

计算机组成原理

学习指导



湖南大学现代远程教育
全国税务系统远程教育

系列教材



CHINESE FISCAL AND TAXATION LONG-DISTANCE LEARNING



湖南电子音像出版社

计算机组成原理学习指导

彭蔓蔓 主编

湖南电子音像出版社



湖南大学现代远程教育

全国税务系统远程教育

系列教材

计算机组成原理学习指导

彭蔓蔓 主编

策 划: 谭慧渊 刘镜波 蒋菊香

责任编辑: 杨许国 肖家红

装帧设计: 黄 弋 赵 慧

湖南出版集团

湖南电子音像出版社出版发行

长沙市展览馆路66号 邮编: 410005

长沙青山印刷厂印刷

2002年2月第1版 2002年2月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 4.25

字数: 107千字 印数: 5000册

ISBN 7-900352-08-2/G4·100

定价: 82.00元/套(光盘配书)

编写说明

现代远程教育是 20 世纪 80 年代以来国际教育发展的共同趋势。1998 年 9 月,教育部批准湖南大学等四所大学首批试办现代远程教育,标志着我国现代远程教育已正式启动。湖南大学的现代远程教育,在探索中不断前进,特别是与国家税务总局合作开办的主要面向行业的财税远程教育,在办学模式、教学手段等方面正在实现跨越式发展。

在全国税务系统远程学历教育领导小组的领导下和在全国税务系统远程学历教育教学指导委员会的指导下,我们根据湖南大学本科学历教育教学大纲和新形势下社会对财经类人才素质的要求,组织全国相关专业的著名教授、学者、专家编写了这套系列教材及学习指导书,并配有电子光盘、VCD 光盘、网络课件等教学资源。

本书由彭蔓蔓、彭胜标、沈立强编写。

由于时间原因,错漏之处在所难免,敬请同行专家批评指正。

目 录

教学目的与要求	(1)
教学重点与难点	(3)
教学内容提要	(5)
第一章 概论	(5)
第二章 数据信息的表示	(7)
第三章 运算方法与运算器	(9)
第四章 存储系统	(15)
第五章 指令系统	(18)
第六章 中央处理器(CPU)	(20)
第七章 接口与总线	(28)
疑难问题解答	(32)
第一章 概论	(32)
第二章 数据信息的表示	(35)
第三章 运算方法与运算器	(37)
第四章 存储系统	(43)
第五章 指令系统	(49)
第六章 中央处理器(CPU)	(56)
第七章 接口与总线	(65)
习 题	(78)
第一章 概论	(78)
第二章 数据信息的表示	(82)
第三章 运算方法与运算器	(85)
第四章 存储系统	(88)
第五章 指令系统	(92)

