

蒋本珊 编著

电子计算机 组成原理

(修订版)

北京理工大学出版社

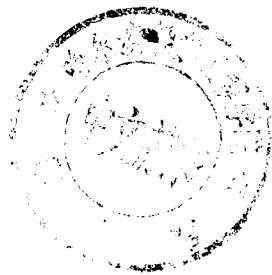
TP301
J41
(2)

444779

电子计算机组成原理

(修订版)

蒋本珊 编著



00444779

21

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机单机系统的组成原理和内部工作机制。全书共分十一章,主要内容分三部分:第一~三章介绍了计算机的基础知识;第四~十章介绍了计算机的各子系统(包括运算器、存储器、控制器、输入/输出设备和系统)的基本组成原理、设计方法、相互关系以及各子系统互相连接构成整机的技术;最后一章介绍了计算机系统的发展。

本书既讲授了计算机的一般原理;又注意与实际应用相结合。全书内容由浅入深,每章之后均附有习题,便于自学。

本书可作为大专院校计算机及相关专业“计算机组成原理”或“计算机组织与结构”课程的教科书,也可供从事计算机工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子计算机组成原理/蒋本珊编著. -修订版. -北京:北京理工大学出版社,1999.9

ISBN 7-81013-852-9

I. 电… II. 蒋… III. ①电子计算机-系统结构②电子计算机-构造 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 30325 号

10101/21

责任印制:刘京凤 责任校对:郑兴玉

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路7号)

邮政编码 100081 电话 (010)68912824

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 550 千字

1999 年 9 月第 2 版 1999 年 9 月第 4 次印刷

印数:15001-19000 册 定价:32.00 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前 言

“电子计算机组成原理”是计算机类各专业的一门必修的核心课,主要讨论计算机单机系统的组成及内部工作机制。本课程在先导课和后继课之间起着承上启下的作用,参考教学时数为 72~90 学时。

本书是参考全国高等学校计算机教育研究会“计算机组成原理”教学研讨会 1990 年推荐的教学大纲精神,并根据作者从事本课程的教学经验写成的。本书共分十一章:前三章介绍了计算机的基础知识(概论;计算机中数据信息的表示;计算机中的逻辑部件),第四~十章是本书的核心部分,介绍了计算机的各子系统(指令系统;运算方法和运算器;主存储器与存储体系;CPU 组织;辅助存储器;输入输出设备;输入输出系统),最后一章介绍了计算机系统的发展。

本书的内容与教学时数允许的分量相比偏多一些,有些内容对某些专业来说可能已在先导课程中进行了讨论(如数制转换、基本逻辑部件等),另外,书上带 * 号的内容,已超出了教学大纲的要求。因此,在使用本教材时,可根据各专业的具体情况在章节上有选择地进行取舍。

计算机原理一类的教材在国内已有不少,本书试图在下列几个方面具有一定的特色:

首先,本书强调计算机的基本概念和基础知识,对计算机的各大基本部件的组成原理、设计方法及相互关系都进行了详尽的描述。在讲授一般原理的同时,注意与实际应用相结合,以避免理论和实际脱节。书上多以国内外流行的机型为例,还介绍了一些常用的微处理器、接口、存储器和其它集成电路芯片。

其次,计算机技术的发展日新月异,作为一本专业基础课教材,不可能也没有必要处处体现先进技术,有时过于求新,反倒会使内容显得高深且难以理解,本书在阐述中注意由浅入深,循序渐进,在讲清基本原理的基础上,再提出先进技术和新的发展方向,以减少学习的难度。

第三,本书根据各章节内容的要求按横向方式组织课程实例,而不拘泥于某一种具体的机型,以减少局限性,扩大读者的视野和适应面。考虑到目前国内的实际情况,实例以微、小型机为主。

第四,目前 CPU 已做成一个小小的芯片,如果要讨论一台具体机器的控制器将是很困难的。在本书中介绍了一个仅有十几条指令的模型机,为了突出重点还适当地简化了若干细节,试图通过解剖这样一个小小的“麻雀”来介绍组合逻辑控制器和微程序控制器的设计方法。

总之,本书力求做到内容全面,概念清楚,通俗易懂,并注意到实用性和先进性。

北京航空航天大学的葛本修教授对本书的全部书稿进行了认真、细致的审阅,并提出了许多宝贵和重要的修改意见,在此表示诚挚的感谢!

由于本人水平有限,加上时间仓促,书中难免出现错误和不妥之处,欢迎同行和广大读者批评指正。

编著者

1993 年 3 月

修订版前言

《电子计算机组成原理》一书写于 1992 年,1993 年 9 月由北京理工大学出版社正式出版。在短短的一年多时间里,先后三次印刷,印数达 15000 余册。

随着计算机技术的飞速发展,需要对教学内容不断地进行更新和补充;另外,本书通过近六年的实际使用,也暴露出一些需要修改和完善的问题。因此,提出了本书的修订计划。

这次修订保留了原书的体系结构,全书仍分为十一章,章节的次序也没有变动,但对原书各章节的内容全部进行了重写和调整,充实和增加了许多新的内容和实例,以适应计算机技术发展的需要。同时也删除了部分较为陈旧的内容和超出教学大纲的章节,使本书的结构更加合理,内容更加丰富。

考虑到计算机组织和结构的完整性和本书的使用对象的多种情况,本书的内容较目前“计算机组成原理”课程的教学时数要求偏多,有些内容可能已在先导课程或将在后继课程中进行讨论,因此,在使用本教材时,应根据本专业的实际情况加以取舍。

为了更便于自学者使用,修订之后的本书在概念的描述上更注意由浅入深,尽可能通俗,同时增加了实例,以帮助读者理解。

本书还增加了习题的数量,为读者提供更多的练习机会。

这次修订的书稿再次由北京航空航天大学计算机系的葛本修教授评审,葛教授对全部书稿进行了认真、细致的审阅,提出了具体、详细的修改意见,在此表示深深的谢意!

