

高等学校教材

计算机基础

李兴无 宋志芳 董慧茹

西安电子科技大学出版社

高等学校教材

计算机基础

李兴无 宋志芳 董慧茹

西安电子科技大学出版社

1988

内 容 简 介

本书由浅入深地阐述了计算机的工作原理、基本理论和组成结构。从逻辑结构的角度分章讲述了计算机的基本概念；数制和码制；指令系统和寻址方式；信息存贮体系；运算基础及运算器逻辑组织；程序控制原理及其逻辑组织；中断技术；I/O组织与接口技术等。每章末都配有大量习题与思考题，便于教学使用。

本书将传统的《计算机组成原理》与《微型计算机原理》两门课加以合并，对其内容进行了统一组织考虑。

本书可供高等院校计算机专业本科生、大专生作为基本教材，也可作为非计算机专业本科生以及自学者在学习计算机时的主要参考教材。

高等学校教材

计 算 机 基 础

李兴元 宋志芳 董慧茹

责任编辑 徐德源

西安电子科技大学出版社出版

西安电子科技大学印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 23 字数 560 千字

1988年12月第1版 1988年12月第1次印刷 印数 1-5 000

ISBN 7-5606-0056-5/TP·0018 定价：4.55 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部的工科电子类专业教材 1986~1990 年编审出版规划,由计算机与自动控制教材编审委员会计算机编审小组征稿、推荐出版的,责任编委是上海工业大学的张吉锋副教授,由西安电子科技大学(原西北电讯工程学院)计算机系担任主编,上海华东师范大学王能副教授担任主审。

本书的参考学时数为 80 学时,其主要特点为:将传统的《计算机组成原理》课和《微型机原理》课内容融为一体,统一考虑,横向组织其带共性的基本材料,从逻辑结构的角度讲述基本原理,基本理论和组成结构。编写时力求站得较高些来阐述基本原理和概念,使学生能较全面地掌握计算机的基本基础知识。

第一章介绍了计算机的基本概念和基本工作原理,使学生对计算机有一个初步的整体组成概念。第二章讲述了计算机中的数和编码特性。重点放在机器中常用的编码原理上,深入地叙述了补码的概念和特性。第三章讲述指令与指令系统的基本概念,对指令格式,寻址方式及指令系统的设计进行了较深入的原理性的讨论。第四章讲述信息的存贮技术,内、外存贮器的组成原理与存贮体系的概念,讨论了提高存贮器性能的技术。第五章运算基础及其逻辑组织,不局限于对常规算法的讲述,对高速阵列算法的基本概念也进行了阐述,重点在运算器的逻辑结构组成及数据加工传送的通路方面。第六章程序控制原理及其逻辑组织,这是本书的难点内容之一,着重讲述程序控制的基本原理,对随机逻辑控制,PLA 逻辑阵列控制进行了原理性的介绍,用较大的篇幅讨论了微程序控制的基本原理。对指令先行控制,时间重叠,并行流水等行之有效,广泛应用的控制技术亦从基本概念方面予以介绍。第七章从基本原理到设计方法,对计算机的中断技术进行了较为全面的讲述。第八章是 I/O 组织与接口技术,对几种常用的 I/O 数据传送方法、接口及组织进行了全面深入地探讨与分析。

为了学生复习,掌握课程的基本内容,各章均有小结性的结束语,并附有大量的习题与思考题。

使用本教材时应注意理论联系实际。除了课程实施中进行作业,课堂讨论外,应配合相当多的实验,以加深对教材内容的理解、掌握。

本教材由李兴无,宋志芳,董慧茹三位同志合作编写。李兴无同志执笔编写了第 1 至 4 章,宋志芳同志执笔编写了第 5、6 章,董慧茹同志执笔编写了第 7、8 章。最后由李兴无,宋志芳对全书进行了统稿。在编写过程中曾得到蔡希尧教授的鼓励与指导,李学干副教授对本书编写出版提出过许多很好的意见,这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 电子数字计算机的基本概念

§ 1.1 引言	1
§ 1.2 电子计算机的基本组成与工作原理	2
1.2.1 基本组成	2
1.2.2 计算机工作原理	5
§ 1.3 计算机的功能与特性	6
1.3.1 计算机的特性	6
1.3.2 计算机的功能与应用	7
§ 1.4 现代计算机系统的组成	9
1.4.1 计算机系统	9
1.4.2 计算机系统的层次结构	10
1.4.3 硬件和软件的逻辑等价	11
§ 1.5 计算机整机结构	11
1.5.1 总线	11
1.5.2 计算机组成结构与实例	13
§ 1.6 系列机概念	18
1.6.1 兼容性原理	18
1.6.2 系列机	19
习题与思考	20

第二章 计算机中的数和编码

§ 2.1 进位计数制	21
2.1.1 十进制与进位计数制	21
2.1.2 二进计数制	22
2.1.3 八进制与十六进制	23
2.1.4 二-十进制	23
2.1.5 各有关计数制间的转换	25
§ 2.2 计算机中的机器数	29
2.2.1 字长与精度	30
2.2.2 机器数的定点和浮点表示	31
§ 2.3 计算机中数的编码表示	33
2.3.1 原码表示法	34
2.3.2 补码表示法	35
2.3.3 反码表示法	44
2.3.4 移码表示法	44
2.3.5 几种编码方法的比较和应用	45
§ 2.4 计算机中字符编码	46
§ 2.5 汉字在计算机中的编码	47

