

21世纪高等教育计算机规划教材

COMPUTER

计算机组成与结构

Computer Organization and
Architecture

罗福强 主编

- 立足于主流的计算机系统结构，把原理讲透，避免面面俱到
- 强调系统级的整机概念，突出新技术、新产品
- 强调技术向应用的转化，突出计算机各功能部件设计与实现



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21世纪高等教育计算机规划教材

COMPUTER

计算机组成与结构

Computer Organization and
Architecture

■ 罗福强 主编



人民邮电出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成与结构 / 罗福强主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2014.1
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-33484-8

I. ①计… II. ①罗… III. ①计算机体系结构—高等学校—教材 IV. ①TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第282187号

内 容 提 要

本书以当前主流微机技术为背景,全面介绍了计算机各功能子系统的逻辑结构、组成和工作机制。本书分为10章。第1章概述了计算机的基本概念和计算机系统结构、组成与实现的关系,分析了影响系统结构设计的主要因素;第2章以定点加、减、乘、除、移位运算逻辑以及溢出判断逻辑为重点,深入讨论运算器的设计与组织方法;第3章介绍了指令系统及其设计方法;第4章介绍了组合逻辑控制器和微程序控制器的组成和工作原理,揭示了指令的执行流程;第5章着重讨论了主存储器的设计方法;第6章介绍了存储系统的结构,重点讨论了并行存储器、Cache、虚拟存储器和磁盘存储器的组成结构和工作原理;第7章介绍了系统总线及其设计方法;第8章主要介绍了I/O接口的两种工作方式——中断方式和DMA方式,讨论了I/O接口的组成结构与实现方法;第9章着重讨论了流水线技术的相关概念及实现思路,同时介绍了向量流水处理机、超标量和超流水处理机的结构和特点;第10章介绍了阵列处理机和多处理机系统的结构和特点。

本书不仅描述计算机的组成与结构原理,强调系统级的整机概念,还突出硬件产品的观念,强化硬件设计和应用。本书语言文字叙述简洁流畅,没有晦涩的术语,力求将艰深的理论问题描述得更加通俗易懂。与大多数同类教材不同,本书力争把新技术融入其中,让每一个阅读本书的人都会有所收获。

本书可作为大专院校计算机类、自动化控制类、电子技术类相关专业学生的教材,也可作为从事计算机专业的工程技术人员的参考书。

◆ 主 编 罗福强
责任编辑 刘 博
责任印制 彭志环 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.75 2014年1月第1版
字数: 494千字 2014年1月北京第1次印刷

定价: 39.80元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

前言

传统有关计算机硬件原理的课程包括《计算机组成原理》、《微型计算机原理》、《计算机系统结构》等, 这些课程通常是计算机类、自动化控制类、电子技术类相关专业的必修课程。目前市面上相关教材有很多, 通常是为传统的本科生编写同时兼顾考研的需要, 因此理论普遍比较艰深、难度比较大、内容比较多且比较陈旧, 不太适合应用类高等院校的使用。此外, 由于计算机技术的快速发展, 计算机应用方向越分越细, 出于教革和就业的需要, 教学更多地投向了应用方向课程。有关基础理论课程(特别是硬件理论课程)与应用方向课程的教学取舍问题, 是令当今国内很多教学单位头痛的问题。我们的观点是, 既保证学生掌握必不可少的基础理论, 又要保证学生通过教学能获得一技之长。为此, 本书的编写目标是融合《计算机组成原理》、《微型计算机原理》、《计算机系统结构》的主要内容, 为应用类高等院校的学生尽全力打造一本全新的《计算机组成与结构》。

本书以当前主流微机技术为背景,全面介绍了计算机各功能子系统的逻辑结构、组成和工作机制。全书分为10章。第1章概述了计算机的基本概念和计算机系统结构、组成与实现的关系,分析了影响系统结构设计的主要因素;第2章以定点加、减、乘、除、移位运算逻辑以及溢出判断逻辑为重点,深入讨论运算器的设计与组织方法;第3章以Intel 80×86指令集为蓝本全面介绍了指令系统及其设计方法;第4章以单总线结构为蓝本讨论了控制器的时序控制和信息传送控制原理,揭示了指令的执行流程,阐述了组合逻辑控制器和微程序控制器的组成和工作原理,介绍了Intel CPU内部结构与组成的发展和变迁;第5章着重讨论了主存储器的设计方法;第6章介绍了存储系统的结构,重点讨论了并行存储器、Cache、虚拟存储器和磁盘存储器的组成结构和工作原理;第7章介绍了系统总线及其设计方法;第8章主要介绍了I/O接口的两种工作方式——中断方式和DMA方式,讨论了I/O接口的组成结构与实现方法;第9章着重讨论了流水线技术的相关概念及实现思路,同时介绍了向量流水处理机、超标量和超流水处理机的结构和特点;第10章介绍了阵列处理机和多处理机系统的结构和特点。

本书不仅描述了计算机的组成与结构,强调系统级的整机概念,还突出硬件产品的观念,强化硬件设计和应用。本书语言文字叙述简洁流畅,没有晦涩的术语,力求将艰深的理论问题描述得更加通俗易懂。与大多数同类教材不同,本书力争把新技术融入其中,让每一个阅读本书的人都会有所收获。

本书在编写时秉持以下基本编写思想: (1) 符合认识规律, 由浅入深, 循序渐进, 按教学实际计划学时为 60 课时; (2) 符合应用类高等院校学生实际, 立足于主流的计算机系统结构, 把相关原理和概念讲清楚、讲透彻, 避免面面俱到, 针对比较复杂的技术原理点到为止; (3) 立足于当今计算机发展的现实, 淘汰传统教材中已过时的技术和原理, 举例时体现新技术和新产品; (4) 教学内容注意承前启后,