虽然经过认真地修订,难免还会出现不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

编著者

1999 年 3 月

目 录

第一章 概论

§ 1 电子数字计算机与存储程序控制	(1)
一、电子数字计算机	(1)
二、存储程序的概念	(2)
三、计算机的简单框图	(2)
§ 2 计算机的类型和应用	(3)
一、计算机的类型	(3)
二、计算机的应用	(4)
三、系列机的概念	(5)
§ 3 计算机系统的硬件组成	(6)
一、计算机的主要部件	(6)
二、计算机的总线结构(小、微型机的典型结构)	(7)
三、大、中型机的典型结构	(9)
§ 4 计算机系统的层次结构	(9)
一、硬件与软件	(9)
二、计算机软件的基本内容	(10)
三、计算机系统的多层次结构	(11)
§ 5 计算机的工作过程和主要性能指标	(12)
一、计算机的工作过程	(12)
二、计算机的主要性能指标	(12)
习题	(14)

第二章 计算机中数据信息的表示

§ 1 进位计数制	(15)
一、进位计数制的基本概念	(15)
二、计算机中常用的进位计数制	(15)
三、各种数制间的相互转换	(17)
§ 2 带符号数的表示	(19)
一、无符号数和带符号数	(19)
二、原码表示法	(20)
三、补码表示法	(21)
四、反码表示法	(24)
五、三种码制的比较与转换	(25)
§ 3 数的定点表示与浮点表示	(25)
一、定点表示法	(26)

二、浮点表示法	(27)
三、移码表示法	(29)
四、定点与浮点表示法的比较	(30)
五、浮点数尾数的基值	(31)
六、实用浮点数举例	(32)
§ 4 字符数据的表示	(33)
一、字符和字符串的表示方法	(33)
二、汉字的表示方法	(35)
§ 5 十进制数串的表示	(36)
一、二-十进制编码	(36)
二、十进制数串	(38)
§ 6 数据校验码	(40)
一、奇偶校验码	(40)
二、海明校验码	(41)
三、循环冗余校验码	(45)
习题	(47)

第三章 计算机中的逻辑部件

§ 1 组合逻辑电路	(50)
一、编码器	(50)
二、译码器	(51)
三、数字比较器	(54)
四、数据选择器与数据分配器	(55)
§ 2 时序逻辑电路	(57)
一、寄存器	(57)
二、计数器	(58)
§ 3 总线电路	(60)
一、集电极开路门和三态门	(60)
二、总线电路	(60)
§ 4 可编程逻辑器件 PLD	(61)
一、可编程器件	(61)
二、可编程只读存储器(PROM)	(62)
三、可编程逻辑阵列 PLA	(64)
四、可编程阵列逻辑(PAL)和通用阵列逻辑(GAL)	(66)
习题	(67)

第四章 指令系统

§ 1 指令格式	(68)
一、指令的长度	(68)
二、地址码结构	(69)
三、指令的操作码	(71)
§ 2 寻址技术	(74)
一、编址方式	(74)
二、基本寻址方式	(75)
三、变型或组合寻址方式	(79)
四、寻址方式举例	(81)
§ 3 堆栈与堆栈操作	(84)
一、堆栈结构	(84)
二、堆栈操作	(86)
§ 4 指令类型	(86)
一、数据传送类指令	(86)
二、运算类指令	(87)
三、程序控制类指令	(89)
四、输入/输出类指令	(90)
五、数据处理类	(91)
§ 5 指令系统的发展	(92)
一、对指令系统的基本要求	(92)
二、从复杂指令系统到精简指令系统	(93)
习题	(93)

第五章 运算方法和运算器

§ 1 定点加减运算	(96)
一、原码加减运算	(96)
二、补码加减运算	(97)
三、反码加减运算	(99)
§ 2 补码的溢出判断	(100)
§ 3 带符号数的移位运算和舍入操作	(102)
一、带符号数的移位运算	(102)
二、移位功能的实现	(102)
三、舍入操作	(103)
§ 4 基本运算的实现	(104)
一、加法器	(104)
二、进位的产生和传递	(105)
三、算术逻辑运算单元(ALU)举例	(109)
四、补码定点加减法的实现	(113)
§ 5 定点乘法运算	(113)
一、原码一位乘法	(113)
二、补码一位乘法	(115)

三、原码两位乘法	(118)
四、补码两位乘法	(120)
五、阵列乘法器	(122)
§ 6 定点除法运算	(122)
一、原码比较法和恢复余数法	(123)
二、原码不恢复余数法(原码加减交替法)	(125)
三、补码不恢复余数法(补码加减交替法)	(126)
§ 7 规格化浮点运算	(129)
一、浮点加减运算	(129)
二、浮点乘除运算	(131)
§ 8 十进制整数的加减运算	(132)
一、一位十进制加法运算和加法器	(132)
二、多位十进制加法	(134)
三、十进制减法运算	(135)
§ 9 逻辑运算及其实现	(136)
§ 10 运算器的基本组成与实例	(137)
一、运算器的基本组成	(137)
二、浮点运算器举例	(138)
习题	(140)