结束语	48
-----	----

习题与思考	49
-------	----

第三章 指令和指令系统

§ 3.1 指令和指令系统的含义	52
§ 3.2 指令格式	53
3.2.1 指令的基本组成部分	53
3.2.2 指令格式设计准则	54
3.2.3 指令中操作数地址的分析	55
3.2.4 扩展操作码	59
3.2.5 指令格式的实形	61
§ 3.3 寻址方式	62
3.3.1 寻址方式的设计	62
3.3.2 立即寻址方式	63
3.3.3 直接寻址方式	64
3.3.4 间接寻址方式	65
3.3.5 变址寻址方式	67
3.3.6 基本地址寄存器寻址方式	68
3.3.7 PC 相对寻址方式	69
3.3.8 通用寄存器寻址方式	70
§ 3.4 指令类型	72
3.4.1 数据传送/迁移类指令	72
3.4.2 计算类指令	72
3.4.3 程序控制类指令	74
3.4.4 输入/输出类指令	74
3.4.5 特殊操作类指令	74
3.4.6 处理机控制类指令	74

结束语	75
-----	----

习题与思考	75
-------	----

第四章 信息的存贮体系

§ 4.1 基本概念	79
4.1.1 存贮器的基本组成	79
4.1.2 存贮器分类	82
4.1.3 存贮器性能的主要指标	84
§ 4.2 半导体读写存贮器 RAM	86
4.2.1 半导体基本存贮电路	86
4.2.2 RAM 结构与地址译码方式	91
4.2.3 用静态集成存贮片组成 RAM	94
4.2.4 主存与 CPU、I/O 之间的连接	96

4.2.5 动态的 RAM 刷新	99	§ 6.3 控制方式及总线控制特性	181
§ 4.3 半导体只读存储器 ROM	101	6.3.1 控制方式分类	181
4.3.1 ROM 的特点与功用	101	6.3.2 一元化总线控制特性	184
4.3.2 掩模只读存储器	101	6.3.3 一元化总线控制权裁决转让 逻辑	188
4.3.3 可编程序只读存储器 (PROM)	103	§ 6.4 指令微操作流程	189
4.3.4 可擦除可编程只读存储器 (EPROM)	104	6.4.1 取指令公共操作流程	190
§ 4.4 提高存储器性能的技术	106	6.4.2 寻址及取操作数操作流程	190
4.4.1 多模块存储器和交叉存取	107	6.4.3 运算型指令执行操作流程	193
4.4.2 高速缓冲存储器	108	6.4.4 非运算型指令执行操作流程 示例	194
4.4.3 虚拟存储器概念	110	6.4.5 机器指令运行过程中的事务 处理	196
4.4.4 存储体系	110	§ 6.5 随机逻辑控制及 PLA 逻辑控制	196
§ 4.5 外存储器	111	6.5.1 微操作控制逻辑的硬件实现 方法	196
4.5.1 外存储器的特点与组成	111	6.5.2 随机逻辑控制原理	197
4.5.2 数据记录方式	113	6.5.3 PLA 逻辑控制原理	198
4.5.3 磁盘存储器	117	§ 6.6 微程序控制原理	201
4.5.4 磁带存储器	125	6.6.1 基本概念	201
结束语	127	6.6.2 微程序控制方式的应用	202
习题与思考	127	6.6.3 微指令组合及微指令编译法	203
第五章 运算基础及逻辑组织		6.6.4 执行微程序时的进程控制及微 地址形成	206
§ 5.1 运算基础	132	6.6.5 微程序控制逻辑原理例解	210
5.1.1 计算机中运算的特点	132	6.6.6 微程序执行的时序控制	220
5.1.2 定点带符号数的加、减法运算	132	§ 6.7 操作员控制台的功能	222
5.1.3 定点带符号数的乘法算法	134	6.7.1 一般描述	222
5.1.4 定点带符号数的除法算法	144	6.7.2 VAX-11/750 控制台子系统 概述	222
5.1.5 浮点数的四则运算	147	§ 6.8 重叠控制技术	224
5.1.6 十进制运算	150	6.8.1 控制的“并行性”概念	225
§ 5.2 运算器功能及其逻辑组织	152	6.8.2 时间重叠与先行控制的基本原理	225
5.2.1 运算器功能及其基本组成	152	6.8.3 流水线处理及操作举例	231
5.2.2 运算器与其他功能部件的连接	153	结束语	235
5.2.3 数据传送及加工处理逻辑	154	习题与思考	235
5.2.4 浮点处理运算选件	164	第七章 中断技术	
结束语	167	§ 7.1 中断技术的基本概念	238
习题与思考	167	7.1.1 中断概念与引入中断技术后 的计算机	238
第六章 程序控制原理及其逻辑组织		7.1.2 中断源与中断的分类	240
§ 6.1 控制器的基本概念	171		
6.1.1 程序控制原理及其基本结构	171		
6.1.2 指令执行的基本工作过程	174		
6.1.3 微操作序列	175		
§ 6.2 控制时序	179		
6.2.1 控制定时关系	179		
6.2.2 定时信号系统的逻辑组织	180		

