语“半斤八两”就是十六进制的真实写照。在十六进制中,除了符号0~9外,再增添符号A,B,C,D,E,F分别表示9+1,9+2,9+3,9+4,9+5,9+6,相当于十进制的10,11,12,13,14,15。

用 H 表达十六进制的基数(相当于十进制的16),那么,每个十六进制的数记为

$$a_n \times H^n + a_{n-1} \times H^{n-1} + \dots + a_1 \times H^1 + a_0 \times H^0 \quad (1-6)$$

式中, $a_i \in (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F)$ ($i=0, 1, 2, \dots, n$), H 表示十六进制的基数。

总结式(1-1)、式(1-4)、式(1-5)和式(1-6)分别表达的十、二、八、十六进制,可以看出一个整数的书写方式是一样的,即 $a_n \dots a_i \dots a_0$,但是,基数和符号不同,所代表的实际值也不一样。

二-八-十六进制数之间的转换十分方便,例如

$$\begin{aligned} 127(\text{八进制}) &= 1 \times (10)^2 + 2 \times 10^1 + 7 \times 10^0 (\text{八进制的 } 127) \\ &= 001\ 010\ 111 (\text{写成二进制,每3位一组成八进制的一位数}) \\ &= 0\ 0101\ 0111 (\text{每4位组成十六进制的一位数}) \\ &= 057H (\text{十六进制的}) \\ &= 0 \times H^2 + 5 \times H^1 + 7 \times H^0 (\text{十六进制}) \\ &= 0 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 7 \times 16^0 (\text{把十六进制换算为十进制}) \\ &= 5 \times 16^1 + 7 (\text{十进制}) \\ &= 87 (\text{十进制}) \end{aligned}$$

观察上面的例子,可以看出:将二进制从左到右,每3位分为一个组,就是八进制(三位数的二进制)的一个位,每4位分成一个组,就是十六进制(4位数的二进制)的一个位。

为了书写方便,通常用八进制或十六进制表达二进制。特别要记住的是:7(八进制、十进制、十六进制)=111(二进制),F(十六进制)=1111(二进制)=15(十进制),FFFF(十六进制)= $2^{16}-1$ (十进制)=10000-1(十六进制)。

从上面看出,把二、八和十六进制转换为十进制要容易一些,而把十进制转换为二进制要麻烦一点。请考虑如何进行转换。

事实上,可以定义任何一种进制,例如,三进制、七进制等,从而形成不同的进制体系。例如,我们日常生活中的12或24的小时进制,60秒为1分钟的60进制,等等。

注意:一个十六进制的数除以2的操作,可以先转换为二进制数,再向右移动一位,然后再组合为十六进制即可。同样一个十六进制的数乘以2的操作,可以转换为二进制数向左移动一位,再组合为十六进制。

1.2 手写计算

老师在教小学生的算术课时,通常采用竖式算法,例如,十进制的 $1234+5678+9876=$
此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com