第六章 主存储器与存储体系

§ 1 存储器的基本概念	(142)
一、存储器分类	(142)
二、主存储器的主要技术指标	(143)
三、主存储器的存储单元和主存储器的基本结构	(145)
四、存储系统层次结构	(147)
§ 2 半导体随机存储器	(147)
一、基本存储电路	(147)
二、动态 RAM 的刷新	(150)
三、RAM 结构和地址译码方式	(152)
四、静态 RAM 芯片分析	(153)
五、动态 RAM 芯片分析	(155)
六、内存条	(157)
§ 3 半导体只读存储器	(158)
一、ROM 的特点和结构	(158)
二、EPROM 芯片分析	(160)
§ 4 半导体存储器的组成与控制	(162)
一、主存储器容量的扩展	(162)
二、存储芯片的地址分配和片选	(164)
三、主存储器和 CPU 的连接	(165)

四、主存的奇偶校验电路	(167)	§ 8 操作员控制台的功能	(219)
五、数据通路匹配和存储器接口	(168)	§ 9 典型 CPU 介绍	(220)
§ 5 提高存储器性能的技术	(171)	一、80386 微处理器	(220)
一、双端口存储器	(172)	二、Pentium 微处理器	(222)
二、并行主存储器	(172)	习题	(224)
三、高速缓冲存储器	(173)		
四、虚拟存储器	(177)		
习题	(179)		

第七章 CPU 组织

§ 1 控制器的基本概念	(182)	§ 1 数字磁记录原理	(227)
一、控制器的功能	(182)	一、磁表面存储原理	(227)
二、控制器的组成	(183)	二、磁表面存储器的读写原理	(228)
三、控制器的硬件实现方法	(184)	三、磁表面存储器的技术指标	(228)
§ 2 时序系统与控制方式	(185)	四、数字磁记录方式	(230)
一、时序系统	(185)	五、磁记录方式的性能特点	(232)
二、控制方式	(187)	六、编码和译码电路	(234)
§ 3 CPU 的总体结构	(188)	七、检纠错码	(235)
一、寄存器的设置	(188)	§ 2 硬盘存储器	(236)
二、指令执行的基本过程	(189)	一、硬盘的基本结构与分类	(236)
三、指令的微操作序列	(190)	二、硬盘的信息分布	(238)
§ 4 加速指令执行的方法	(192)	三、磁头定位系统	(239)
一、指令的预取	(192)	四、寻址过程	(239)
二、重叠控制	(193)	五、硬盘控制逻辑	(240)
三、先行控制原理	(194)	六、磁盘存储器参数的计算	(240)
四、流水控制方式	(194)	§ 3 软磁盘存储器	(241)
§ 5 微程序控制原理	(195)	一、软盘存储器概述	(241)
一、微程序控制的基本概念	(195)	二、磁道记录格式	(243)
二、微指令编码法	(197)	§ 4 磁带存储器	(244)
三、微程序控制器的组成和工作过程	(199)	一、磁带存储器概述	(244)
四、微程序入口地址的形成	(199)	二、磁带的记录格式	(245)
五、后继微地址的形成	(200)	三、磁带机的结构	(247)
六、微程序设计	(202)	四、磁带机的读/写工作原理	(248)
七、毫微程序设计	(202)	§ 5 光盘存储器	(249)
八、微指令的执行方式	(203)	一、光盘存储器的类型	(249)
九、微程序设计技术的应用	(204)	二、光盘存储器的组成及读写原理	(250)
§ 6 组合逻辑控制器的设计	(205)	三、光盘存储器与其它辅助存储器的比较	(251)
一、模型机的总体结构	(206)	习题	(251)
二、组合逻辑控制器的设计步骤	(208)		
三、模型机的组合逻辑控制器设计	(209)		
§ 7 微程序控制器设计	(214)		
一、微程序控制器的设计步骤	(214)		
二、模型机的微程序设计	(215)		

第八章 辅助存储器

第九章 输入/输出设备

二、键盘的类型	(255)	七、多重中断与中断屏蔽	(301)
三、非编码键盘的工作原理	(257)	八、中断全过程	(303)
四、智能键盘	(259)	§ 4 中断传送方式及其接口	(304)
§ 3 其它输入设备	(260)	一、中断方式接口结构	(304)
一、鼠标器	(260)	二、中断控制器 8259	(305)
二、条码扫描器	(261)	三、8086 的中断系统	(306)
§ 4 印字输出设备	(261)	§ 5 DMA 方式及其接口	(310)
一、印字输出设备的分类	(261)	一、DMA 方式的基本概念	(310)
二、点阵针式打印机	(262)	二、DMA 接口	(311)
三、鼓式宽行打印机	(266)	三、DMA 传送	(312)
四、非击打式印字技术	(268)	四、DMA 控制器 8237 的基本结构	(314)
§ 5 显示设备	(270)	五、8237 的工作方式	(316)
一、显示器概述	(270)	六、IBM PC/XT 中的 DMA 控制逻辑	(317)
二、CRT 显示器	(271)	§ 6 通道控制方式	(318)
三、屏幕显示与视频存储器	(272)	一、通道的基本概念	(318)
四、字符显示器的工作原理	(273)	二、通道的类型与结构	(319)
五、图形显示器的工作原理	(276)	三、通道程序	(321)
六、IBM PC 系列微型机的显示系统	(277)	四、通道的工作过程	(324)
§ 6 汉字处理设备	(278)	§ 7 输入/输出处理机	(325)
一、汉字的编码与输入	(278)	一、输入/输出处理器 8089	(325)
二、汉字输入设备	(280)	二、IOP 与 CPU 之间的通信	(326)
三、汉字的存储	(281)	三、8089 与系统的连接	(327)
四、汉字的输出	(281)	§ 8 总线技术	(328)
五、汉字处理系统	(282)	一、总线通信控制	(328)
习题	(283)	二、总线管理	(329)
		三、总线的类型	(331)
		四、总线标准	(331)