合理规划《计算机导论》、《计算机组成原理与结构》、《操作系统》等课程的内容,避免大量重复,浪费教学资源;(5)全书习题以标准化的客观题(单选题和判断题)为主,以少量的主观题(阐述题、设计题)为辅。

因此,与同类教材相比,本书具有以下鲜明的特色:(1)知识结构完整,全面介绍了计算机各硬件部件的逻辑结构、组成及工作原理;(2)根据循序渐进的认识规律进行内容设计,融传统的《计算机组成原理》、《微型计算机原理》、《计算机系统结构》为一体,避免重复教学,更加节约教学资源;(3)强调系统级的整机概念,突出新技术、新产品的发展与变革;(4)强调技术向应用的转化,突出计算机各功能部件的设计与实现方法;(5)语言文字叙述简洁流畅,没有晦涩的术语,力求将很深的理论问题描述得更加通俗易懂。

总之,本书力争把新技术融入其中,让每一个阅读本书的人都会有所收获。本书可作为大专院校计算机类、自动化控制类、电子技术类相关专业学生的教材,也可作为从事计算机专业的工程技术人员参考书。

本书于2011年立项并于同年入选四川省质量工程项目。本书还获电子科技大学成都学院教材建设项目资助。本书由罗福强主编,参与本书编写工作的还有冯裕忠、茹鹏和王光斌等老师。其中,冯裕忠老师编写了第5章、第6章,茹鹏老师编写了第2章、第7章,王光斌老师编写了第9章、第10章。罗福强老师编写了第1章、第3章、第4章、第8章,并负责全书统稿、修改和审校工作。本书在立项、编写过程中得到电子科技大学成都学院领导的大力支持和指导,白忠建主任提供了坚强的组织保障,武志学主任对本书提出了宝贵建议,在此特别表示感谢。

由于时间仓促,作者视角有限,书中难免有不妥之处,作者殷切地期望读者朋友能提供中肯的意见,以帮助修改其中的不足,把更好的图书呈现给大家!

联系方式:LFQ501@SOHU.COM。

编 者

2013年10月18日

目 录

第 1 章 计算机系统概述	1	2.3 定点数乘、除法运算	39
1.1 计算机系统的组成及其层次结构	1	2.3.1 原码一位乘法	39
1.1.1 计算机系统的基本组成	1	2.3.2 补码一位乘法	41
1.1.2 计算机的硬件系统	2	2.3.3 原码一位除法	42
1.1.3 计算机的软件系统	7	2.3.4 补码一位除法	45
1.1.4 计算机系统的层次结构	9	2.4 浮点运算介绍	47
1.1.5 计算机系统的性能指标	10	2.4.1 浮点数加减法	47
1.2 计算机系统结构、组成与实现	12	2.4.2 浮点数乘法	48
1.2.1 计算机的系统结构、组成与实现 的定义与内涵	12	2.5 运算器的组成与结构	49
1.2.2 计算机的系统结构、组成与实现 三者的相互影响	13	2.5.1 加法器	49
1.3 计算机系统结构设计	14	2.5.2 算术逻辑单元	52
1.3.1 计算机系统的设计思路	14	2.5.3 定点运算器	53
1.3.2 软硬件取舍的基本原则	15	2.5.4 浮点运算器	56
1.3.3 影响计算机系统结构设计的主要 因素	16	2.6 本章小结	57
1.4 计算机系统结构的分类及其发展	20	习题 2	57
1.4.1 并行性的概念	20	第 3 章 寻址方式与指令系统	60
1.4.2 并行处理系统与多机系统	22	3.1 指令格式与指令系统设计	60
1.4.3 计算机系统结构的分类	23	3.1.1 指令格式	60
1.4.4 计算机系统结构的未来发展	24	3.1.2 指令字长	61
1.5 本章小结	25	3.1.3 指令的地址码	63
习题 1	25	3.1.4 指令的操作码	65
第 2 章 运算方法与运算器	29	3.1.5 指令系统设计	67
2.1 计算机中的数据表示	29	3.2 指令和数据的寻址方式	68
2.1.1 计算机中常用数制	29	3.2.1 指令的寻址方式	68
2.1.2 非数值型数据的表示	30	3.2.2 操作数的寻址方式	69
2.1.3 带符号数的表示	32	3.3 指令类型	75
2.1.4 定点数和浮点数	33	3.3.1 数据传送类指令	75
2.2 定点数加、减法运算	35	3.3.2 算术逻辑运算类指令	76
2.2.1 补码定点加减运算方法	35	3.3.3 程序控制类指令	76
2.2.2 溢出判断与移位	36	3.3.4 输入/输出类指令	78
		3.3.5 串操作类指令	78
		3.3.6 其他指令	79
		3.4 CISC 与 RISC	79
		3.4.1 按 CISC 方向发展与改进指令	

