

教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会推荐
计算机基础课程系列教材

Guide to the Teaching and Learning
Basis Computer Hardware Technology

计算机硬件技术基础 教与学指南

邹逢兴 主编

邹逢兴 陈立刚 滕秀梅 编



高等教育出版社
Higher Education Press

教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会推荐
计算机基础课程系列教材

计算机硬件技术基础 教与学指南

邹逢兴 主编
邹逢兴 陈立刚 滕秀梅 编

高等教育出版社

内容提要

本书是与邹逢兴主编、高等教育出版社 2005 年 2 月出版的“面向 21 世纪课程教材”、“教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会推荐教材”——《计算机硬件技术基础(第二版)》配套的辅导书。

本书章目与主教材的章目完全相同,每章分为教学基本要求、重点内容提要、典型例题解析、教材习题选解和教学实验建议 5 部分内容。所有内容是作者长期从事相关课程教学实践经验的结晶。

本书可作为高等学校工科专业计算机硬件技术基础课程的学习辅导书,也可作为相关课程的参考书和考研辅导书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机硬件技术基础教与学指南/邹逢兴主编. —北京:高等教育出版社,2005.9

ISBN 7-04-015874-4

I. 计... II. 邹... III. 硬件-高等学校-教学参考资料 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 094100 号

策划编辑	陈红英	责任编辑	萧 潇	封面设计	于文燕	责任绘图	朱 静
版式设计	胡志萍	责任校对	胡晓琪	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市白帆印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 23.25
字 数 520 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.cn>

版 次 2005 年 9 月第 1 版
印 次 2005 年 9 月第 1 次印刷
定 价 29.00 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 15874-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

主编介绍



邹逢兴 江西省峡江人,1969年毕业于哈尔滨军事工程学院,现为国防科技大学教授。长期从事电子技术、微型计算机应用、自动测控和故障诊断方面的教学与科研。先后负责完成国家“863”等各类科研、教研项目 20 余项,获全国科学大会奖和国家级教学成果二等奖各 1 项,军队级教学成果一等奖 2 项,国家部委级教学成果奖和科技进步奖多项;编著出版国家级、军队级重点/规划教材和教育部“面向 21 世纪课程教材”等著作 20 部,发表学术论文 60 余篇,获全国电子类专业优秀教材一等奖 1 次、全国普通高等学校优秀教材二等奖 1 次、中国图书奖 1 次和国防科技大学优秀教材一等奖多次。获全军优秀教师、首届全军院校“育才奖”金奖和第一届全国高等学校“国家级教学名师”等荣誉称号。

教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学 指导分委员会推荐教材出版说明

进入 21 世纪之后,我国明显地加快了建设世界教育大国的步伐,现在正向世界教育强国的目标迈进。实现这个历史性任务的最为关键指标是要有国际公认的高等教育质量,而高水平的教材是一流教育质量的重要保证。

在“九五”和“十五”期间,两届计算机基础课程教学指导分委员会都把教材建设列为重点工作。非计算机专业计算机基础课程的教育部“面向 21 世纪课程教材”和“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”均取得了可喜成果,教材被选用率高,不少还被评为国家、省部级的优秀教材。

本届教学指导分委员会一直着力于研究在新形势下,如何进一步加强高校的计算机基础教学。提出了许多重大的改革举措、新的课程体系框架,计算机基础教学的内容组织和课程设置已反复与各高校教务部门、有关教师研讨,取得许多共识;更令人兴奋的是广大高校表现出极大的热情,一批有创新、改革精神,且有丰富教学经验的教师积极投身到新一轮的计算机基础课程教材编写中。我们对这些教师表示深深的敬意,感谢他们用自己创造性的思维、辛勤的汗水诠释本届教指委的改革思想,把教指委新设计的课程体系和教学内容生动地传达给师生,进行有意义的教学实践。

为了把计算机基础教育的优秀教材及时地推荐给广大从事计算机基础教育的教师 and 同学,便于他们选用和研究,我们新设计开发了本届教指委组织推荐的“计算机基础课程系列教材”,并将已经出版和即将新出的部分“面向 21 世纪课程教材”、“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”与这些新编教材进行了整体规划,系统组织,内容严格把关,形成符合新的教学基本要求的新的教材体系,希望这些教材的出版能起到推动计算机基础教育改革的作用,使我们高校的计算机基础教育质量更上一个台阶。