第十章 输入/输出系统

§ 1 主机与外设的连接	(285)	§ 9 典型可编程接口芯片介绍	(335)
一、主机和外设的连接方式	(285)	一、可编程并行接口 8255A	(335)
二、输入/输出接口	(285)	二、可编程串行接口 8251A	(337)
三、接口的功能和基本组成	(286)	三、可编程计数器/定时器 8254	(341)
四、外设的识别	(288)	习题	(344)
五、输入/输出信息传送控制方式	(289)		
§ 2 程序查询方式及其接口	(290)		
一、程序查询方式	(290)		
二、程序查询方式接口	(291)		
§ 3 中断系统	(293)		
一、中断的基本概念	(293)		
二、中断请求的提出和传送	(295)		
三、中断优先级与判优方法	(296)		
四、中断响应	(297)		
五、进入中断服务程序	(298)		
六、中断现场的保护和恢复	(299)		

第十一章 计算机系统的发展

§ 1. 精简指令系统计算机 RISC	(346)
一、RISC 的特点和优势	(346)
二、RISC 的指令系统	(347)
三、RISC 的硬件组成	(348)
四、RISC 技术的发展	(350)
§ 2 高档微型计算机工作站系统	(351)
一、工作站的基本概念	(351)
二、工作站的组成	(353)
三、工作站的显示器	(353)

第一章 概论

在本章中我们将从存储程序的概念入手,讨论电子数字计算机的基本组成与工作原理,使读者对于计算机系统先有一个简单的整体概念,为今后深入讨论各个部件打下基础。

§ 1 电子数字计算机与存储程序控制

一、电子数字计算机

人类在长期的生产实践中,创造了各式各样的工具,其中有一类工具能代替并扩展人的大脑功能,这就是各种计算工具。我国古代就开始使用的算盘、17 世纪欧美相继出现的计算尺、手摇计算机和电动计算机等就是这样一类工具。随着科学技术的不断发展,计算工具也在不断地发展,直至 20 世纪中叶电子计算机应运而生了。

电子计算机是一种不需要人工直接干预,能够自动、高速、准确地对各种信息进行高速处理和存储的电子设备。电子计算机从总体上来说可以分为两大类:电子模拟计算机和电子数字计算机。电子模拟计算机中处理的信息是连续变化的物理量,运算的过程也是连续的。而电子数字计算机中处理的信息是在时间上离散的数字量,运算的过程是不连续的。例如,在电子数字计算机中往往用输出信号电平的高低或脉冲的有无来表示数值的“1”或“0”,这样我们就可以用一串彼此在时间上离散的脉冲来表示一个数值,这些脉冲的不同组合就能够表示多个大小不同的数值。

世界上第一台电子数字计算机是 1946 年 2 月问世的 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer),它是在美国陆军部的主持下,由美国宾夕法尼亚大学设计研制出来的。ENIAC 是一个庞然大物,它共用了 18000 多个电子管、6000 多个继电器,占地面积 170 平方米,其运算速度为 5000 次/秒左右。如果从今天的视角去观察 ENIAC,它的性能并不好,但是在科学发展史上它却是一个重要的里程碑,奠定了电子数字计算机的基础。从第一台电子计算机诞生至今的五十余年时间里,计算机科学与技术一直在飞速的发展着,它的发展速度是世界上任何其他学科所无法比拟的。通常,我们根据组成计算机的电子器件,把电子计算机分为四个发展阶段,习惯上称为四代。有关计算机的发展史已在《计算机基础》课程中进行了较详细的讨论,在此不再赘述。现在正在研制第五代(或称新一代)计算机,新一代计算机将是具有智能的知识信息处理系统,它能识别自然语言、图形和图像,能积累知识、总结经验,具有再学习的能力。

电子数字计算机能自动、高速、精确地完成各种各样的信息存储、数值计算、过程控制和数据处理等方面的任务,已成为信息处理装置的主流,所以,我们通常所说的计算机就是指电子数字计算机。本书所讨论的对象也只是电子数字计算机,因而,在以后的论述中所涉及到的计算机一词,均是指电子数字计算机。

二、存储程序的概念

第一台计算机 ENIAC 有一个很大的缺点,即它的存储容量极小,只能存 20 个字长为 10 位的十进制数,所以只能用线路连接的方法来编排程序,每次解题都要依靠人工来改变接线,准备时间大大超过了实际计算时间。