系统	79	4.6.6 Intel Pentium 4 的内部组成	131
3.4.2 按 RISC 方向发展与改进指令 系统	82	4.7 本章小结	133
3.4.3 Intel 80x86 指令集的发展	85	习题 4	133
3.5 本章小结	87	第 5 章 主存储器	137
习题 3	87	5.1 存储器系统概述	138
第 4 章 控制器	92	5.1.1 存储器的分类	138
4.1 控制器的功能、组成及类型	92	5.1.2 存储系统的层次结构	143
4.1.1 控制器的功能	92	5.1.3 存储器的性能指标	144
4.1.2 控制器的组成	93	5.2 动态存储单元与存储芯片	148
4.1.3 控制器的类型	94	5.2.1 动态 MOS 存储单元	148
4.2 时序控制与信息传送	95	5.2.2 动态存储器的刷新	151
4.2.1 时序系统的组成	95	5.2.3 DRAM 动态存储器芯片	152
4.2.2 时序控制方式	96	5.3 半导体只读存储器与芯片	155
4.2.3 数据通路结构	98	5.3.1 只读存储器的分类	155
4.2.4 信息传送及其微命令设置	100	5.3.2 E ² PROM 只读存储器	157
4.2.5 信息传送控制方式	102	5.3.3 Flash 只读存储器	157
4.3 指令的执行流程	104	5.4 主存储器的设计与应用	158
4.3.1 指令执行的基本步骤	104	5.4.1 主存储器设计的基本原则	158
4.3.2 指令周期的设置	104	5.4.2 主存储器的逻辑设计	160
4.3.3 取指令周期的操作流程	106	5.4.3 主存储器与 CPU 的连接	162
4.3.4 指令执行流程设计举例	107	5.5 本章小结	166
4.4 组合逻辑控制器	113	习题 5	166
4.4.1 组合逻辑控制器的组成与运行 原理	113	第 6 章 存储器的结构	169
4.4.2 组合逻辑控制器的设计	114	6.1 并行主存储器系统	170
4.4.3 组合逻辑控制器的时序系统	115	6.1.1 单体多字方式的并行主存 系统	170
4.5 微程序控制器	116	6.1.2 多体交叉存取方式的并行主存 系统	171
4.5.1 微程序控制的基本原理	116	6.2 高速缓冲存储器 (Cache)	172
4.5.2 微指令的编码方式	118	6.2.1 Cache 的工作原理	172
4.5.3 微地址的形成方式	119	6.2.2 Cache 与主存储器的地址映像	174
4.5.4 微指令格式的设计	121	6.2.3 Cache 的替换策略	177
4.5.5 微程序设计	124	6.2.4 Cache 的性能与结构	179
4.6 Intel CPU 内部组成的发展	127	6.3 虚拟存储器	180
4.6.1 Intel 8086 的内部组成	127	6.3.1 虚拟存储器概述	180
4.6.2 Intel 80286 的内部组成	128	6.3.2 页式虚拟存储器	182
4.6.3 Intel 80386 的内部组成	129	6.3.3 段式虚拟存储器	183
4.6.4 Intel 80486 的内部组成	129	6.3.4 段页式虚拟存储器	183
4.6.5 Intel Pentium 的内部组成	130		

6.3.5 虚拟存储器的工作过程	184	Intel 8255 和 Intel 8250	229
6.4 辅助存储器	185	8.3 I/O 接口与 DMA 方式	232
6.4.1 磁盘存储器分类	185	8.3.1 DMA 方式的概念	232
6.4.2 磁盘的结构与原理	186	8.3.2 DMA 传送方式与过程	233
6.4.3 磁盘性能指标	191	8.3.3 DMA 的硬件组织	234
6.4.4 光盘	192	8.3.4 DMA 控制器的组成	235
6.4.5 U 盘	194	8.3.5 DMA 控制器举例—— Intel 8237	238
6.5 本章小结	196	8.3.6 DMA 接口在磁盘系统中的 应用	242
习题 6	196	8.4 I/O 接口与通道方式	246
第 7 章 系统总线	198	8.4.1 通道的功能	246
7.1 总线概述	198	8.4.2 通道的类型	248
7.1.1 总线的功能	198	8.4.3 通道的工作过程	249
7.1.2 系统总线的分类	199	8.5 本章小结	250
7.1.3 总线的性能指标	200	习题 8	250
7.2 系统总线的设计	201	第 9 章 流水线技术	253
7.2.1 系统总线的带宽	201	9.1 流水线的工作原理	253
7.2.2 系统总线的结构	201	9.1.1 指令解释的一次重叠方式	253
7.2.3 系统总线的时序控制	204	9.1.2 指令解释的流水方式	255
7.2.4 总线的仲裁	205	9.1.3 流水线的分类	258
7.3 微型计算机的系统总线	206	9.1.4 流水线性能分析	260
7.3.1 微型计算机的前端总线	206	9.2 流水线的相关性及其处理	262
7.3.2 微型计算机的 PCI 总线	207	9.2.1 流水线的相关性	262
7.4 本章小结	209	9.2.2 流水线的相关性处理	265
习题 7	209	9.2.3 非线性流水线的调度	265
第 8 章 输入/输出子系统	211	9.3 向量流水处理机	269
8.1 I/O 接口概述	211	9.3.1 向量流水处理机的结构	269
8.1.1 I/O 接口的基本功能	212	9.3.2 向量处理机的性能指标	270
8.1.2 I/O 接口的分类	212	9.4 超标量与超流水线处理机	271
8.1.3 I/O 接口技术的发展	213	9.4.1 超标量处理机	271
8.2 I/O 接口与中断方式	214	9.4.2 超流水线处理机	271
8.2.1 中断方式概述	214	9.4.3 超标量流水技术的实例—— Intel Pentium	272
8.2.2 中断请求	216	9.5 本章小结	276
8.2.3 中断判优逻辑的设计与实现	218	习题 9	276
8.2.4 中断响应与中断处理	220	第 10 章 多处理机技术	279
8.2.5 中断接口的组成	224	10.1 阵列处理机	279
8.2.6 中断控制器举例—— Intel 8259	227		
8.2.7 中断接口举例——			