计算机基础教育改革一直在不断地深化,课程体系和教学内容趋于更加合理和科学。本系列教材与以前出版的教材比较会有较大的变化,这也是我们期待的。

每一本教材都有它的适用范围,面向不同办学层次、学科、地域和人才培养模式的教材必然有差异。本系列教材将会考虑这种差异,以满足各种层次和类型的教学所需。

列入本系列的教材,当在国内同类教材的优秀之列,我们希望作者把它打造成国家级的精品教材,要求做到“三新”,即体系新、内容新、方法新;每一本教材都做成既有文字教材、又有电子教材,既有教科书、又有辅助教材,成为真正意义上的“立体化”。教材的出版仅是“万里长征的第一步”,要成为精品教材,作者还必须根据读者的反映和需求不断修订原作,真正做到“与时俱进”。

“一切为了教学,一切为了读者”是我们的心愿,书中不足之处,恳望教师和同学们指正。

教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会

2004 年 6 月

前 言

“计算机硬件技术基础”(或称为“微机原理与接口技术”等)是高等学校计算机基础教学的核心课程之一。作为工科专业尤其是电子类专业的必修课程,其主要任务是使学生获得计算机系统组成及工作原理方面的基础知识、基本思想和基本方法技能,初步培养学生利用计算机硬件知识作为主要工具,思考、分析、解决本专业及相关领域中问题的能力,为进一步学习和应用相关方面的新知识、新技术打下必要基础。作为非工科专业的选修课程,它可使学生学习了解有关计算机硬件技术基础的最基本知识和思维方式,从整体上建立起计算机系统的基本概念,适应电子信息时代对于计算机基础知识与应用能力的要求。

本书是与邹逢兴主编的“面向 21 世纪课程教材”、“教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会推荐教材”——《计算机硬件技术基础(第二版)》相配套的教和学习辅导书。书中章目与主教材的章目完全相同,每章包括“教学基本要求”、“重点内容提要”、“典型例题解析”、“教材习题选解”和“教学实验建议”(第一、二、六章无)5 部分内容。

“教学基本要求”从高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导分委员会 2004 年“白皮书”中对有关内容的要求出发,结合作者多年的教学经验体会,对本章涵盖的主要知识点,分一般了解、正确理解和熟练掌握三个层次给出了教学要求,并指出了本章的重点和难点。

“重点内容提要”对本章的主要教学内容,特别是要求熟练掌握和正确理解的重要内容,进行了提要性说明和论述。

“典型例题解析”列举若干较典型的例题,进行详解和分析讨论,以启迪读者解题思路,帮助读者理解和掌握解题方法,进而加深对基本教学内容的理解和掌握。

“教材习题选解”给出了主教材中各章后部分习题的参考解答。

“教学实验建议”则是编者根据自身的教学实践经验,对各章是否需要安排实验、安排几个实验和什么性质的实验提出建议,并给出了每个实验的任务、目的和参考方案等。这部分中的题目,均选自高等教育出版社 2000 年出版、邹逢兴主编的《计算机硬件技术基础实验教程》一书。本书给出这些实验的参考方案(都是已经实现的方案),是为了满足部分学校学生做验证性实验的需要。如果条件许可,尤其是电子类专业的实验教学,建议还是按照原书中的实验要求,由学生从每类实验中任选一个自主完成。

本书和主教材及其配套多媒体 CAI 课件一起,组成“计算机硬件技术基础”课程的立体化教材体系,将教与学密切结合。当然,对于其他读者,本书也是一本较好的教学参考书或考研辅导书。

本书由邹逢兴主编并统稿,主体内容由陈立刚执笔编写,各章实验及参考方案主要由滕秀梅

整理而成。本书的编写得到了教研室彭学锋、徐晓红、李春、李红、李治斌、薛小波等许多同仁和同学的的大力支持和帮助,在此对他们表示深深的谢意!