第六章	中央处理器(CPU)	(101)
第七章	接口与总线	(108)
模拟试题		(112)
	模拟试题(一)	(112)
(1)	模拟试题(二)	(117)
(E)	模拟试题(三)	(122)
(E)	模拟试题(四)	(127)
(2)	模拟试题(五)	(132)
(3)	模拟试题(六)	(137)
(4)	模拟试题(七)	(142)
(5)	模拟试题(八)	(147)
(6)	模拟试题(九)	(152)
(7)	模拟试题(十)	(157)
(8)	模拟试题(十一)	(162)
(9)	模拟试题(十二)	(167)
(10)	模拟试题(十三)	(172)
(11)	模拟试题(十四)	(177)
(12)	模拟试题(十五)	(182)
(13)	模拟试题(十六)	(187)
(14)	模拟试题(十七)	(192)
(15)	模拟试题(十八)	(197)
(16)	模拟试题(十九)	(202)
(17)	模拟试题(二十)	(207)
(18)	模拟试题(二十一)	(212)
(19)	模拟试题(二十二)	(217)
(20)	模拟试题(二十三)	(222)
(21)	模拟试题(二十四)	(227)
(22)	模拟试题(二十五)	(232)
(23)	模拟试题(二十六)	(237)
(24)	模拟试题(二十七)	(242)
(25)	模拟试题(二十八)	(247)
(26)	模拟试题(二十九)	(252)
(27)	模拟试题(三十)	(257)
(28)	模拟试题(三十一)	(262)
(29)	模拟试题(三十二)	(267)
(30)	模拟试题(三十三)	(272)
(31)	模拟试题(三十四)	(277)
(32)	模拟试题(三十五)	(282)
(33)	模拟试题(三十六)	(287)
(34)	模拟试题(三十七)	(292)
(35)	模拟试题(三十八)	(297)
(36)	模拟试题(三十九)	(302)
(37)	模拟试题(四十)	(307)
(38)	模拟试题(四十一)	(312)
(39)	模拟试题(四十二)	(317)
(40)	模拟试题(四十三)	(322)
(41)	模拟试题(四十四)	(327)
(42)	模拟试题(四十五)	(332)
(43)	模拟试题(四十六)	(337)
(44)	模拟试题(四十七)	(342)
(45)	模拟试题(四十八)	(347)
(46)	模拟试题(四十九)	(352)
(47)	模拟试题(五十)	(357)
(48)	模拟试题(五十一)	(362)
(49)	模拟试题(五十二)	(367)
(50)	模拟试题(五十三)	(372)
(51)	模拟试题(五十四)	(377)
(52)	模拟试题(五十五)	(382)
(53)	模拟试题(五十六)	(387)
(54)	模拟试题(五十七)	(392)
(55)	模拟试题(五十八)	(397)
(56)	模拟试题(五十九)	(402)
(57)	模拟试题(六十)	(407)
(58)	模拟试题(六十一)	(412)
(59)	模拟试题(六十二)	(417)
(60)	模拟试题(六十三)	(422)
(61)	模拟试题(六十四)	(427)
(62)	模拟试题(六十五)	(432)
(63)	模拟试题(六十六)	(437)
(64)	模拟试题(六十七)	(442)
(65)	模拟试题(六十八)	(447)
(66)	模拟试题(六十九)	(452)
(67)	模拟试题(七十)	(457)
(68)	模拟试题(七十一)	(462)
(69)	模拟试题(七十二)	(467)
(70)	模拟试题(七十三)	(472)
(71)	模拟试题(七十四)	(477)
(72)	模拟试题(七十五)	(482)
(73)	模拟试题(七十六)	(487)
(74)	模拟试题(七十七)	(492)
(75)	模拟试题(七十八)	(497)
(76)	模拟试题(七十九)	(502)
(77)	模拟试题(八十)	(507)
(78)	模拟试题(八十一)	(512)
(79)	模拟试题(八十二)	(517)
(80)	模拟试题(八十三)	(522)
(81)	模拟试题(八十四)	(527)
(82)	模拟试题(八十五)	(532)
(83)	模拟试题(八十六)	(537)
(84)	模拟试题(八十七)	(542)
(85)	模拟试题(八十八)	(547)
(86)	模拟试题(八十九)	(552)
(87)	模拟试题(九十)	(557)
(88)	模拟试题(九十一)	(562)
(89)	模拟试题(九十二)	(567)
(90)	模拟试题(九十三)	(572)
(91)	模拟试题(九十四)	(577)
(92)	模拟试题(九十五)	(582)
(93)	模拟试题(九十六)	(587)
(94)	模拟试题(九十七)	(592)
(95)	模拟试题(九十八)	(597)
(96)	模拟试题(九十九)	(602)
(97)	模拟试题(一百)	(607)

教学目的与要求

本课程是计算机各专业的一门重要专业基础课,在多门硬件课程中占有举足轻重的地位。它要求学生掌握计算机各组成部件的基本概念、基本结构、工作原理及设计方法,最终了解和掌握计算机整机的组成和工作原理。培养学生在硬件系统的分析、设计、开发、使用和维护方面的能力。

通过本课程的学习,要求学生:

1. 概论:从总体上了解计算机软件与硬件系统的组成、计算机的工作过程、计算机系统的层次结构、计算机的特点与性能指标、计算机的分类、计算机的应用和发展等等。

2. 数据信息的表示:系统掌握计算机中各种数据表示及其转换。包括:数值数据的表示方法;二一十进制数字编码;字符编码;数据校验码等。

3. 运算方法和运算器:掌握逻辑运算,算术运算,定点数和浮点数的加、减、乘、除四则运算,运算器结构和工作原理等。

4. 存储系统:系统掌握存储器的工作原理及使用,包括:存储器的概念、分类及性能指标;主存储器的工作原理。了解存储体系、虚拟存储、缓冲技术等概念及作用。

5. 指令系统:系统掌握指令格式,寻址方式,指令类型,RISC和CISC的比较。

6. 中央处理器(CPU):掌握 CPU 的功能、组成和基本结构,控制方式及时序部件,组合逻辑控制器的设计方法和微程序控制器的工作原理。具有简单 CPU 的初步设计能力。