10.1.1 阵列处理机的结构.....	279	10.2.3 多处理机的操作系统.....	289
10.1.2 阵列处理机的特点.....	282	10.3 本章小结.....	289
10.1.3 互连网络及其实现.....	282	习题 10.....	290
10.2 多处理机系统.....	285	参考文献	292
10.2.1 多处理机系统的特点.....	285		
10.2.2 多处理机系统的分类.....	286		

第 1 章

计算机系统概述

总体要求

- 了解计算机系统的基本组成，理解冯·诺依曼计算机的工作机制
- 掌握计算机系统的软硬件组成，建立整机概念
- 了解计算机系统的层次结构及其主要性能指标，包括基本字长、运算速度、数据通路宽度、

数据传输率和存储容量等的含义及其意义

- 掌握计算机系统结构、组成和实现的定义，理解其相互关系
- 了解计算机系统设计思路以及设计原则，了解计算机系统结构设计的影响因素
- 理解并行性和耦合度的概念，了解并行处理系统和多机系统的分类
- 了解计算机系统结构的分类及其未来的发展

相关知识点

- 具备电子学的基本知识
- 熟悉计算机的基本操作和知识

学习重点

- 计算机系统的基本组成、层次结构以及计算机的硬件组成
- 计算机系统的基本概念和术语

《计算机组成与结构》这门课主要阐述计算机的系统结构和硬件组成，为读者建立计算机系统的整机概念，展示计算机的体系结构、逻辑组成与工作机制。本书以微型机为参照，深入讨论计算机的 CPU、内存、I/O 系统的逻辑组成与架构，从 CPU 级、硬件系统级理解整机概念，从指令系统级、微程序级理解计算机的工作机制。

为此，本章将围绕以下重要概念，包括计算机系统的基本组成、计算机系统的层次结构、计算机的硬件系统、计算机系统结构、计算机系统结构设计、计算机组成、计算机实现、并行处理与多机等，介绍计算机系统结构、逻辑组成及其工作机制。

1.1 计算机系统的组成及其层次结构

1.1.1 计算机系统的基本组成

一个完整的计算机系统由硬件和软件两大部分组成。硬件是指看得见、摸得着的物理设备，

包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等，如图 1-1 所示。

其中，运算器用来完成数据的算术和逻辑运算；控制器从程序中取出指令，执行指令，发出控制信号，控制相关部件协同工作完成指令的功能；存储器用来保存程序和数据以及将来的结果；输入设备用来输入程序和数据，并保存到存储器中；输出设备用来输出运算的结果。

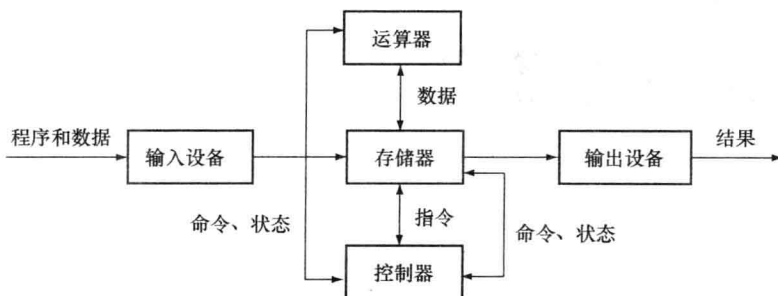


图 1-1 计算机系统的硬件组成

计算机系统各硬件设备是如何协同工作的呢？无论是进行复杂数据计算还是进行大范围数据查询，或者实现一个自动控制过程，整个系统都必须按步骤来处理。首先，必须使用编程语言事先编写源程序。源程序是不能被计算机直接执行的，计算机只执行机器指令。每一条指令规定了计算机从哪里获取数据，进行何种操作，以及操作结果送到什么地方去等步骤。因此，在运行程序之前，必须把源程序转换为指令序列，并将这些指令序列按一定顺序存放在存储器的各个地址单元中。在运行程序时，控制器先从存储器中取出第 1 条指令，并根据这条指令的含义发出相应的操作命令，以执行该指令。如果需要从存储器中取出操作数（例如执行一条加法指令），则先从存储单元中读取操作数，送入运算器，再由运算器进行指定的算术运算和逻辑操作等加工，最后把运算结果送回存储器中。接下来，读取后续指令，在控制器的指挥下完成规定操作，依此进行下去，直到遇到停止指令。在程序的执行过程中，如果需要输入数据或输出运行结果，则在控制器的控制下通过输入设备所输入的数据将输入并保存到存储器中，或者通过输出设备将程序的运行结果输出。

因此，计算机系统以相同方式存储程序与数据，并按照指令序列的顺序，一步一步地执行程序，自动地完成程序指令规定的操作，这是计算机最基本的工作原理。这一原理最初是由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼于 1945 年提出来的，故称为冯·诺依曼原理。60 多年过去了，如今的计算机系统虽然从性能指标、运算速度、工作方式、应用领域、价格等方面与当时的计算机有很大差别，但基本原理没有改变，都属于冯·诺依曼计算机。

1.1.2 计算机的硬件系统

冯·诺依曼计算机根据功能，把硬件划分为运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备共五大部件。但随着计算机技术的发展，计算机硬件系统的组成已发生许多重大变化，例如，将运算器和控制器组合为一个整体，称为 CPU（Central Processing Unit，中央处理器，在大中型计算机中又叫中央处理机）。

下面以微型机为例来说明一个计算机系统应该包含哪些硬件设备。

微型机通常分为主机和外设两部分。主机包括 CPU、内存等设备，是微型机最主要的组成部分。外设包括输入设备（如键盘、鼠标）、输出设备（如显示器、打印机）和外存（如硬盘、光驱