由于作者水平所限,书中难免有错,诚请读者随时指正。

邹逢兴于国防科大

2005年6月

目 录

第一章 微机系统组成及工作原理	1	3.3 典型例题解析	57
1.1 教学基本要求	1	3.3.1 选择题	57
1.2 重点内容提要	2	3.3.2 填空题	58
1.2.1 微型计算机系统的硬件结构 ...	2	3.4 教材习题选解	64
1.2.2 微型计算机的主要组成部分及功能	2	3.5 教学实验建议	99
1.2.3 微型计算机的运算基础	4	实验一 汇编语言程序的建立与执行	99
1.2.4 微型计算机的基本工作原理 ...	5	实验二 十进制数和十六进制数相互转换程序设计	99
1.2.5 微机系统性能的主要指标	6	实验三 字符匹配程序设计	102
1.3 典型例题解析	6	第四章 存储器	106
1.3.1 选择题	6	4.1 教学基本要求	106
1.3.2 判断题	8	4.2 重点内容提要	107
1.3.3 解答题	8	4.2.1 高档微机的存储器体系结构 ...	107
1.4 教材习题选解	9	4.2.2 存储器芯片的选用原则	107
第二章 微处理器和指令系统	17	4.2.3 存储器芯片的接口特性	108
2.1 教学基本要求	17	4.2.4 内存存储器的构成原理	108
2.2 重点内容提要	18	4.3 典型例题解析	109
2.2.1 8086/8088 的指令流水线和存储器分段	18	4.3.1 选择题	109
2.2.2 Pentium 微处理器	18	4.3.2 判断题	111
2.2.3 Pentium 的寻址方式	20	4.3.3 解答题	112
2.2.4 Pentium 的指令系统	21	4.4 教材习题选解	114
2.3 典型例题解析	24	4.5 教学实验建议	124
2.3.1 选择题	24	实验四 存储器扩展实验	124
2.3.2 填空题	26	第五章 I/O 接口	126
2.3.3 解答题	28	5.1 教学基本要求	126
2.4 教材习题选解	31	5.2 重点内容提要	126
第三章 汇编语言程序设计	52	5.2.1 I/O 设备与 I/O 接口	126
3.1 教学基本要求	52	5.2.2 接口的基本功能与基本结构	127
3.2 重点内容提要	53	5.2.3 I/O 端口的编址方式	127
3.2.1 汇编语言的基本语法	53	5.2.4 I/O 同步控制方式	128
3.2.2 常用伪指令语句	54	5.3 典型例题解析	129
3.2.3 汇编语言程序设计	55		

5.3.1 选择题	129	8.2.3 8254/8253 的工作方式	178
5.3.2 判断题	130	8.2.4 8254/8253 的编程	181
5.3.3 解答题	131	8.3 典型例题解析	181
5.4 教材习题选解	134	8.3.1 选择题	181
5.5 教学实验建议	137	8.3.2 解答题	184
实验五 I/O 端口地址扩展实验	137	8.4 教材习题选解	187
第六章 总线和总线标准	140	8.5 教学实验建议	204
6.1 教学基本要求	140	实验八 实时电子时钟	204
6.2 重点内容提要	141	第九章 并行接口与串行接口	209
6.2.1 总线与总线操作	141	9.1 教学基本要求	209
6.2.2 总线仲裁	141	9.2 重点内容提要	210
6.2.3 总线握手	142	9.2.1 并行接口和串行接口	210
6.3 典型例题解析	143	9.2.2 不可编程并行接口	210
6.3.1 选择题	143	9.2.3 可编程并行接口芯片 8255A	210
6.3.2 解答题	144	9.2.4 串行通信及接口标准	212
6.4 教材习题选解	145	9.2.5 可编程异步串行接口芯片 INS8250	213
第七章 中断与中断控制	148	9.3 典型例题解析	214
7.1 教学基本要求	148	9.3.1 选择题	214
7.2 重点内容提要	149	9.3.2 填空题	217
7.2.1 中断的基本概念	149	9.3.3 解答题	218
7.2.2 多中断请求的服务判决	151	9.4 教材习题选解	219
7.2.3 80X86CPU 的中断机制	151	9.5 教学实验建议	242
7.2.4 8259A 可编程中断控制器	152	实验九 8255 并行接口实验	242
7.3 典型例题解析	155	实验十 INS8250 串行接口实验	247
7.3.1 选择题	155	实验十一 交通信号灯实时控制 系统设计	253
7.3.2 判断题	157	第十章 基本人机交互设备接口	259
7.3.3 填空题	158	10.1 教学基本要求	259
7.3.4 解答题	159	10.2 重点内容提要	259
7.4 教材习题选解	160	10.2.1 键盘与键盘接口	259
7.5 教学实验建议	170	10.2.2 LED 显示器接口	260
实验六 中断机制认知实验	170	10.2.3 打印机接口	260
实验七 8259A 扩展实验	172	10.3 典型例题解析	261
第八章 定时器/计数器电路	177	10.3.1 选择题	261
8.1 教学基本要求	177	10.3.2 解答题	263
8.2 重点内容提要	177	10.4 教材习题选解	266
8.2.1 计算机中的延时控制方法	177	10.5 教学实验建议	277
8.2.2 8254/8253 的内部结构与 引脚功能	178		