在研制 ENIAC 的同时,以美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John Von Neumann)为首的研制小组提出了“存储程序控制”的计算机结构,并开始了存储程序控制的计算机 EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)的研制。由于种种原因,EDVAC 直到 1951 年才问世。而吸收了冯·诺依曼的设计思想,由英国剑桥大学的威尔克斯(M. V. Wilkes)研制的 EDSAC(Electronic Delay Storage Automatic Calculator)则先于它两年诞生,成为事实上的第一台存储程序的计算机。

存储程序的概念是冯·诺依曼等人 1946 年 6 月在一篇题为“电子计算机装置逻辑结构初探”的报告中首先提出来的,这个报告的内容可以简要地概括为以下几点:

①计算机(指硬件)应由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大基本部件组成;

②计算机内部采用二进制来表示指令和数据;

③将编好的程序和原始数据事先存入存储器中,然后再启动计算机工作,使计算机在不需要人工干预的情况下,自动、高速地从存储器中取出指令加以执行,这就是存储程序的基本含义。

冯·诺依曼对计算机界的最大贡献在于“存储程序控制”概念的提出和实现。五十年来,虽然计算机的发展是惊人的,但就其结构原理来说,目前绝大多数计算机仍是建立在存储程序概念的基础上,按照这个基本原理建立起来的计算机统称为冯·诺依曼型计算机。当然,现代计算机与早期的计算机相比在结构上还是有许多改进的。

随着计算机技术的不断发展,也暴露出了冯·诺依曼型计算机的一些缺点。目前已出现了一些突破冯·诺依曼结构的计算机,统称非冯结构计算机,如:数据驱动的数据流计算机、需求驱动的归约计算机和模式匹配驱动的智能计算机等。本书讨论的范围限于冯·诺依曼结构计算机的组成,有关非冯结构的计算机将在后继的课程中进行讨论。

三、计算机的简单框图

原始的冯·诺依曼计算机在结构上是以运算器为中心的。演变到现在,已转向以存储器为中心了,图 1-1 为计算机最基本的组成框图。

通常将运算器和控制器合称为中央处理器 CPU(Central Processing Unit)。在由超大规模集成电路构成的微型计算机中,往往将 CPU 制成一块芯片。中央处理器和主存储器一起组成主机部分,除去主机以外的硬件装置(如输入设备、输出设备、外存储器等)称为外围设备或外部设备。

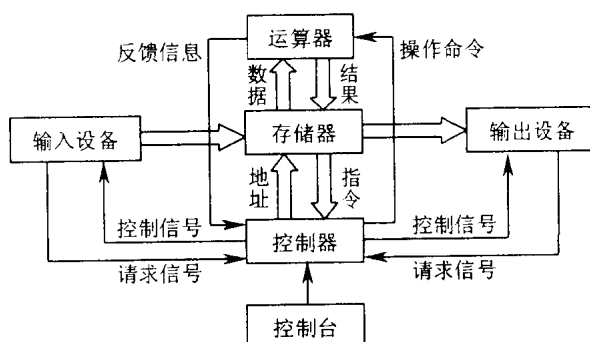


图 1-1 计算机的简单框图

§ 2 计算机的类型和应用

一、计算机的类型

计算机按用途可分为专用计算机和通用计算机。专用和通用是根据计算机的效率、速度、价格、运行的经济性和适应性来划分的。专用计算机是最有效、最经济、最快速的计算机,但是它的功能单一,适应性很差。通用计算机功能齐全,适应性很强,但是牺牲了效率、速度和经济性。现在一般意义上讲的计算机都是指通用计算机。

通用计算机又可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机等,它们的主要区别在于运算速度、输入/输出能力、数据存储容量、指令系统规模和机器价格等。

1. 巨型机

巨型计算机是指运算速度快、存储容量大的高性能计算机,其运算速度通常可达每秒一亿次以上。如80年代初推出的Cray-X-MP机,它的向量运算速度高达每秒4亿次,是针对天气预报、飞行器设计和核物理研究中大量的向量运算而设计的。

80年代末,随着超大规模集成电路技术的发展及人们在并行算法上取得的突破,出现了新一类巨型机,称为大规模并行处理机(Massively Parallel Processors),它是用大量的微处理器互连而成的,在速度上有非凡的优势,其最高速度已达到32GFLOPS(320亿次浮点运算/s)。

巨型机结构复杂、价格昂贵,主要应用于尖端的科学计算和现代化军事领域中,它是一个国家计算机技术水平的重要标志。

2. 大型机

大型机是针对那些要求计算量大、信息流量大、通信能力高的用户设计的。一般大型机的运算速度为每秒100万次至数千万次,它有比较完善的指令系统,丰富的外部设备和功能强大的软件系统,如IBM303X、IBM4300系列机。

3. 中型机

中型机的规模介于大型机和小型机之间。

4. 小型机

小型机规模小、结构简单、成本低,而且操作简便、容易维护,因而得以迅速推广,在60~70年代曾掀起了一个计算机普及应用的浪潮。DEC公司的PDP-11系列机和VAX-11、DG公司的NOVA系列机都是典型的机种。