7.1.3 中断控制全过程的描述	241	8.3.2 独立的设备码方式	282
7.1.4 中断控制系统的功能	243	8.3.3 端口寻址方式	282
§ 7.2 中断优先级与判定	244	§ 8.4 程序查询式I/O 及其接口设计	283
7.2.1 软件查询方法	244	8.4.1 程序查询式 I/O的程序设计	
7.2.2 硬件排队方法	245	及分析	284
7.2.3 中断判优逻辑举例	248	8.4.2 程序查询式外设接口的设计	289
§ 7.3 中断源的识别与中断服务程序		§ 8.5 中断式 I/O及其接口设计	295
的启动	251	8.5.1 中断式I/O 的程序设计及分析	295
7.3.1 软件识别法	251	8.5.2 中断式外设接口功能及其模型	300
7.3.2 硬件向量中断法	252	8.5.3 中断控制器设计举例	301
§ 7.4 中断屏蔽与多重中断	256	§ 8.6 DMA 方式及其接口原理	303
7.4.1 中断屏蔽的必要性与实现方法	256	8.6.1 DMA 方式的工作过程描述	304
7.4.2 多重中断概念	257	8.6.2 DMA 接口原理模型	306
7.4.3 实现多重中断的基本保证	258	8.6.3 DMA 方式的程序设计原理	308
§ 7.5 中断现场的保护与恢复	259	§ 8.7 可编程接口芯片工作原理简介	310
7.5.1 中断现场	259	8.7.1 可编程并行接口	311
7.5.2 现场保护与恢复的实现	259	8.7.2 可编程串行接口	314
§ 7.6 软件中断与系统调用	262	8.7.3 DMA 芯片原理	320
7.6.1 PDP-11 机的自陷指令	262	8.7.4 DAC 和 ADC 及其与主机的	
7.6.2 8086CPU 的中断指令	265	连接	323
结束语	267	8.7.5 可编程接口与智能外设	328
习题与思考	268	§ 8.8 通道式 I/O	329
第八章 I/O组织与接口技术		8.8.1 通道的类型与结构原理	330
§ 8.1 主机与外设的连接	270	8.8.2 通道程序	334
8.1.1 外部设备的分类与特点	270	8.8.3 通道功能与通道工作过程简述	337
8.1.2 主机与外设的连接	271	结束语	341
8.1.3 I/O组织与外设接口	272	习题与思考	341
§ 8.2 I/O信息传送的控制与方式	274	附录	
8.2.1 信息传送的控制	274	附录一 信息交换用的七位编码字符集	344
8.2.2 信息传送的方式	277	附录二 PDP-11 机指令系统	346
§ 8.3 外部设备的识别	280	附录三 8086/8088指令系统	351
8.3.1 统一的地址码方式	280	参考文献	359

第一章 电子数字计算机的基本概念

§ 1.1 引言

人类在长期的生产实践斗争中,创造了各种各样的工具。这些工具可区分为两大类。一类代替并扩展了人的五官与四肢的功能,如望远镜扩展人的视力,收音机扩展人的听力,棍棒、工具及现代化机械扩展人的手与足,实际上,这类工具是体力放大器。另一类代替并扩展人的大脑功能,把人从繁重的脑力劳动中解放出来,这类工具是各种计算工具,如我国唐宋时期就开始使用的算盘,17世纪以后欧美相继出现的计算尺、手摇计算机和电动计算机,以及近期出现的计算器等。但真正有划时代意义的是1946年出现的电子计算机。

电子计算机的发明是本世纪重大科学技术成就之一,标志人类文明已进入了一个新的历史阶段。40年来,电子计算机几乎渗透到人类社会的各个领域,愈来愈多地代替了人脑的作用,千百万倍地放大人的智力,因此,人们俗称它为“电脑”。

“电子计算机”的含义是这样的,所谓“电子”指组成它的物质基础主要是电子逻辑部件,具有高速性能;“计算机”指它是不需要人的直接干预而能自动完成各种算术和逻辑运算的工具。它不同于算盘、手摇计算机与电动计算机,也不是市面上由电子器件组装的袖珍计算器,因为这些工具都需要人直接参与指挥或操作,而不是自动化的,并且都不把逻辑运算作为它的主要功能之一。

但是“电子计算机”一词中还广义地包含着另一种称为电子模拟计算机的计算机。“模拟”就是“相似”的意思,是用一些连续物理量(如电流、电压)来代表数值,运算过程也是连续的。模拟机的特点是运算速度极高,但精确度较差(约 10^{-4})。

实际上,目前人们习惯上所称的“电子计算机”是指广泛使用的数字式电子计算机或电子数字计算机。它以数字化编码形式(数码)的信息作为加工对象,用数码表示数值,按位运算,是不连续(断续,离散)地运算。我们能较确切地给电子计算机(或简称计算机)做一个说明:计算机是一种不需人的直接干预而能自动地对各种数字化信息进行算术运算和逻辑运算的快速工具。如果说得更详细点:电子数字计算机是一种能自动、高速、精确地完成各式各样的信息存贮、数值计算、过程控制和数据处理功能的电子机器。

从1946年第1台电子计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer——电子数值积分器和计算器)问世以来,计算机科学与技术一直是在飞速的发展着,计算机已经历了4个发展阶段,现正在研制第5代计算机。

1971年Inter 4004的推出,开始了计算机迅速发展的一个方面——微处理机时代。微处理机也已经历了3代的发展,1981年以来已出现32位的iApx 432等超级微处理器,同时出现了单片微计算机。

在推动计算机发展的诸因素中,电子逻辑器件的发展是个最活跃的因素。从50年代以来,电子计算机大约每隔5~8年,便速度提高10倍,体积缩小10倍,成本降低10倍。

§ 1.2 电子计算机的基本组成与工作原理

1.2.1 基本组成

电子计算机是模仿人脑部分功能的一种工具，它的结构特点与工作过程也与人脑有许多相似之处。电子数字计算机进行数字运算的工作原理就是模拟人手工计算的过程。试看一下人用算盘来计算 $2436 + 3748 - 4569 = ?$ 的过程。