等)。打开主机机箱盖板后,即可以看到主板、CPU、内存、电源、硬盘、光驱、显卡、网卡等一系列硬件设备。

1. 主板

在机箱中最大的一块电路板称为主板,其外观如图 1-2 所示。主板是整个微型机系统内部结构的基础。虽然市场上的主板品种繁多,结构布局也各不相同,但其主要功能和组成部件却是基本一致的。主板上的主要部件包括控制芯片组、CPU 插座、内存插槽、总线扩展槽、BIOS 芯片、各种外部设备接口等。微型机正是通过主板将 CPU、内存、显卡、硬盘、各部件连接成一个整体的。

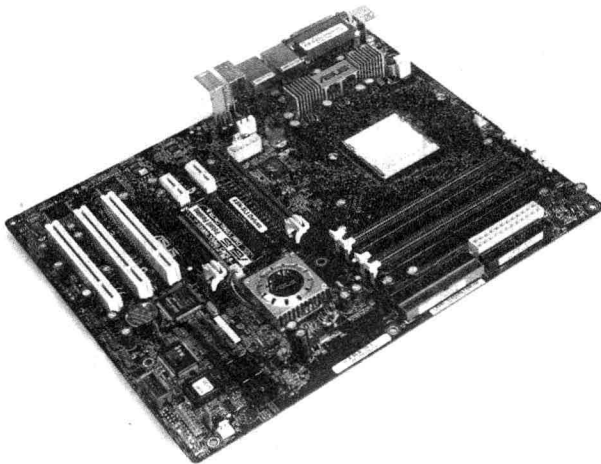


图 1-2 典型的微型机主板

2. CPU

微型机的 CPU, 又称微处理器, 它是整个微型机系统的核心, 其外观如图 1-3 所示。CPU 品质的高低直接决定了一个计算机系统的档次。反映 CPU 品质的最重要的指标是主频与字长。主频是指 CPU 的时钟频率, 单位通常是 MHz (兆赫兹)。主频越高, CPU 的运算速度就越快。人们常说 Intel Core i7 2600K-3.4GHz, 就是指该 CPU 的时钟频率为 3.4 吉赫兹。

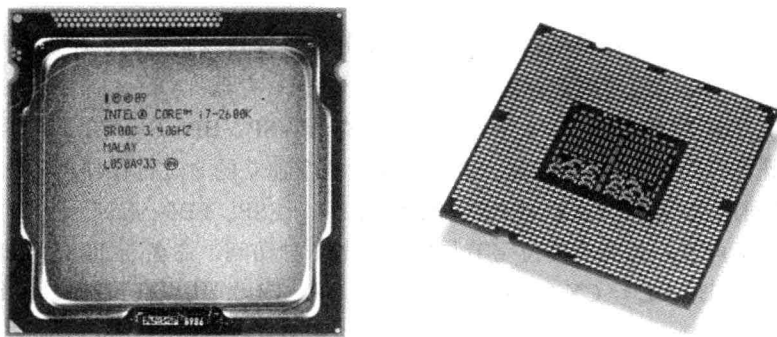


图 1-3 CPU

CPU 的内部通常由运算部件 (ALU)、寄存器组、控制器 (EU) 等部件组成, 如图 1-4 所示。这些部件通过 CPU 内部的总线相互交换信息。CPU 的主要功能包括两个方面: 一是完成算术运算 (包括定点数运算、浮点数运算) 和逻辑运算, 二是读取、分析和执行指令。

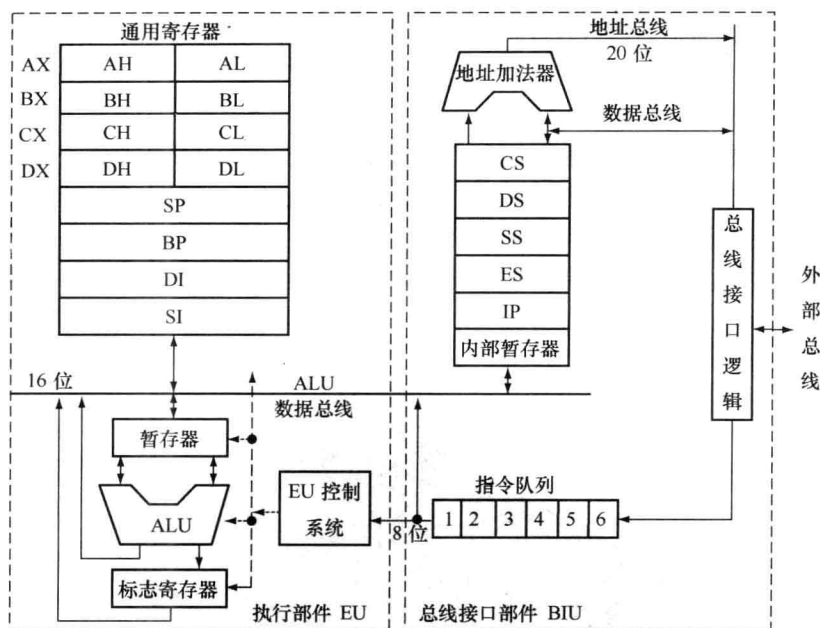


图 1-4 Intel 8086 CPU 的内部结构

CPU 的运算部件 (ALU) 负责数据的加工处理, 即对来自内存的数据进行算术运算和逻辑运算处理, 以实现指令所规定的功能。

控制器 (EU) 负责指令的读取、分析和执行, 产生与指令相关的操作信号, 并把各操作信号按顺序 (称为微命令序列) 送往相应的部件, 从而控制这些部件按指令的要求执行动作, 包括收集各部件的状态信息。产生微命令序列的方式有两种: 一种是由组合逻辑电路直接产生; 另一种是通过进一步执行该指令对应的微程序产生。前者称为组合逻辑控制方式, 后者称为微程序控制方式。微程序控制方式的基本思路是, 先把操作信号编码 (构成微指令), 再把微指令编制成微程序并固化在控制存储器中, 执行指令时找到并执行对应的微程序, 即可直接向各部件送出微命令。