7. 接口与总线:了解 I/O 接口的功能、组成与控制方式(直接程序控制方式、中断方式、DMA 方式、通道与 IOP 方式)、I/O 与主机的连接、总线原理等。

本课程与其他课程的联系:

1.“数字逻辑”是“计算机组成原理”的前导课,数制、数的符号表示(原码、补码和反码)以及数字系统中基本部件的设计方法由“数字逻辑”课解决。

2.“外部设备”是本课程的后续课,它主要介绍输入输出设备(磁盘、键盘、打印机和显示器等)的基本组成及工作原理。

3.“计算机系统结构”作为本课程的后续课,它主要介绍计算机系统的概念结构和功能特性。

4.“微型计算机及应用”是本课程的后续课,它在“计算机组成原理”的基础上,主要介绍微型计算机的组成及其与外界联系的基本原理和方法。

教学重点和难点

1. 计算机系统的层次结构;冯·诺依曼型计算机的体系结构,运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五大部件的主要功能、基本组成和它们之间的相互联系。

2. 机器数与真值的区别,几种机器数之间的转换,对补码的透彻理解尤为重要;定点数、浮点数的表示范围、精确度、规格化形式以及奇偶校验。对于海明校验、循环码校验 CRC 可作一般了解。

3. 定点数和浮点数的补码加减法运算、补码一位乘法运算、补码不恢复余数除法运算;补码两位乘法、浮点乘法和除法;二进制加法器的构成、并行加法器进位传递及其加速方法、运算器的组织结构。

4. 存储器的有关基本概念,存储器的基本读写原理,半导体 RAM 和 ROM 的组成、工作原理以及与 CPU 的连接;提高存储器性能的主要技术。

5. 指令的一般格式,Huffman 编码方法,指令的各种基本寻址方式;Pentium 指令格式。

6. 明确 CPU 的功能,CPU 的总体结构;控制器的组成和各部件的作用。指令的执行过程;时序在控制中的重要作用;掌握组合逻辑控制器的设计步骤和方法;微程序控制器的组成、工作原理及

微指令。

7. 接口的功能和组成,中断和 DMA 的概念,程序中中断的处理过程和程序中断接口,DMA 的主要操作过程和 DMA 接口;通道和 IOP 的概念和基本原理;系统总线在计算机中所处的地位,系统总线的结构、控制方式、通讯方式和信息传送方式。

教学内容提要

第一章 概 论

本章首先简要回顾了计算机的发展历史,然后概括地描述了计算机软件与硬件系统的组成、计算机系统的层次结构、计算机的特点与性能指标、计算机的分类、计算机的应用和发展,并重点讨论了计算机的组成、指令的执行过程概况和工作原理,以便在学生的头脑中初步建立一个整机的概念。

1. 计算机的发展历史

第一代(1946~1959年):以电子管为基本电子器件。

第二代(1959~1964年):以晶体管为基本电子器件。

第三代(1964~1970年):采用集成电路(IC)为基本电子器件。

第四代(1971年至今):采用大规模/超大规模集成电路(LSI/VLSI)为基本电子器件。

第五代(20世纪80年代开始到将来):智能计算机。

2. 计算机系统的基本组成

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是构成计算机系统的设备实体,遵照存储程序计算机体系结构,计算机硬件系统由

运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备以及将它们联结为有机整体的总线等构成。软件是计算机中的各类程序和文件,又分为应用软件、系统软件两大类。硬件与软件的组合构成了实用的计算机系统。

计算机系统的结构十分复杂,但从功能上来看,可以划分为若干层次。从硬软件组成角度可以划分为硬核、指令系统、操作系统、语言处理程序及各种软件资源、用户程序等层次。从语言功能角度可以划分为微程序机器级、传统机器级、操作系统级、汇编语言级、高级语言级、应用语言级等层次。

3. 计算机的特点与性能指标

计算机主要有运算速度快、运算精度高、记忆功能强、通用性广和自动运算等特点。计算机的性能指标主要有主频、运算速度、运算精度、存储容量、存取周期、系统配置、RASIS 特性、兼容性、性能价格比等。计算机的分类方法有多种,一般按计算机的规模可以分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机、单片机等几种类型。

4. 计算机的工作过程

计算机的工作过程实质是执行程序的过程,而执行程序的过程就是逐条执行指令的过程,因此,了解指令执行过程是了解计算机工作过程的基础。通过指令执行过程的讨论,还将具体地了解计算机各组成部件是如何协调工作的以及它们之间的功能联系。