如果我们把寄存十进制数的算盘面记为 R，计算过程的先后顺序可如表 1.1 所示。

表 1.1 使用算盘解题过程

序 号	操 作 的 命 令	注 解
0	$0 \Rightarrow R$	清除盘面
1	$2436 \Rightarrow R$	在算盘上拨上 2436
2	$(R) + 3748 \Rightarrow R$	算盘中加上 3748
3	$(R) - 4569 \Rightarrow R$	算盘中减去 4569
4	(R) 抄送纸上	抄送运算结果
5	停 止	计算结束

在执行 6 步操作之后，在算盘 R 中有运算结果 1615。表 1.1 是用算盘求解过程的形式描述，其中算盘 R 具有累加运算结果的作用。

过程中的每一步（如 $(R) - 4569 \Rightarrow R$ ）都是一条指示人完成相应操作的命令。指示执行某种操作的命令，称为指令。按先后顺序列出的 6 条指令，构成了求解此题的程序。程序是一组有目的的指令序列。编制解题程序的技术称为程序设计。

对于上述程序，算盘是不会自动执行的，实际的执行是由使用算盘的人按写在纸上的解题程序和数据来进行的。因此，使用算盘的人，算盘，记录数据与程序的纸，便构成了计算过程中必不可少的组成部分。

若用电子数字计算机来自动地工作，模拟上述解题过程，计算机必须具备 3 个最基本的装置：

- (1) 为了能进行全部必须的算术运算，机器必须要有相当于算盘的运算器。
- (2) 为了保存和记录原始数据、解题程序与运算中间结果，机器要配置足够容量的存贮器，相当人工计算时用的纸张。
- (3) 为了能按照解题程序的要求，或根据中间运算结果的性质，自动地选择下一步所需的计算操作，自动地连续地执行操作，机器必须要有能起指挥、控制作用的控制器，它如同人的大脑，大脑指挥下的眼睛和手一样，能判断、打算盘及做记录等。

除上述 3 个基本装置外，为了使计算机能按人的要求工作，需要将原始数据和解题程序输入给机器，这就必须要有输入设备。而为了能将机器运算的结果表达给人知道，还需要配有输出设备。

图 1.1 是电子计算机基本组成的框图。它表明了 5 大基本组成部件及部件间的关系，其中实线表示数据流向路线，虚线表示控制信息的流向路线。在计算机内部传送与流动的就是这样两大类信号：数据流与控制信息流。

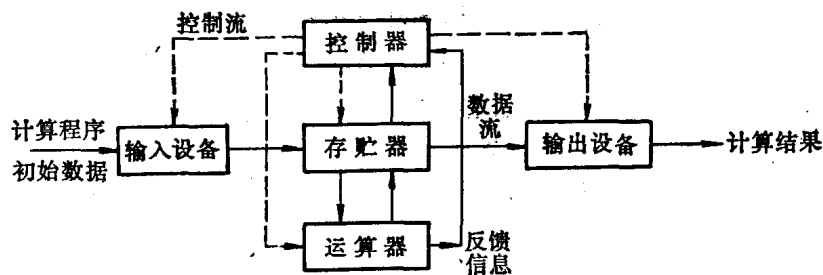


图 1.1 电子计算机基本组成框图

一、存储器

存储器是用来存放数据和程序的部件。存储器(Memory 简称 M)的基本功能是按照要求向指定的位置存进(写入)或取出(读出)信息。存储器是一个大的信息贮存库,被划分成许多实用单元,每个单元通常可存放一个数据或一条指令,这种单元称为“贮存单元”。为了区分、识别而能按指定位置进行存取,就需给每个贮存单元编排上一个唯一对应的编号,称“贮存单元地址”。地址与贮存单元是一一对应的。存储器所具有的贮存空间大小,即所包含的贮存单元总数称为“贮存容量”。而能从存储器连续读出或写入一个信息所需的时间称作“贮存周期”。

由于贮存容量和存取周期之间存在着矛盾,存储器通常区分为两大类,一类是容量不够大但存取周期短的存储器,它能直接和运算器、控制器交换信息,称为主存储器(Main Memory, 简称 MM, 主存)或内存存储器(Internal Memory, 简称内存)。另一类是贮存容量足够大但存取周期长的存储器,它不直接和运算器、控制器交换信息,而是作为主存的补充、后援,称为外存储器(外存)或辅助存储器(辅存)。外存储器的性质类似于输入输出设备,划归外部设备一类。

主存储器由存储体, 存储器地址寄存器(Memory Address Register 简称 MAR)和存储器数据寄存器(Memory Data Register 简称 MDR)组成。存储体是存放信息的实体。

存储器工作时,首先由控制器把要访问的地址送入地址寄存器 MAR,指向某个指定单元。控制器按指令规定,如要求“读出”信息,就发“读”命令,把指定单元存储的信息取出来送到数据寄存器 MDR。如要求“写入”信息,在控制器“写”命令作用下,把预先已存放在 MDR 中的欲写入信息写到指定单元中。如图 1.2。