寄存器组用来保存从存储单元中读取的指令或数据, 也保存来自其他各部件的状态信息。在 CPU 中有通用寄存器和专用寄存器两类。

(1) 通用寄存器

通用寄存器是指允许程序员的指令代码直接访问的寄存器, 它们对程序员是可见的。例如, Intel 8086 中有 8 个 16 位的通用寄存器, 其中有 4 个数据寄存器: AX (AH、AL)、BX (BH、BL)、CX (CH、CL)、DX (DH、DL), 4 个地址指针寄存器: SP、BP、SI、DI。4 个数据寄存器中的每一个寄存器既可以作为 16 位寄存器, 也可以作为两个独立的 8 位寄存器。Intel Pentium 处理器有 8 个 32 位的通用寄存器: EAX、EBX、ECX、EDX、ESP、EBP、ESI、EDI, 其低 16 位可以单独访问, 其中又可进一步分为高位字节与低位字节单独访问, 命名与 8086/8088 相同, 即 AX (AH、AL)、BX (BH、BL)、CX (CH、CL)、DX (DH、DL), 所以在目标代码级上与 8086/8088 兼容。

(2) 专用寄存器

专用寄存器是指 CPU 指定用来完成某一种特殊功能的寄存器, 其中一部分是程序员可见的, 如代码段寄存器 CS、数据段寄存器 DS、堆栈段寄存器 SS 等, 另一部分用来保存控制器产生的操作控制信息, 对程序是透明的 (不允许程序指令访问)。

常用的专用寄存器如下。

① 数据缓冲寄存器 (MDR): 用来暂时存放由主存中读出的指令或数据或者写入主存的指令或数据, 即 CPU 要写入主存单元的数据先送入 MDR 中, 再从 MDR 送入主存相应的单元中; 同样, 从主存单元中读出数据时, 先送入 MDR 中, 再送入 CPU 指定的寄存器。所以 MDR 可作为 CPU 和内存、外部设备之间信息传送的中转站。

② 指令寄存器 (IR): 用来保存当前正在执行的指令代码。在该指令执行完成之前, IR 中的内容不会发生改变。若 IR 的内容改变, 则意味着一条新指令的开始。为了提高指令的执行速度, 可安排读下一条指令与分析上一条指令同时进行。在 Intel 8086 中, IR 变成了指令队列缓冲器, 可同时缓存从主存中读出的多条指令。

③ 程序计数器 (PC): 也称为指令计数器或指令指针, 用来存放将要执行的指令的地址。CPU 从内存成功读取指令后, PC 将自增指向后续指令, 若是转移指令, PC 中将存放转移的目的地址。

④ 地址寄存器 (MAR): 用来保存当前 CPU 所访问的主存单元的地址。由于在内存和 CPU 之间存在着操作速度上的差别, 所以必须使用地址寄存器来保持地址信息, 直到内存的读/写操作完成为止。CPU 访问主存时, 要先找到需要访问的存储单元, 所以将被访问单元的地址存放在 MAR 中, 当需要读取指令时, CPU 先将 PC 的内容送入 MAR 中, 再由 MAR 将指令地址送往主存; 同样, 当需要读取或存取数据时, 也要先将该数据的有效地址送入 MAR, 再送往主存进行译码。

⑤ 状态字寄存器 (PSW, Program State Word): 在 Intel 8086 中称为标志寄存器 (FR), 用来记录现行程序的运行状态和指示程序的工作方式, 即保存由算术指令和逻辑指令运行或测试的结果建立的各种条件码内容, 如运算结果进位标志 (C), 运算结果溢出标志 (V), 运算结果为零标志 (Z), 运算结果为负标志 (N), 等等。

此外, 为了暂时存放某些中间过程所产生的信息, 避免破坏通用寄存器的内容, 还设置了暂存器, 如在 ALU 输出端设置暂存器存放运算结果。

3. 存储器

存储器用来存储信息, 包括程序、数据和文档等。如果存储器的存储容量越大、存取速度越快, 那么计算机系统的处理能力就越强、工作速度就越快。不过, 一个存储器很难同时满足大容量和高速度的要求, 因此常将存储器分为主存、高速缓存和辅存等三级存储器。

(1) 主存储器

主存储器, 简称主存, 是直接 CPU 相连的存储部件, 主要用来存放即将执行的程序以及相关数据。主存的每个存储单元都有一个唯一的编号 (称为内存单元地址), CPU 可按地址直接访问它们。主存通常用半导体存储器构造, 具有较快的速度, 但容量有限。因为主存一般在主机之内, 所以又称内存。微机的主存通常包括只读存储器 ROM、随机存储器 RAM 和 CMOS 存储器。

其中, 只读存储器 ROM 因只能读出而不能写入数据而得名, 用来存放那些固定不变的程序和数据, 最典型的应用是用来存放 BIOS 程序 (Basic Input Output System, 基本输入/输出系统)。ROM 根据工作原理的不同, 又可分为可编程 ROM (PROM)、可擦除可编程 ROM (EPROM)、电擦除可编程 ROM (EEPROM) 等几种。目前, 常用 EEPROM 来保存 BIOS 系统, 以方便用户升级 BIOS 程序。