小型机既可以用于科学计算和数据处理,又可以用于生产过程的自动控制和数据采集及分析处理。

5. 微型机

由微处理器、半导体存储器和输入/输出接口组成的微型计算机的出现和发展,又一次掀起了计算机大普及的浪潮。微型机比小型机体积更小、价格更低廉,并且通用性强、灵活性好、可靠性高、使用方便。自从1971年利用四位微处理器芯片Intel 4004组成的第一台微型计算机MCS-4问世以来,在20多年的时间里,随着微处理器的不断发展,微型计算机也得到了非常迅速的发展。典型的8位微处理器有Intel公司的8080、Motorola公司的6800、Zolig公司的Z-80等;16位的微处理器有Intel公司的8086、Motorola公司的68000、Zolig公司的Z-8000

等;32 位的微处理器有 Intel 80386 和 Motorola 的 68020 等;目前的微处理器的外部数据总线已达 64 位,典型的有 Intel 公司的 Pentium、Pentium Pro 和 Pentium - II 等。由于高档的微处理器采用了过去大、中型计算机所采用的技术,因此用它构成的微型机系统的性能可以达到 70 ~ 80 年代大、中型计算机的水平。所以,“微机”这一概念并不是仅指微小的机器,而是指计算机的微型化。

70 年代后期,个人计算机(一种独立的微型机系统)问世,最早出现的是 Apple 机,1981 年 IBM 公司推出了 IBM PC 机,后来又推出了扩充性能的 IBM PC/XT、IBM PC/AT,以及现在的奔腾机。由于 IBM PC 系列机设计先进、功能齐全、软件丰富、价格便宜等原因很快占领了微型机的市场,为计算机渗透到各行各业,进入办公室和千家万户打开了方便之门。

工作站 WS(Work Station)是一种微型化的、功能强大的计算机系统,自 70 年代后期开始问世。由于它具有性能优越、价格便宜、适用范围广、使用方便等优点,受到广大用户的欢迎。工作站的应用领域十分广阔,特别适于 CAD/CAM 和办公自动化等方面。目前工作站的最大生产厂家是 SUN 公司,它的典型产品是 SUN - 3、SUN - 4 等。

随着超大规模集成电路技术的发展,目前微型机及工作站、小型机以至大型机之间的界线已经越来越模糊了。1989 年,电气与电子工程师协会 IEEE(Institute of Electronic and Electronic Engineers)的科学巨型机委员会对计算机的分类提出了新的报告。根据该报告,计算机将被分成六种类型:①个人计算机(Personal Computer,简称 PC);②工作站(Work Station,简称 WS);③小型计算机(minicomputer);④主机(mainframe);⑤小巨型机(minisupercomputer);⑥巨型计算机(supercomputer)。

二、计算机的应用

计算机的出现是 20 世纪科学技术的卓越成就之一,它的诞生导致了一场伟大的技术革命。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,主要应用有以下几个方面。

1. 科学计算

科学计算(数值计算)是计算机应用最早和最广泛的领域。在科学技术和工程设计中,存在着大量的数值计算问题,数值计算的特点是数据量并不很大,但计算工作量很大,而且很复杂。利用计算机进行数值计算,可以节省大量的时间、人力和物力。

有些科技问题,计算的工作量实在太太大,以至于人工根本无法计算。例如:著名的“四色定理”问题,从 19 世纪中叶提出来之后长期得不到精确的证明,直至 1976 年科学家们使用 IBM 370 系列的高档机计算了 1200 个小时,才终于获得证明。如果用人工计算,即使一个人日夜不停地计算,也需要十几万年。

还有一类问题是人工计算太慢,算出来也失去了实际意义。例如:大范围地区的天气预报,对军事、农业、航空、航海等都有指导性的现实意义,它的计算量很大,时效性极高,采用高速计算机计算,不到十分钟就能得到结果。若用人工计算,就得几个星期,这时“预报”已毫无意义了。

另外,有些问题用人工计算很难选出最佳方案。现代工程设计往往投资大、周期长,因此设计方案的选择非常关键。为了选择一个理想的方案,往往需要详细计算几十个甚至上百个方案,从中选优,只有使用计算机才可能做到这一点。

2. 数据处理

人类在科学研究、生产实践、经济活动和日常生活中获得了大量信息,为了更全面、深入、精确地认识和掌握这些信息所反映的问题,需要对大量信息进行分析加工,这就是数据处理的课题。数据处理的任务,就是对数据信息进行收集、分类、排序、计算、传送、存储以及打印输出报表或各种所需的图形等。数据处理一般不涉及复杂的数学问题,但要处理的原始数据量大,有大量的逻辑运算与判断,输入/输出量也很大。

数据处理在计算机的应用中占有最大的比例,如图书资料情报检索、企业管理、银行管理、航空及铁路客票预订、军事上的防空系统管理等等。伴随着社会的信息化,计算机数据处理还在不断地扩大使用范围,将渗透到国民经济的各个方面。

3. 过程控制

利用计算机在生产过程、科学实验过程以及其他过程中,及时地收集、检测数据,并由计算机按照某种标准或最佳值进行自动调节和控制,这就是过程控制。

计算机广泛地应用于工业生产中,不仅可节省大量的人力和物力,而且还提高了产品的数量和质量。计算机同时也广泛地应用于宇航和军事领域,如导弹、人造卫星、宇宙飞船等飞行器的控制部分都少不了计算机,现代化的武器系统也离不开计算机的控制。