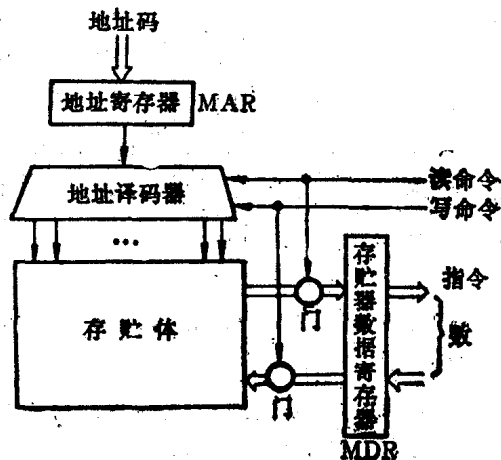


图 1.2 主存储器原理框图

二、运算器

运算器是对信息进行加工、运算的部件。运算器的主要功能是对二进制数码进行算术运算(加、减、乘、除)和逻辑运算。参加运算的数(称为操作数),由控制器指示从存储器内取到运算器。

在计算机内,各种运算操作可归结为相加和移位这两个基本操作。所以运算器的核心是加法器(Adders 简称 ADDS)。为了能将操作数暂时存放,能将每次运算的中间结果暂时保留,运算器还需要若干个寄存器(Register, 简称R)。运算器的组成框图如图 1.3。

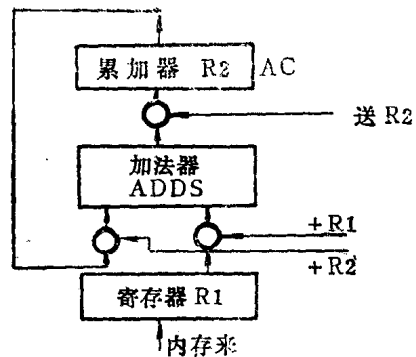


图 1.3 运算器原理框图

若一个寄存器既保存本次运算的结果而又参与下次的运算,它的内容是多次累加的和,则称这种寄存器(如 R2)为累加器(Accumulator, 简称 AC)。

运算器是在控制器控制信号作用下工作的。图 1.3 中若有 $+R1$ 和 $+R2$ 与送 R2 控制信号,就能把 R1 和 AC 中的数在 ADDS 中相加,送回 AC,即完成 $(AC) + (R1) \rightarrow AC$ 运算。若只有 $+R1$,送 R2 信号,则把 R1 的内容传送到 AC 中,即完成 $(R1) \rightarrow AC$ 操作。

三、控制器

控制器是整个计算机的控制指挥中心,它的功能是识别、翻译指令代码,安排操作次序,并向计算机各部分发出适当的控制信号,以便执行机器指令。控制器包括以下组成部分:

1. 指令寄存器(Instruction Register 简称 IR)

它用来保存当前正在执行的指令码。指令码是从存储器取出后送来的。一条指令由两个基本部分组成:



操作码通过操作码译码器指出指令的操作性质,如加法,减法或其他操作。操作数地址码给出参与运算的数据在主存的位置以及运算结果应存放的位置。

2. 指令计数器或称程序计数器(Program Counter 简称 PC)

指令计数器用来存放机器将要执行的指令在内存中的地址,实际上就是指令地址寄存器。由于程序中的指令多数是按顺序逐条执行的,而程序装入主存时又是连续地成片存放的,因此,每执行完一条指令之后,只要将指令地址“加 1”就能获得下条指令地址。故指令地址寄存器就做成指令计数器。

3. 操作码译码器

操作码译码器用来识别、解释操作码的性质,产生相应的控制电位。

4. 地址形成部件

该部件用来形成或产生取数或存数所需要的操作数地址码。操作数地址是按指令的具体要求而用不同的方法产生的。

5. 时序电路

它包括脉冲源、启停线路以及节拍产生器等,用来形成指令执行过程中所必需的时间标准。时钟脉冲、时标序列脉冲及节拍电位,使指令功能能按步骤按时间顺序地加以实现。

6. 操作控制部件

这是控制器中最主要的部分。按照指令操作码的要求,把时序脉冲、节拍电位和被控对象的具体需要等诸因素综合起来,设计组成操作控制部件。由此部件产生出一系列操作控制

信号(即控制信息流),去打开一些数据流通路,关闭另一些数据流通路,协调各部件动作,对数据进行加工、运算和传送,以实现指令的操作。

控制器组成如图 1.4。

四、输入设备

人们编写好的计算程序和原始数据是经输入设备传送到计算机中去的。输入设备能将数据和程序变换成机器内部所能识别和接受的信息方式,如电信号、二进制编码等,并顺序地把它送入存储器中。目前常用的输入设备有控制台键盘,光电输入机、卡片输入机等。

五、输出设备

把计算机产生的结果经输出设备送往机外。它把存储器中以电信号表示的结果转换成人们需要的其他形式的信号,例如由打印机把数字符号印刷在纸上或是经显示终端以字符显示在屏幕上。