随机存储器 RAM 因可随机读出又可随机写入数据而得名, 一般用来存放系统程序、用户程序以及相关数据。RAM 根据工作方式的不同, 可以分为动态 RAM (DRAM) 和静态 RAM (SRAM) 两大类。动态 RAM 通过半导体器件中的电容上电荷的有无来表示所存储的信息 “0”

和“1”。由于保存在电容上的电荷会随着电子的泄漏而逐渐消失，因此需要周期性地充电（简称刷新）。这种存储器的集成度较高、价格较低，但由于需要周期性刷新，因此存取的速度较慢。静态 RAM 则是利用半导体触发器的两个稳定状态来表示所存储的“0”和“1”数据。由于静态 RAM 不需要像动态 RAM 那样周期性刷新，因此，静态 RAM 比动态 RAM 速度更快，运行也更稳定，价格自然也要贵得多。目前，在微型机中所使用的内存大多是动态的 RAM，单根内存条的最大容量已达 8 GB。

CMOS 存储器是一小块特殊的内存，它保存着计算机的当前配置信息，例如日期、时间、硬盘容量、内存容量等。这些信息大多数是系统启动时所必需的或者是可能经常变化的。如果把这些信息存放在 RAM 中，则系统断电后数据无法保存；如果存放在 ROM 中，又无法修改。而 CMOS 的存储方式则介于 RAM 和 ROM 之间。CMOS 靠电池供电而且消耗电量极低，因此计算机关机后仍能长时间保存信息。

（2）高速缓冲存储器

所谓的高速缓冲存储器（Cache），就是一种位于 CPU 与内存之间的存储器。它的存取速度比普通内存快得多，但容量有限。Cache 主要用于存放当前内存中使用最多的程序块和数据块，并以接近 CPU 工作速度的方式向 CPU 提供数据。由于在大多数情况下，一段时间内程序的执行总是集中于程序代码的某一较小范围，因此，如果将这段代码一次性装入高速缓存，则可以在一段时间内满足 CPU 的需要，从而使 CPU 对内存的访问变为对高速缓存的访问，以提高 CPU 的访问速度和整个系统的性能。

（3）辅助存储器

辅助存储器简称辅存，又称外存，与主存储器的区别在于，存放在辅存中的数据必须调入主存后才能被 CPU 所使用。辅存在结构上大多由存储介质和驱动器两部分组成，其中，存储介质是一种可以表示两种不同状态并以此来存储数据 0 和 1 的材料，而驱动器则主要负责向存储介质中写入或读出数据。在微型机中，辅存包括磁盘、光盘、U 盘等。

其中，磁盘是计算机系统中最常用的辅存。在计算机中，磁盘信息的读写是通过磁盘驱动器来完成的。当磁盘工作时，磁盘驱动器带动磁盘片高速转动，磁头掠过盘片的轨迹形成一个同心圆。这些同心圆称为磁道。为了便于管理和使用，每个磁道又分为若干个扇区，信息就存放在这些扇区中，计算机按磁道和扇区号读写信息。磁盘包括软盘和硬盘两大类。

光盘是一种大容量、可移动存储介质。光盘的外形呈圆形，与磁盘利用表面磁化来表示信息不同。光盘利用介质表面有无凹痕来存储信息。光盘根据工作方式的不同，可分为只读型光盘、一次性写入光盘和可擦写型光盘三大类。

U 盘的全称为 USB 闪存存储器，因使用 USB 接口与主机通信而得名。U 盘是一种新型存储产品，具有轻巧便携、即插即用、支持系统引导、可重复擦写等优点，而且存储容量较大，目前最大容量已达 256 GB。

4. 总线

总线是一组能为多个部件分时共享的信息传送线。微机通常采用总线结构，使用一组总线把 CPU、存储器和输入/输出设备连接起来，各部件间通过总线交换信息。总线类似人的神经系统，它在微机各部件之间传递信息。

根据所传送的信息类型，可将系统总线分为数据总线、地址总线和控制总线。其中，数据总线用于 CPU、存储器和输入/输出接口之间数据传递。地址总线专门用于传递数据的地址信息。控制总线用于传递控制器所发出的控制其他部件工作的控制信号，例如时钟信号、CPU 发向主存或

外设的数据读/写命令、外部设备送往 CPU 的请求信号等。

5. 输入/输出接口

由于计算机系统整体上采用标准的系统总线连接各部件,每一种总线都规定了其地址线和数据线的位数、控制信号线的种类和数量等。而外部设备通常是机电结合的装置,遵循不同的标准进行设计和制造,因此在总线与外设之间存在着速度、时序和信息格式等方面的差异。为了将标准的总线与各具特色的外设连接起来,需要在系统总线与外部设备之间设置一些部件,使它们具有缓冲、转换、连接等功能。这些部件称为输入/输出接口。

1.1.3 计算机的软件系统

所谓软件,是指能指挥计算机工作的程序与程序运行时所需要的数据,以及与这些程序和数据有关的文字说明和图表资料的总称。软件是计算机系统中不可缺少的重要组成部分。它与硬件息息相关,缺少了任何一个,计算机系统都不能发挥其作用。使用不同的软件,计算机就能实现不同功能。硬件、软件和用户的关系如图 1-5 所示。计算机软件分为系统软件和应用软件。

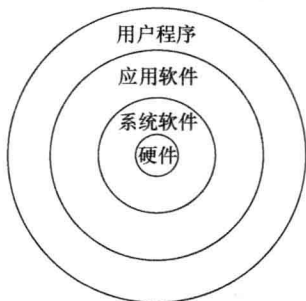


图 1-5 硬件、软件与用户之间的关系

1. 系统软件

系统软件是控制和维护计算机系统资源的程序集合,这些资源包括硬件资源与软件资源。例如,对 CPU、内存、打印机的分配与管理,对磁盘的维护与管理,对系统程序文件与应用程序文件的组织和管理等。常用的系统软件有操作系统、语言处理程序、数据库管理系统和一些服务性程序等,其核心是操作系统。