实验十二 键盘/显示接口实验	277	结构	315
第十一章 模拟 I/O 接口	281	12.2.2 模拟 I/O 通道的建立	316
11.1 教学基本要求	281	12.2.3 数据处理	318
11.2 重点内容提要	281	12.3 典型例题解析	318
11.2.1 DAC 及其与 MPU 的接口 ..	281	12.3.1 选择题	318
11.2.2 ADC 及其与 CPU 的接口	283	12.3.2 判断题	320
11.3 典型例题解析	285	12.3.3 解答题	321
11.3.1 选择题	285	12.4 教材习题选解	322
11.3.2 判断题	287	12.5 教学实验建议	329
11.3.3 填空题	287	实验十四 步进电机控制系统设计 ..	329
11.3.4 解答题	289	附录 A 模拟试卷	334
11.4 教材习题选解	289	模拟试卷(一)	334
11.5 教学实验建议	309	模拟试卷(二)	339
实验十三 ADC 与 DAC 综合应用		模拟试卷(三)	345
实验	310	附录 B 模拟试卷参考答案	351
第十二章 微机在测控系统中的应用	315	模拟试卷(一)参考答案	351
12.1 教学基本要求	315	模拟试卷(二)参考答案	354
12.2 重点内容提要	315	模拟试卷(三)参考答案	357
12.2.1 计算机测控系统的组成及		参考文献	360

第一章 微机系统组成及工作原理

1.1 教学基本要求

本章内容是整门课程的重中之重。本章内容不依赖于任何一种具体型号的计算机,重点讲述了对所有计算机具有普遍适用性的基本组成与工作原理。对本章内容总的要求是应熟练掌握。对各知识点的具体教学要求如表 1.1 所示。

表 1.1 第一章教学基本要求

知 识 点		基 本 要 求			备 注
		一般了解	正确理解	熟练掌握	
微机系统的三个层次			✓	✓	着重理解并熟练掌握三者的联系和区别
微机系统的主要性能指标			✓	✓	着重理解并熟练掌握字长、存储器容量、运算速度几个概念
微机系统的硬件结构			✓	✓	着重理解并熟练掌握三总线结构的特点
微机各大组成部分的基本结构及功能	微处理器			✓	重点是微机系统各大部分的功能和 MPU 中几种专用寄存器的作用
	存储器			✓	
	I/O 设备及接口			✓	
微机运算基础	数的表示方法		✓	✓	着重理解并熟练掌握计算机中各种数的表示方法和特点、补码运算和溢出判别方法以及 BCD 运算及其调整方法
	微机的运算		✓	✓	
微机基本工作原理	微机工作过程		✓	✓	重点掌握计算机工作过程的本质、指令和程序的概念、指令结构和指令执行三部曲,初步认识程序执行过程
	指令与指令系统		✓	✓	
	指令结构		✓	✓	
	指令和程序的执行过程		✓	✓	
PC 系列微型计算机系统		✓			

注:“一般了解”即要求对知识点有个大致的了解。

“正确理解”即要求对基本概念有深刻理解。

“熟练掌握”即要求掌握运算、设计等技巧方法。

1.2 重点内容提要

1.2.1 微型计算机系统的硬件结构

从硬件结构的角度来看,微型计算机采用的基本上是计算机的经典结构——冯·诺依曼结构,即微型计算机在硬件上由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成;它的数据和程序均以二进制代码形式不加区别地存放在存储器中,存放位置由地址(也为二进制代码)指定;其控制器按指令流驱动的原理工作,即根据存放在存储器中的指令序列(即程序)来工作,并由一个程序计数器(即指令地址计数器)控制指令的执行,且控制器具有判断能力,能根据计算结果选择不同的动作流程。