5. 计算机的应用和发展

计算机在科学研究、工业、农业、国防和社会生活的各个领域中都得到越来越广泛的应用,主要应用有科学计算、数据处理、过程控制、计算机辅助设计与制造、人工智能几个方面。计算机科学技术的发展真可谓是日新月异,就其总的趋势来看,主要是巨型化、微型化、网络化和智能化。

第二章 数据信息的表示

数据信息是计算机加工处理的对象,可以分为数值数据和非数值数据。数值数据有确定的值,并在数轴上有对应的点。非数值数据一般用来表示符号或文字,它没有值的含义。本章主要讨论数据信息在计算机中的表示,使读者了解计算机中最基本和最常用的一些数据表示方法。

1. 数值数据的表示

本节首先给出了机器数的原码、补码、反码三种表示法的基本规律,接着讨论了数的定点表示法和浮点表示法,十进制数的二进制编码法。

在定点表示法中约定:所有数据的小数点位置固定不变。其中,定点小数(纯小数)的小数点位置固定在最高有效数位之前,符号位之后,其补码表示范围为: $-1 \sim (1 - 2^{-n})$ 。定点整数(纯整数)的小数点位置隐含固定在最低有效数位之后,其补码表示范围为: $-2^n \sim (2^n - 1)$ 。

浮点数的主要特点是让小数点的位置根据需要而浮动。一个数 N 可写成: $N = M \times R^E$ 。阶码 E 为定点整数,常用移码或补码表示。阶码 E 反映了数 N 中小数点的实际位置,主要决定了浮点数的表示范围。尾数 M 为纯小数,常用原码或补码表示,决定了浮点数的精度。尾数 M 通常采取规格化形式,即 $1/2 \leq |M| < 1$ 。当尾数用补码表示时,判断规格化尾数的方法是尾数的最高数位与符号位相反。而移码的大小就反映了真值的大小,这便于两个浮点数阶码的大小比较。

目前,大多数通用性较强的计算机都能直接处理十进制形式表示的数据。在计算机中采用4位二进制对1位十进制数进行编码,常用的编码有8421码、余3码和格雷码。十进制数串在计算机内主要有两种表示形式:字符串形式和压缩的十进制数串形式。

2. 非数值数据的表示

计算机中用得最多的非数值数据是字符和字符串,它是人和计算机相互作用的桥梁。字符编码方式有很多种,现在用的最广泛的是ASCII码。字符串是指一串连续的字符,字符串的存储方法有向量法和串表法。

汉字处理技术是我国计算机推广应用工作中必须要解决的问题。汉字机内码最常用的是国标码。

3. 数据信息的校验

为了提高数据在读写和传送的过程中的可靠性,常采用以下校验技术。

奇偶校验常用于主存的读写检查,它是根据代码字的奇偶性质进行编码与校验的。其中奇校验是使整个校验码中“1”的个数为奇数,偶校验是使整个校验码中“1”的个数为偶数。奇偶校验只能发现一个或奇数个错,但没有纠错能力。

海明校验实际上是一种多重奇偶校验,即将代码按照一定规律组织为若干小组,分组进行奇偶校验,各组的检验信息组成一个指误字,不仅能提供多位检错信息,而且能指出哪一位错并将其纠正。可用于要求快速自动纠错的场合。

循环码校验CRC能发现并纠正连续出现的多位错误,因此在磁表面存储器和多机通信中得到广泛应用。CRC所约定的校验规则是:让校验码能为某一约定代码所除尽;如果除得尽,表明代码正确;如果除不尽,余数将指明出错位所在位置。

第三章 运算方法与运算器

本章讨论数据信息加工处理的原理和方法,以及对数据进行加工处理的部件——运算器。计算机中主要进行两类基本运算:算术运算和逻辑运算。逻辑运算较简单,是按位进行。算术运算包括加、减、乘、除四则运算,并与数据的编码形式和表达形式(定点、浮点)密切相关。本章将重点讨论原码和补码的运算法则及运算器的结构和工作原理。

1. 逻辑运算

逻辑运算是计算机中最基本的运算,其特点是:运算是按位同时进行的,位间没有联系,因而无进位、溢出等问题。

基本的逻辑运算有:逻辑非、逻辑与、逻辑或和逻辑异或四种。

2. 移位运算

移位是计算机进行算术运算、逻辑运算等不可缺少的基本操作。利用它也可进行寄存器信息的串行传送。移位通常按移位性质分为三大类:逻辑移位、循环移位和算术移位。其中逻辑移位和循环移位较简单;而算术移位是指带符号数的移位,移位后数的符号不变而数值变化,左移实现乘2功能,右移实现除2功能。