用于过程控制的计算机,一般都是实时控制,这类计算机的速度并不要求太快,但可靠性要求很高。

4. 计算机辅助设计与制造

CAD/CAM 是近年来迅速发展的重要应用领域,它广泛应用于航空、造船、建筑工程设计、微电子设计等各个方面。如在超大规模集成电路的设计和生产过程中,要经过多道复杂的工序,采用 CAD/CAM 可大大缩短新产品的设计和生产周期。

计算机辅助设计的另一项重要内容是使用已有的计算机辅助设计出新的计算机,达到设计自动化或半自动化程度,减轻人的劳动并提高设计质量。

5. 人工智能

人工智能是将人脑进行演绎推理的思维过程、规则和采取的策略、技巧等编成程序。在计算机中存储一些公理和推理规则,然后让机器去自动探索解题的方法。人工智能的研究领域包括:模式识别、景物分析、自然语言理解和生成、博弈、专家系统、机器人等。当前人工智能的研究已取得了一些成果,如自动翻译、战术研究、指纹鉴定、密码分析、医疗诊断等,但距离建立真正的智能程序还相差甚远。

三、系列机的概念

计算机技术是飞速发展的技术,随着元器件、硬件技术和工业生产能力的迅猛发展,新的高性能的计算机不断地被研制和生产出来,但是一个现实的问题也随之而来:当老机型被淘汰、更换时,大量积累的在老机型上开发的软件能否继续使用呢?我们知道,软件编制的工作量是很惊人的,往往需要几百、几千人年,耗费巨大的人力和物力。在计算机使用过程中积累的丰富软件是大批程序设计者辛勤劳动的结晶,不能也不应当随意抛弃,只能继承。

1964 年当 IBM 360 问世以后,出现了一种很重要的设计思想——软件兼容性的设计思想,即系列机概念。这种思想的核心是先设计好一种计算机的系统结构,然后软件设计者设计软件,硬件设计者根据元器件状况、硬件技术、机器速度和加工要求而设计各种不同档次的机

器。这样新机型就能支持同一厂家在老机型上开发的软件,这就是软件兼容。系列机的软件兼容分为向上兼容、向下兼容、向前兼容和向后兼容四种。向上兼容指的是按某档次机器编制的程序,不加修改就能运行在比它更高档的机器上;向下兼容指的是按某档次机器编制的程序,不加修改就能运行在比它更低档的机器上;向前兼容是指按某个时期投入市场的某种型号机器编制的程序,不加修改就能运行于在它之前投入市场的机器;向后兼容是指按某个时期投入市场的某种型号机器编制的程序,不加修改就能运行于在它之后投入市场的机器。对系列机的软件向下和向前兼容可以不作要求,但一般都可以做到向上和向后兼容。

系列机中的各档次机器具有相同的系统结构,这里的相同是指在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、控制方式和输入/输出操作方式等六个方面保持统一,从而保证了软件的兼容。

从指令系统上看,高档机的指令系统都把低档机的指令系统包括在内,即低档机的指令系统是高档机指令系统的一个子集。如:IBM 303X、IBM 4300 系列都与 IBM 360/370 兼容;Intel 80386、80486 都与 8086 兼容等。

我们把不同厂家生产的具有相同系统结构的计算机称为兼容机,它的思想与系列机是一致的。如目前大量出现的 IBM PC 的兼容机,就能与原装机在软件上实现兼容。兼容机还可以对原有的系统结构进行某种扩充,使之具有更强的功能。

§ 3 计算机系统的硬件组成

一、计算机的主要部件

1. 输入设备

输入设备的任务是把人们编好的程序和原始数据送到计算机中去,并且将它们转换成计算机内部所能识别和接受的信息方式。

按输入信息的形态分,主要有字符(包括汉字)输入设备、图形输入设备和语音输入设备,目前用得最多的还是字符输入设备,如键盘、光电输入机或卡片输入机等。外存储器(磁盘、磁带)也可以看作输入设备。另外,自动控制 and 检测系统中使用的模/数(A/D)转换装置也是一种输入设备。

2. 输出设备

输出设备的任务是将计算机的处理结果以人或设备所能接受的形式送出计算机。

目前最常用的输出设备是显示器和打印机。外存储器也可以看作输出设备。另外,数/模(D/A)转换装置也是一种输出设备。

3. 存储器

存储器是用来存放程序和数据的部件,它是一个记忆装置,也是计算机能够实现“存储程序控制”的基础。

在计算机系统中,规模较大的存储器往往分成若干级,称为存储系统。图 1-2 所示的是常见的三级存储系统。主存储器(内存储器)可由 CPU 直接访问,存取速度快但容量较小,一般用来存放当前正在执行的程序和数据。辅助存储器(外存储器)设置主机外部,它的存储容量大,价格较低,但存取速度较慢,一般用来存放暂时不参与运行的程序和数据,这些程序和

数据在需要时可传送到主存,因此它是主存的补充和后援。当 CPU 速度很高时,为了使访问存储器的速度能与 CPU 的速度相匹配,又在主存和 CPU 间增设了一级高速缓冲存储器(Cache),Cache 的存取速度比主存更快,但容量更小,用来存放当前正在执行的程序中的活跃部分,以便快速地向 CPU 提供即将执行的指令和数据。

主存是由若干个存储单元组成的,每个单元可存放一串若干位的二进制信息。全部存储单元统一编号,称为存储单元的地址。在这里,我们要注意把存储单元的地址和存储单元里存放的内容(数据和指令)区分开。