上述各部分硬件又是通过地址(AB)、数据(DB)和控制(CB)三大总线联系到一起的,故称为三总线结构。由于使用总线,使硬件各部分(模块)之间的相互依赖关系变为模块与总线间的单向依赖关系,即只要满足相同总线规范的模块就可应用于系统,从而使微型计算机的系统构造比较简单,且具有更大的灵活性和更好的可扩充性和可维修性。根据总线组织方法不同,又可分为单总线、双总线、双重/多重总线三类。

1.2.2 微型计算机的主要组成部分及功能

微型计算机主要由微处理器(MPU)、存储器、I/O接口和总线四部分组成。

1. 微处理器

微处理器是微型计算机的运算和指挥控制中心。不同型号的微型计算机,其性能的差别首先在于其微处理器性能的不同,而微处理器性能又与它的内部结构、硬件配置有关。但无论哪种微处理器,其内部基本结构总是相同的,都由运算器、控制器和寄存器组三大部分外加内部总线及缓冲器组成,每个部分又各由一些基本部件组成。

运算器主要由算术逻辑单元(ALU)、累加器(ACC)、累加锁存器、暂存器和标志寄存器(FR)等部件组成。其主要功能是完成各种算术运算和逻辑运算。

控制器主要由程序计数器(PC)、指令寄存器(IR)、指令译码器(ID)、操作控制器(OC)、堆栈指针(SP)和一组通用寄存器等部件组成,是整个微处理器的指挥控制中心。控制器的主要功能是:

- ① 按照程序逻辑要求,控制程序中指令的执行顺序。
- ② 根据指令寄存器中的指令码控制每一条指令的执行过程。

寄存器组实质上是微处理器的内部RAM,可分为专用寄存器和通用寄存器两类。**专用寄存器**(含堆栈指针、程序计数器、标志寄存器等)的作用是固定的;**通用寄存器**可由程序员规定其用途,一般用于暂时存放需重复使用的某些操作数或中间结果。

要重点掌握以下一些主要组成部件的功能与工作特点。

(1) 算术逻辑单元和累加器

算术逻辑单元是运算器的核心,是一种以全加器为核心的具有多种运算功能的组合逻辑电路,用于完成各种算术、逻辑及移位运算。累加器 ACC 提供送入算术逻辑单元的两个运算操作数之一,并存放运算后的结果。而操作结果的某些重要状态或特征则存于标志寄存器,有些机器的标志寄存器中还存放控制处理器工作方式的控制标志和系统标志。

(2) 程序计数器

程序计数器是维持微处理器有序地执行程序的关键性的、不可缺少的寄存器。它存放着下一条要执行的指令的存放地址,并能自动修改指向下一指令的存放地址。

(3) 指令寄存器、指令译码器和操作控制器

指令寄存器存放从存储器中取出的各条指令的操作码。指令译码器对指令寄存器中存放的指令进行译码(分析),确定应该进行什么操作。操作控制器则依据指令译码器和时序电路的输出信号,产生执行指令所需的全部微操作控制信号,以控制计算机的各部件执行该指令所规定的操作。由于每条指令所执行的具体操作不同,所以每条指令都有一组不同的控制信号的组合,以确定相应的微操作序列。

(4) 堆栈和堆栈指针

堆栈是计算机中一种先进后出的数据结构,由栈区和堆栈指针组成。栈区用来存放数据,既可由硬件寄存器组成,称为硬件堆栈;又可由 RAM 存储区构成,称为软件堆栈。堆栈指针是用来指示栈顶地址的寄存器,用于自动管理栈区,指示当前数据存入或取出的位置。

堆栈有两种操作:压栈(进栈)和弹栈(出栈),均只能在栈顶进行。堆栈作为数据的一种暂存结构,一般主要用于中断处理和过程调用。

2. 存储器

存储器又称为内存或主存,是微型计算机的存储和记忆部件,用以存放数据和程序。

内存是由一个个内存单元组成的,每个内存单元有两个属性:一是它对应有一个地址编码(二进制编码);二是它所存放的内容,也是二进制编码。两者是完全不同的概念。内存单元的数量称为内存容量。

微型机通过给每个内存单元规定不同的地址编码来管理内存。CPU 对内存的操作分为读、写两种:从内存单元取数到 CPU 内部称为读操作;从 CPU 内部送数到内存单元称为写操作。进一步,内存又分为只读存储器(ROM)和随机读/写存储器(RAM)两类。