3. 定点加减运算

定点加减法运算是算术运算的基础。在本节中,首先分别讨论原码、补码和反码的加减法运算,其中重点是补码加减法运算;然后介绍二进制加法器及其进位系统、多功能算术逻辑部件 ALU。

(1) 原码加、减

原码加、减是指操作数与运算结果均用原码表示,运算时令尾数进行加、减,符号位单独处理。由于原码加减法比较繁琐,故在

计算机中很少被采用。

(2)补码加减运算的公式为:

$$[A+B]_{\#} = [A]_{\#} + [B]_{\#} \pmod{M}$$

$$[A-B]_{\#} = [A+(-B)]_{\#} = [A]_{\#} + [-B]_{\#} \pmod{M}$$

即参与运算的操作数用补码表示,符号位直接参与运算;若操作码为加,则两数直接相加;若操作码为减,则将减数变补后再与被减数相加;得补码表示的运算结果。补码加减运算很简便,容易实现,因而在多数计算机中采用。

在确定了运算字长和数据的表示方法后,所能表示的数据范围也就相应决定了。一旦运算结果超出所能表示的数据范围,就会产生溢出,发生溢出会导致运算结果出错,因此计算机必须能判断溢出并作相应处理。常见的溢出判断方法有三种:采用单符号位判断、采用最高有效位的进位判断和采用变形补码判断。

(3)反码加减运算

由于反码加减运算比补码加减运算多一个循环进位问题,速度较慢,因此也很少采用。

(4)二进制加法器及其进位系统

首先简介了全加器的结构与工作原理,然后重点讨论并行加法器进位传递及其加速方法。并行加法器的进位传递有串行进位、并行进位、组内并行而组间串行的进位链、组内并行且组间并行的进位链四种结构。其中串行进位最慢;并行进位最快,但不现实;组内并行而组间串行的进位链可用于字长短的运算器;而组内并行且组间并行的进位链则最实用,可用于字长较长的运算器。

SN74181 是一种具有并行进位的多功能 ALU 芯片,每片 4 位,即一片能实现 4 位运算。SN74182 则是组间并行进位链的专用芯片。用数片 SN74181 和 SN74182 一起可构成多位的 ALU 部件,成为运算部件的核心。

4. 定点乘法运算

首先讨论原码和补码一位乘法,它们是两
位乘法和阵列乘法器。在介绍算法的同时,讨论乘法器的构成与
工作原理。

(1)原码一位乘法

两原码数相乘时,乘积的符号单独对待,即按同号相乘为正,
异号相乘为负的方法处理;数值部分为两数绝对值之积。数值部
分运算规则是:从 B_n 开始,当乘数 B_i 为“1”时,将上次部分积 P_i
(开始时为 0)加 $|A|$,然后右移一位得新的部分积;当 B_i 为“0”时,
将 P_i 加“0”(或不加)后,右移一位得新的部分积。重复“累加-右
移” n 次可得最后的乘积。

(2)补码一位乘法

实现补码乘法有两种方法。一种是校正法,它先按原码乘法
那样直接乘,再根据乘数符号进行校正,很少用。另一种方法是比
较法(Booth 算法),目前被广泛采用。比较法的运算规则如下:

①被乘数、部分积(初值为 0)采用双符号位,乘数采用单符号
位。

②符号位参加运算。

③乘数最低位后面增设一位附加位 Y_{n+1} ,其初值为 0。

④逐次比较相邻两位,当 $Y_n Y_{n+1} = 00$ 或 11 时,部分积加 0,然
后部分积和乘数一同右移一位;当 $Y_n Y_{n+1} = 01$ 时,部分积加
 $[X]_{补}$,然后部分积和乘数一同右移一位;当 $Y_n Y_{n+1} = 10$ 时,部
分积加 $[-X]_{补}$,然后部分积和乘数一同右移一位。

⑤移位按补码右移规则进行。

第④步重复 $n+1$ 次,但最后一次不再移位。

(3)原码两位乘法

为了提高乘法的运算速度,可以在一拍中考虑两位乘数,根据
两位乘数的组合决定本拍内应进行什么操作,从而在一拍内求得