目前常用的输出设备有行式打印机、纸带穿孔输出机、卡片输出机、X-Y 绘图仪以及阴极射线管(CRT)显示器等。

根据以上讨论,较细一点描述一台计算机的组成如图 1.5。该图着重显示计算机内的数据流,并只标示了一部分部件。

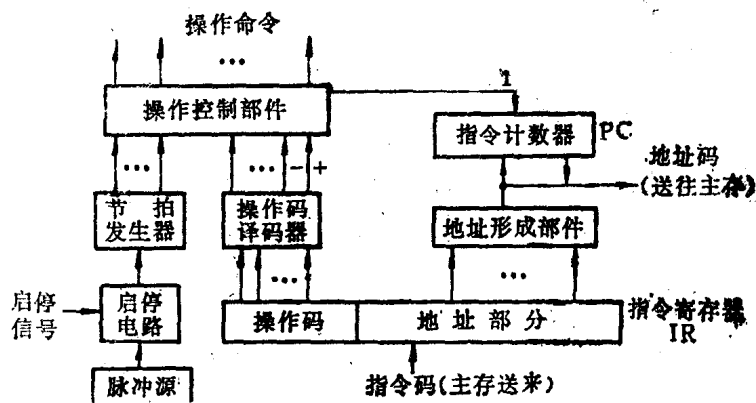


图 1.4 控制器原理框图

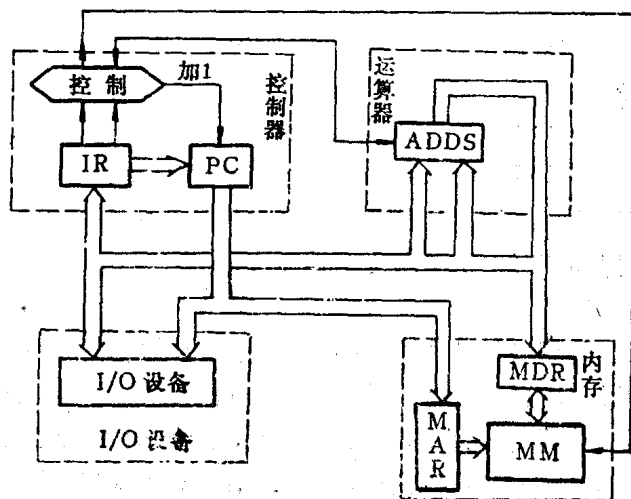


图 1.5 简单的计算机组成

1.2.2 计算机工作原理

使用计算机解题,必须事先编好程序。程序是一个指令序列。通过输入设备把程序和原始数据写入存储器。计算机进行解题的过程,实际上就是逐条执行程序中指令的过程。如图 1.6 的描述。

每个指令的执行过程可区分为两个时间段(周期):先要“取指令”,这时所有指令都是一样的操作;再“执行指令”,不同的指令有着不同的操作内容。试看执行一条指令的大致过程:

(1) 开始执行程序时,把第 1 条指令的地址(即程序的起始地址)先存放在程序计数器 PC 中。

(2) 控制器把指令地址送往存储器地址寄存器, (PC)→MAR, 并发出“读命令”, 由存储器读出该指令并传送到控制器的指令寄存器中, 即(MDR)→IR。

(3) 翻译分析 IR 中的操作性质。

(4) 根据操作性质向存储器、运算器等有关部件发出操作命令。

(5) 若需要由存储器提供操作数时, 控制器向存储器地址寄存器 MAR 发送指令中地址部分所形成的操作数地址, 并发出“读命令”, 从存储器中取出操作数, 并放在数据寄存器MDR 中。

(6) 把操作数送往运算器, 同时控制器命令运算器对数据进行指令规定的运算操作。

(7) 运算结果送累加器或存储器。若要写入存储器, 则应由控制器送来存放结果的地址, 然后把结果送 MDR, 再发“写命令”。

(8) 一条指令执行完, 控制器发“加 1”命令, 使程序计数器加“1”, $(PC)+1 \rightarrow PC$ 。再按此 PC 内容去读存储器, 取出下条指令($(PC)+1$ 操作也可提前进行)。

下条指令执行的过程又是执行(2)~(8)的过程, 以后执行每条指令的过程都是重复循环(2)~(8)。控制器不断地重复循环上述(2)~(8)的各步骤操作, 直到遇到“停止”指令, 程序全部执行完毕。

指令执行过程如图 1.7 描述。

将计算程序和原始数据存放在存储器中, 称为“程序存储”(或“存储程序”), 而控制器根据存储的程序来指挥和控制全机自动协调地完成计算任务, 称为“程序控制”。

“存储程序”和“程序控制”(进一步简化为“存储程序控制”)的概念是组成电子数字计算机的最基本思想, 体现了现代计算机的基本特性, 是计算机的工作原理。它由冯·诺依曼首先用于计算机设计上, 并且一直延用至今。为了纪念他的卓越贡献, 人们常把“存储程序”和“程序控制”这一基本概念称为冯·诺依曼概念或冯·诺依曼原理。利用这一基本概念设计构成的现代计算机又称为冯·诺依曼型机器。

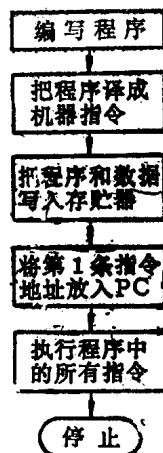


图 1.6 程序的执行

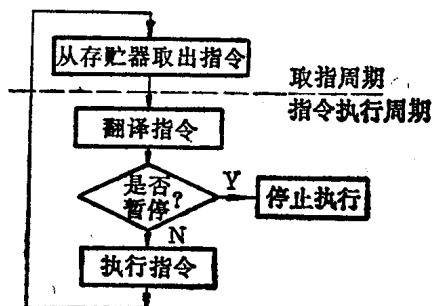


图 1.7 指令的执行

§ 1.3 计算机的功能与特性

1.3.1 计算机的特性

计算机能高速处理信息, 根本的原因是采用了半导体器件, 但与计算机内部结构上采取的方法与措施也很有关系, 首先是解决了不要人介入的信息处理过程的自动化问题。袖珍计算器尽管也是用高速半导体器件组装的, 但计算的步序、方法与操作都部分地或大部分地要人介入才能进行, 这就大大限制了其速度的提高。计算机采取“存储程序”的方法, 当把计算程序和数据存入高速的半导体存储器后, 只需按一下“启动”按钮, 计算机就能按照程序进行控