3. 输入/输出(I/O)设备的接口

I/O 设备是微机系统的必不可少的组成部分。与 CPU 相比,I/O 设备的工作速度较低,处理的信息从格式到逻辑时序一般不可能直接兼容。因此微型机与 I/O 设备间的连接与信息交换不能直接进行,而必须设计一个接口电路作为两者间的桥梁。I/O 接口电路也叫 I/O 适配器。

1.2.3 微型计算机的运算基础

1. 计算机中数的表示方法

计算机中,无论数值还是数的符号,都只能用 0、1 来表示。通常专门用一个数的最高位作为符号位:0 表示正数,1 表示负数。这种在计算机中使用的、连同符号位一起数字化了的数,称为机器数。机器数可有不同的表示方法。

(1) 有符号数的机器数表示方法

对有符号数,机器数常用的表示方法有原码、反码和补码三种。

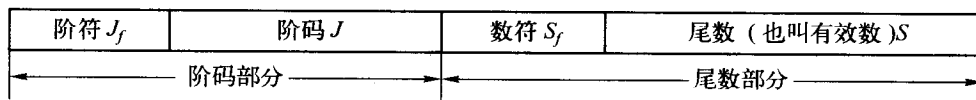
三种码制的最高位都是符号位。符号位为 0 时,表示真值为正数,其余位为真值。符号位为 1 时,表示真值为负数,其余位除原码外不再是真值——对于反码,需按位取反才是真值;对于补码,需按位取反加 1 才是真值。即对于正数有: $[X]_{\text{原}} = [X]_{\text{反}} = [X]_{\text{补}}$;而对于负数,三种编码互不相同。所以原码、反码、补码本质上是用来解决负数在机器中表示的三种不同的编码方法。

(2) 数的定点和浮点表示

计算机中并不用某个二进制位来表示小数点,而是隐含规定小数点的位置。根据小数点的位置是否固定,数的表示方法可分为定点表示和浮点表示,相应的机器数就叫定点数和浮点数。

所谓定点表示,是指在计算机中所有数的小数点的位置人为约定不变。根据小数点约定位置的不同,定点数有两种形式:定点(纯)整数和定点(纯)小数。两者在计算机中的表示形式没有区别,均可用前述的原码、反码和补码表示,其小数点完全根据事先约定而隐含在不同的位置。定点整数约定小数点的位置固定在最低数值位之后;而定点小数约定小数点的位置固定在符号位之后。

当要处理的数是既有整数又有小数的混合数时,一般采用浮点格式表示。此时,小数点位置不固定。浮点表示的一般格式如下:



其中阶码一般用补码定点整数表示,尾数一般用补码或原码定点小数表示。通常,为保证不损失有效数字,一般应对尾数进行规格化处理,即保证尾数的最高数值位为 1,实际大小通过阶码进行调整。

(3) 无符号数的机器数表示方法

无符号数在计算机中通常也有三种表示方法,即:位数不等的二进制码(一般有 8 位字节、16 位字和 32 位双字等)、BCD 码和 ASCII 码。BCD 码又分为压缩 BCD 码和非压缩 BCD 码。

2. 计算机的运算

计算机进行的运算都是有模的运算。模是计量器的最大容量。一个 n 位寄存器能够存放 2^n 个数,它的模为 2^n 。对一个 n 位的运算器,当运算结果大于等于 2^n 时,其超出部分被运算器

自动丢弃。

(1) 补码运算及溢出判别

补码的加减法运算规则如下：

$$[X + Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}} \quad (\text{mod } 2^n)$$

$$[X - Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} - [Y]_{\text{补}} \quad (\text{mod } 2^n)$$

$$[X - Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}} \quad (\text{mod } 2^n)$$

$$[-Y]_{\text{补}} = [Y]_{\text{补}} \text{ 连同符号位一起求反加 1 (称为求补) }。$$

其中 X 、 Y 为正、负数均可。上述运算规则说明，补码减法既可用减法，也可用补码加法实现，区别在于加法产生的进位与减法产生的借位相反，即：补码加法有进位，则表明对应补码减法无借位；反之，补码加法无进位，则表明对应补码减法有借位。

计算机系统中，用补码加法代替补码减法，可省去减法器，从而简化硬件。

对补码运算，当真值满足： $-2^{n-1} \leq X, Y, (X \pm Y) < 2^{n-1}$ 时，应用上述规则可得到正确的结果。其中 n 为字长，运算以 2^n 为模。此时，最高位为 0，表示结果为正数；最高位为 1，表示结果为负数。当结果超出补码所能表示的数值范围时，会产生错误的结果，这种现象称为溢出。计算机运算时要避免产生溢出，万一出现溢出，要能判断，并做出相应处理。