系统软件是计算机正常运行不可缺少的,一般由计算机生产厂家研制或软件开发人员研制。其中一些系统软件程序,在计算机出厂时直接写入 ROM 芯片,例如,系统引导程序、基本输入输出系统(BIOS)、诊断程序等。有些直接安装在计算机的硬盘中,如操作系统。也有一些保存在活动介质上供用户购买,如语言处理程序。

(1) 操作系统

操作系统用于管理和控制计算机硬件和软件资源,是由一系列程序组成的。操作系统是直接运行在裸机上的最基本的系统软件,是系统软件的核心。任何其他软件必须在操作系统的支持下才能运行。

一个典型的操作系统由处理机调度、存储管理、设备管理、文件系统、作业调度等几大模块组成。其中,处理机调度模块能够对处理机的分配和运行进行有效的管理;存储管理模块能够对内存进行有效的分配与回收管理,提供内存保护机制,避免用户程序间相互干扰;设备管理模块用来管理输入/输出设备,提供良好的人机界面,完成相关的输入/输出操作;文件系统模块能够对大量的、以文件形式组织和保存的信息提供管理;作业调度模块对以作业形式存储在外存中的用户程序进行调度管理,将它们从外存调入内存,交给 CPU 运行。

对用户而言,操作系统提供人机交互界面,为用户操作和使用计算机提供方便。例如,Windows 操作系统提供窗口操作界面,允许用户使用鼠标或键盘通过选择菜单命令来完成计算机的各种操作,包括文件管理、设备管理、打开或关闭计算机等。

(2) 语言处理程序

因为有了程序,计算机系统才能自动连续地运行。而程序是使用程序设计语言编写的。程序

设计语言是人与计算机之间进行对话的一种媒介。人通过程序设计语言,使计算机能够“懂得”人们的需求,从而达到为人们服务的目的。程序设计语言分为机器语言、汇编语言 and 高级语言三大类。

其中,机器语言是一种用二进制代码“0”或“1”的形式来表示的,能够被计算机识别和执行的语言。不同的计算机具有各自不同的机器语言。构成机器语言的字是指令。所谓指令,是规定 CPU 执行某种特定操作的命令,通常一条指令对应着一种基本操作,又称为机器指令。每台计算机的指令系统就是该计算机的机器语言。机器指令不直观、难记,编写过程中容易出错,且难以检查错误。因此,用机器语言编写程序的难度是非常大的。

汇编语言使用助记符来表示机器指令,即将机器语言符号化。与机器语言相比,汇编语言的可读性和可维护性有了显著的提高,而且汇编语言的运算速度也非常快。但由于汇编语言与机器指令具有一一对应的关系,实际上是机器语言的一种符号化表示,因此不同的 CPU 类型的计算机的汇编语言也是互不通用的。而且,由于汇编语言与 CPU 内部结构关系紧密,因此汇编语言要求程序设计人员掌握 CPU 内部寄存器和内存存储器组织结构,所以对一般人来说,汇编语言仍然难学难记。在计算机程序设计语言体系中,由于汇编语言与机器指令的一致性和与计算机硬件系统的接近性,通常将机器语言和汇编语言并称为低级语言。计算机执行用汇编语言编制的程序时,必须先用汇编语言的编译程序将其翻译成机器语言,然后才能运行。

高级语言是用数学语言和接近于自然语言的语句来写程序,更易于人们掌握和书写,而且高级语言不是面向机器的,因此具有良好的可移植性和通用性。但高级语言不能被计算机识别,需要通过一些编译程序或解释程序将其转换为用机器指令表示的目标程序才能被识别并执行。随着计算机的发展,高级语言的种类越来越多,目前已达数百种,常用的高级语言有十种,主要的有 Java、C、C#、C++、Objective-C、PHP、Visual Basic、Python、Perl、JavaScript 语言等(注:来自 2012 年世界编程语言使用从高到低的排名)。

(3) 数据库管理系统

随着计算机技术在信息管理领域的广泛应用,用于数据管理的数据库管理系统就应运而生。所谓数据库,是指在计算机存储器中合理存放的、相互关联的数据集合,能提供给不同的用户共享使用。数据库管理系统的作用就是管理数据库,实现数据库的建立、编辑、维护、访问等操作,实现数据内容的增加、修改、删除、检索、统计等操作,提供数据独立、完整、安全的保障功能。按数据模型的不同,数据库管理系统可分为层次型、网状型和关系型等三种类型。如 Access、MySQL、SQL Server、Oracle、Sybase、DB/2 等都是常见的关系型数据库管理系统。

(4) 服务性程序

服务性程序是为了帮助用户使用和维护计算机,向用户提供服务性手段而编写的一类程序,通常包括编辑程序、调试程序、诊断程序、硬件维护和网络管理等程序。

其中,编辑程序、调试程序、诊断程序用来辅助编写用户程序。为了更有效、更方便地编写程序,通常将编辑程序、调试程序、诊断程序以及编译或解释程序集成为一个综合的软件系统,为用户提供完善的集成开发环境,通常称为软件集成开发平台(Integrated Develop Environment, IDE)。如 Visual Studio .NET、JBuilder、MyEclipse、ZendStudio 等都是常用的 IDE 软件。

网络管理程序的主要功能是支持终端与计算机、计算机与计算机以及计算机与网络之间的通信,提供各种网络管理服务,实现资源共享和分布式处理,并保障计算机网络的畅通无阻和安全使用。