制,自动地完成预定任务。高速电子逻辑元件与存贮程序结构原理相结合,就形成了计算机的重要特性——快速性。

计算机是以数字形式进行工作的,加工处理的对象不只是数据,而是诸如符号、文字、语言、图象、图形、音乐等形式和内容都丰富多样的信息,它们可能来自工业、农业、商业、国防、科学技术、政府事务等等方面。对这些非数字信息,计算机采取的有效方法是数字化——数字化信息编码,这就能使运算、控制和信息加工处理具有极大的准确性。数字化信息编码也是计算机能够具有逻辑判断和处理能力的基础。

计算机采取存贮程序控制原理,这些“程序”也是多样性的,它可以是各个领域不同用途的用户自己编写的应用程序,而另一部分是由计算机厂家提供的、常驻在计算机内部的系统软件,能随时快速调用。丰富的软件,多样的信息,就使得计算机具有极大的通用性,这是计算机另一个重要特性。

计算机内部具有逻辑判断和处理能力,不像普通计算器那样只具有四则运算的能力。它与高速逻辑元件相结合,形成计算机另一特性,即逻辑性。

图 1.8 是计算机内部特性与外部特性的对应关系。可以看出“存贮程序”指向计算机特性的每一项,表明它是计算机组成原理中最关键的最基本的一个。

而“通用性”被 4 个内特性箭头所指向,表明它最集中地体现了计算机的结构特点。

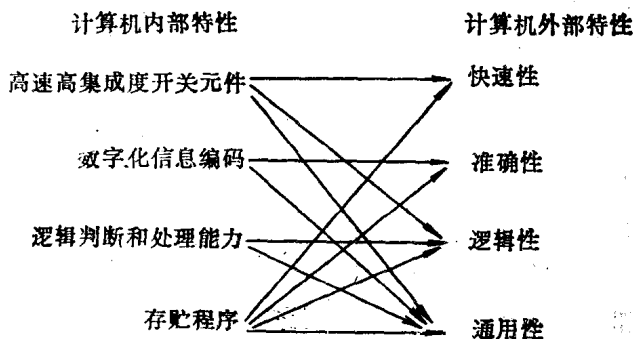


图 1.8 计算机的内部特性与外部特性

1.3.2 计算机的功能与应用

电子数字计算机的出现是 20 世纪科学技术的卓越成就之一,它的出现导致一场伟大的技术革命。计算机的科学技术水平、生产规模和应用程度已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志之一。电子计算机作为人类思维和逻辑推理的工具,是人类认识工具的重大变革,必将促使科学技术发生深刻的变革,对社会生产和社会生活也将发生深远的影响。

计算机在科学研究、工业、农业、国防和社会生活的各个领域得到了越来越广泛的应用。大体上可归纳为以下几方面:

1. 科学技术计算

在发展科学技术和生产中所遇到的各种数学问题的计算统称为科学技术计算。例如数学、物理、化学、原子能、天文学、地球物理学、生物学等基础科学的研究,以及航天飞行、飞机设计、船舶设计、桥梁设计、水力发电、地质探矿等方面的大量计算都需要用到计算机。利用计算机进行数值计算,可以节省大量时间、人力和物力。

有些科技问题的计算方法并不复杂,但计算的工作量实在太太大,以至根本无法计算。例如 19 世纪中叶数学上提出一个地图着色的“四色定理”问题。意思是说,画一张地图,想使相邻两国不用同一种颜色,只需要使用 4 种颜色就可以。但这一定理在数学上长期得不到证明,成为一大难题。直到 1976 年,科学家使用了高速电子计算机,共计算了 1200 h,才作出了证明,轰动了世界。如果用人工计算,即使一个人日夜不停地计算,也要算十几万年!又例

如圆周率“ π ”的计算,我国南北朝时的祖冲之把 π 算到3.1415926,这在当时已是十分了不起的。18世纪英国数学家商克斯花费了20年光阴,才推进到707位小数(其中第527位还有误)。计算机的诞生为 π 的计算提供了新的手段,1962年达到十万位小数,1973年超过了百万位小数。80年代初,两位日本研究人员在一台高速计算机上计算了6.8h后,已突破800万位小数大关。

还有一类问题是人工计算太慢,算出结果时早已失去了实际意义。例如,大范围地区的日气象预报,采用计算机计算,不到一小时就可算出结果。若用手摇计算机,就得几个星期,那样,日预报就毫无意义了。

另外,有些问题用人工计算不一定能选出最佳方案。现代技术工程往往是投资大、周期长,设计方案的选择就变成非常关键的事。为了选择一个理想的方案,往往需要详细计算几十个甚至几百个方案,从中选优。只有使用计算机才可能做到这点,人工计算就很困难。

2. 自动控制(实时控制)

所谓实时控制就是对被控对象能及时地收集和检测它的若干必需数据,并能按最佳状况进行自动调节和控制。因被控对象是一个物理过程或生产过程,所以又称为过程控制。借助于计算机可以提高自动控制的准确性,实现高度复杂的生产过程自动化,从而能提高产品合格率,改进产品质量,降低成本。微型机在这个方面是更为活跃的。