4. 运算器

运算器是对信息进行处理和运算的部件,经常进行的运算是算术运算和逻辑运算,因此运算器的核心是算术逻辑运算部件(Arithmetic and Logical Unit),简称 ALU。运算器中还有若干个寄存器,它们用来暂存操作数,寄存器的存取速度比存储器的存取速度快得多。

5. 控制器

控制器是整个计算机的指挥中心,它的主要功能是按照人们预先确定的操作步骤,控制整机各部件有条不紊地自动工作。

控制器从主存中逐条地取出指令进行分析,根据指令的不同来安排操作顺序,向各部件发出相应的操作信号,控制它们执行指令所规定的任务。

控制器中主要包括时序控制信号形成部件和一些专用的寄存器。

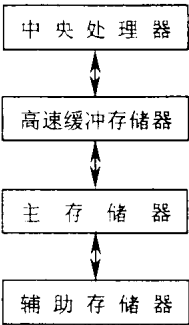


图 1-2 三级存储系统

二、计算机的总线结构(小、微型机的典型结构)

将前述的五大基本部件,按某种方式连接起来就构成了计算机的硬件系统。在五大基本部件之间,有着大量的信息需要交换、传送,例如:程序和数据要经过输入设备送入存储器;CPU 要发送存储单元地址和读命令,以便从存储器中读取指令和数据;存储器要把数据传送给运算器去加工、处理;指令执行的结果又可能要返回来写入存储器;全部程序的最后执行结果由存储器传送到输出设备等等。早期的计算机往往是在各个部件间直接地传送,数据通路结构复杂而凌乱,控制很不方便,且没有多少扩充的余地,故这种方式现在已很少采用。目前许多计算机的各基本部件之间是用总线(BUS)连接起来的。所谓总线是一组能为多个部件服务的公共信息传送线路,它能分时地发送与接收各部件的信息。

计算机中采用总线结构,可以大大减少信息传送线的数目,又可以提高计算机扩充内存及外部设备的灵活性,下面介绍几种典型的总线结构。

1. 以 CPU 为中心的双总线结构

图 1-3 是以 CPU 为中心的双总线结构。一组总线是 CPU 与主存储器之间的信息交换通路,称为存储总线,另一组是 CPU 和 I/O 设备(外设)之间的信息交换通路,称为 I/O 总线。

这种结构的优点是比较简单,但由于外设与主存间的信息交换必须通过 CPU 来进行,这使得本来可以高速工作的 CPU 要花费大量的时间来进行信息交换,因而降低了 CPU 的工作效率。

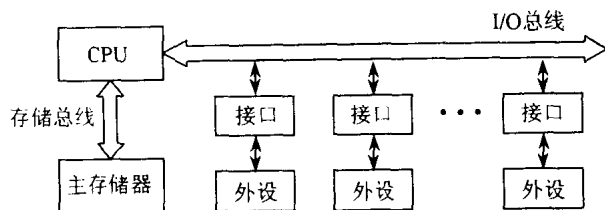


图 1-3 以 CPU 为中心的双总线结构

2. 单总线结构

这种结构把各大部件都连接在单一的一组总线上,所有各部件间的信息交换都经过单总线,故将这个单总线称为系统总线,如图 1-4 所示。CPU 与主存、CPU 与外设之间可以直接进行信息交换,主存与外设、外设与外设之间也可以直接进行信息交换,而不需经过 CPU 的干预。

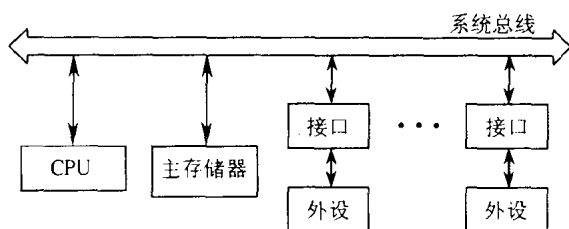


图 1-4 单总线结构

这种结构提高了 CPU 的工作效率,而且外设连接灵活,易于扩充。但由于所有部件都挂在同一组总线上,而总线又只能分时的工作,故同一时刻只允许一对设备(或部件)间传送信息,这使信息传送的吞吐率受到了限制。此外,单总线控制逻辑也比专用存储控制逻辑要复杂一些。单总线结构广泛应用于速度不是很高的小型 and 微型机系统中。

3. 面向存储器的双总线结构

图 1-5 为面向存储器的双总线结构,这种结构保持了单总线结构的优点,又在 CPU 和主存之间专门设置了一组存储总线。这是因为 CPU 和主存之间需要频繁地交换信息,采用专用的存储总线后,存取速度将大大提高,同时也减轻了系统总线的负担,但是硬件的代价随之有所增加。

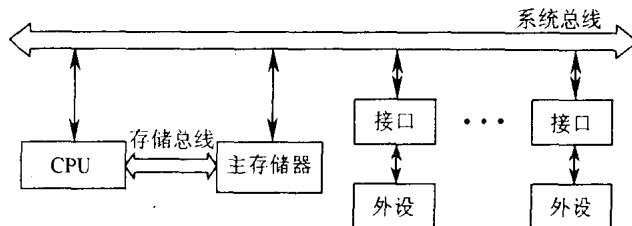


图 1-5 面向存储器的双总线结构