微型机中多采用“双进位位”法判别溢出。即两个补码数相加时，根据最高数值位向符号位的进位 C_1 和符号位向进位位的进位 C_2 来判断。当：

$C_2 C_1 = 11$ 或 00 时，表示无溢出；

$C_2 C_1 = 01$ 时，表示正溢出，即两正数相加结果为负；

$C_2 C_1 = 10$ 时，表示负溢出，即两负数相加结果为正。

(2) BCD 码运算及其十进制调整

进行 BCD 码加减法运算时，每组 4 位二进制码表示的十进制数之间应该遵循“逢十进一”和“借一当十”的规则。但是，由于计算机总是将数作为二进制数来处理的，即每 4 位之间总是按“逢十六进一”和“借一当十六”来处理，所以当 BCD 码运算出现进位和借位时，结果将出错。因此，为得到正确的 BCD 码运算结果，必须对二进制运算结果进行调整，使之符合十进制运算的进位/借位规则。这种调整称为十进制调整，调整规则如下：

十进制加法调整规则：两个 BCD 数相加，若出现本位和大于 9，或虽不大于 9，但向高位产生了进位，则应在本位做加 6 修正。

十进制减法调整规则：两个 BCD 数相减，若出现本位差超过 9，或虽不超过 9，但向高位有借位，则应在本位做减 6 修正。

通常，在计算机中都设有相应的 BCD 码调整指令。

1.2.4 微型计算机的基本工作原理

微型计算机工作的过程本质上就是执行程序的过程，而程序是为解决某一问题而编写的一个指令序列。因此，了解微机工作的原理，关键是要了解指令和指令执行的过程。

(1) 指令是规定计算机执行特定操作的命令。计算机全部指令的集合称为计算机指令系统,它准确地定义了计算机的处理能力。不同型号的计算机有不同的指令系统,从而形成各种型号计算机的特点和相互间的差异。

(2) 任何一条指令都包括两部分:操作码和地址码。操作码指明要完成操作的性质;地址码也叫操作数,用于指明参加上述规定操作的数据存放地址或操作数。但要注意,地址码可以在指令中显式给出,也可以隐式约定。

(3) 微型计算机每执行一条指令都是分成三个阶段进行的:取指令、分析指令和执行指令。而微机程序的执行过程,实际上就是周而复始地完成这三个阶段操作的过程,直至遇到停机指令结束整个机器的运行。

理解程序的执行过程时,要注意不同指令的这三段操作并非在各种微机中都是串行完成的,除早期的 8 位微机外,各种 16 位、32 位微机都可将这几阶段操作分配给两个或两个以上的独立部件并行完成,形成流水线结构,使不同指令的取指、分析和执行三个阶段可并行处理,从而加速程序的执行过程。

1.2.5 微机系统性能的主要指标

衡量微机系统性能的主要指标有字长、存储器容量、运算速度、外设扩展能力和软件配置情况。

特别要注意字节和字长这两个概念。字节指由 8 个二进制位组成的基本数据单元,是与机器无关的概念。字长是指计算机内部一次可以处理的二进制数码的位数,取决于通用寄存器、内存储器、ALU 的位数和数据总线的宽度等,依赖于具体机器。

字节是计算机中表示存储容量的基本单位,而字长则是衡量微机系统精度和速度的重要指标。字长越长,一个字所能表示的数据精度就越高;在完成同样精度的运算时,处理速度也越高。例如,要完成一个 32 位的加法,8 位机需要执行 4 个 8 位加法,16 位机需要执行 2 个 16 位加法,而 32 位机只需执行 1 个 32 位加法。然而,字长越长,计算机的硬件也越复杂。

1.3 典型例题解析

1.3.1 选择题

例 1.1 一个 8 位二进制整数,若采用补码表示,且由 4 个 1 和 4 个 0 组成,则最小值为_____。

A. -120

B. -7

C. -112

D. -121

分析:此题是求最小值,所以必定是负数,符号位为 1。而补码负数的特点是数值位真值越小,其绝对值越大,即负得越多,真值越小,反之亦然。所以,由 4 个 1 和 4 个 0 组成的补码数中,真值最小的补码数为:10000111,即真值为:-121。