用计算机控制机床(程控机床),不仅可以减轻生产工人的劳动强度,而且生产效率高、加工精度高。例如计算机控制的铣床可以加工形状复杂的涡轮叶片,不用模具,只需根据设计要求编制出程序来,机器就能准确而迅速地把叶片加工出来。加工精度可提高到0.013mm,加工时间从3周缩短到4个小时。

用一台或多台计算机可以控制很多台设备组成的生产线,控制一个车间以至整个工厂的生产,其经济和技术效果就更显著。

无人驾驶飞机、导弹、卫星、太空探测等等,都少不了计算机这个主要角色。现代飞机的火控系统和导航系统中,计算机处于控制中心的位置。

3. 数据和事务处理

人类在科学研究、生产实践、经济活动和日常生活领域中获得的大量信息是实验数据、观测数据、统计数据、原始数据等。数据处理的任务就是将这些数据按不同的要求进行归纳、整理、分类、统计等加工,给出数据分布曲线或印出有关报表。数据处理一般不涉及到复杂的数学问题,但要处理的数据量大、时间性强。

数据处理在计算机的应用中占有最大的比例。必须依靠计算机,数据处理才能及时、准确地进行。像人口普查就是典型事例。

在事务管理方面,小到个人的家庭生活,大到国家的计划管理,以及各个领域,如企业管理、银行事务管理、空中交通管理、飞机与火车订票、军事上的防空系统管理等等,计算机都获得了广泛的使用,而且还在不断扩大使用范围,渗透到各个方面。

4. 辅助设计

采用计算机辅助设计(CAD),可使设计过程走向半自动化和自动化,这是计算机的一个新的应用领域。CAD的主要设备是电子计算机、图象显示器和一个称之为光笔的部件。人们利用光笔在显示器屏幕上画出设计图,经计算机处理后将图形、尺寸等显示出来。如果认为不满意,还可以用光笔修改,直到满意为止。最后将设计资料存入计算机的存贮系统。

例如大规模集成电路设计就用 CAD 方法,可设计出整个电路各层掩膜的完整图形。更有意义的是使用计算机辅助设计能设计出新的一台计算机。

在工业生产中,还采用计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助测试(CAT)等技术。

5. 智能模拟与人工智能

计算机能够模仿人的高级思维活动,如计算机下棋、专家系统、诊断看病(属人工智能中的“问题求解”方面)、自动翻译(属人工智能中“自然语言处理”方面)、模式识别(人工智能的一个方面)、情报检索、密码分析、指纹鉴定(属人工智能中“智能数据库”方面)、机器人(人工智能的一个方面)、战术研究(人工智能中“博弈”方面)等。

§ 1.4 现代计算机系统的组成

1.4.1 计算机系统

一个完整的计算机系统是由硬件和软件两大部分组成的。硬件实体是计算机系统的物质基础,软件是发挥机器功能的关键。软件是建立和依托在硬件的基础上,没有硬件对软件的物质支持,软件的功能就无从谈起。同样,软件是计算机系统的灵魂,没有软件的硬件“裸机”将寸步难行,不能提供用户直接使用。要强调的是:要把计算机系统当成一个整体,它既包含硬件,也包含软件,两者是不可分割的。两者都是计算机系统中用来实现信息处理过程的手段。

硬件包含硬设备和硬件结构两大部分。所谓硬设备是指那些组成计算机的物体,如集成电路、印刷电路板、电缆、电源、存储器、光电输入机、行式打印机、磁盘和终端设备等。而硬件结构则是把这些硬设备按一定方式组织起来形成一个有机整体,使之具有确定功能的方式、方法或结构方案。存储器、控制器和运算器在信息加工处理操作中起主要作用,是计算机硬件的主体部分,通常被称为“主机”。运算器的基本功能是完成算术、逻辑运算操作,故又称“算术逻辑部件”(Arithmetic Logic Unit,简称 ALU)。运算器和控制器是信息加工处理的中心部件,所以把它们合称为“中央处理器(Central Processing Unit,简称 CPU)。而输入设备、输出设备及外存储器合称为外部设备。在各大部件间有用于信息传送的总线加以连接。如图 1.9 所示。

用于一台计算机的各种各样的程序和文件,统称为这台计算机的软件。软件是介于用户和硬件系统之间的界面,用户通过它来使用机器。

计算机软件通常分为两大类:系统软件 and 用户(应用)软件。系统软件是生成、准备和执行其他程序所需要的一组文件和程序,通常由计算机厂家提供。系统软件主要包括:①服务性程序,如诊断程序、排错程序、练习程序等;②语言程序,如汇编程序、各种高级语言的编译程序或解释程序等;③管理系统及操作系统。应用软件是各种用户用计算机解决问题时所编制的各种程序。

现代计算机系统具体组成大体可表示为

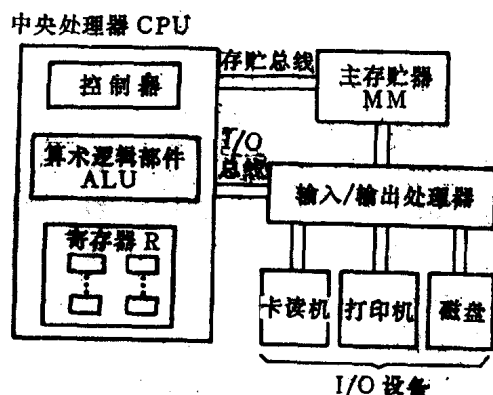


图 1.9 计算机硬件组成