



21世纪高等院校规划教材



计算机组成原理

主 编 唐为方
副主编 解洪胜 李秀芳 郝秉华 李 侃
主 审 史士英



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

计算机组成原理

主 编 唐为方

副主编 解洪胜 李秀芳 郝秉华 李 侃

主 审 史士英

内 容 提 要

本书针对普通高等院校计算机科学与技术专业的学生而编写,以计算机认知方法论作指导,全面而有重点地介绍计算机的各个组成部分以及各个部分之间是如何协同工作的问题。

全书共8章,主要包括:计算机系统概论、数据的表示与运算、存储系统、指令系统、中央处理器、总线与接口、输入输出(I/O)系统和实验指导。

本书力求避免内容过多、理论知识过深,注重可读性、科学性、系统性和实用性。书中备有大量的专门设计的图表以及精选的例子,并附加了近年来部分重点大学硕士研究生的入学试题及参考答案,以方便广大读者使用。

本书可作为普通高等院校计算机应用专业“计算机组成原理”、“计算机组成”、“计算机原理与系统结构”课程或其他类似名称课程的教材,也可以供高等教育自学考试、计算机软、硬件专业技术资格和水平考试辅导班作为硬件应试辅导教材,以及供从事计算机系统的应用、开发和维护维修的工程技术人员参考。

本书配有免费电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站和万水书苑上下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和<http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理 / 唐为方主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 1
21世纪高等院校规划教材
ISBN 978-7-5170-0484-4

I. ①计… II. ①唐… III. ①计算机组成原理—高等学校—教材 IV. ①TP301

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第311984号

策划编辑: 雷顺加 责任编辑: 陈 洁 加工编辑: 李 燕 封面设计: 李 佳

书 名	21 世纪高等院校规划教材 计算机组成原理
作 者	主 编 唐为方 副主编 解洪胜 李秀芳 郝秉华 李 侃 主 审 史士英
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 17 印张 420 千字
版 次	2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	30.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

“数字逻辑与数字系统”、“计算机组成原理”、“计算机系统结构”和“微机原理与接口技术”是计算机科学与技术专业本科生硬件一条线的必修课程。第一门课是技术基础课,讲授逻辑部件级的分析与设计方法。第二门课是专业基础课,讲授单处理机系统的组成分析和设计方法,偏重于处理机的整机概念。第三门课属于专业课,着重讲授并行计算机系统的基本概念、结构、分析和设计方法。第四门课同样属于专业课,主要讲述为微机的结构、组成、汇编语言的设计以及计算机各个部件的接口与应用。

本书是在编者多年来讲授“计算机原理”、“计算机原理与系统结构”、“计算机系统结构”和“微机原理与接口技术”等课程教学材料基础上精炼而成,以计算机认知方法论作指导,全面且有重点地介绍计算机的各个组成部分,以及各个部分之间是如何协同工作等问题,且特别注重可读性、科学性、系统性和实用性。书中备有大量专门设计的图表以及精选的例子,并附加了近年来部分重点大学硕士研究生的入学试题及参考答案,以方便广大读者使用。

全书共分8章。第1章计算机系统概论,介绍计算机发展、特点、计算机的组成和计算机系统的构成;第2章计算机中数据的表示与运算,讨论定点数、浮点数的机器码表示和计算;第3章存储系统,介绍主存和辅存的结构、存储体系构成原理、存储器的扩充以及高速缓冲存储器和虚拟存储;第4章指令系统,讨论指令的结构及指令格式优化、寻址技术和典型指令;第5章中央处理器,讲述CPU的结构组织、控制器的结构、指令的执行过程和运算器的组织;第6章总线与接口,主要论述连接计算机各个主要功能部件之间所需的总线与接口;第7章输入/输出(I/O)系统,重点介绍程序查询方式、中断方式和DMA方式的控制及接口组织;第8章实验指导,通过具体的实践操作加深对理论知识的理解与掌握。

本书由唐为方任主编,解洪胜、李秀芳、郝秉华、李侃任副主编。全书由山东交通学院史士英教授主审。章节编者具体分工为:第1、3章由生慧(山东中医药大学)编写,第2章由李侃(山东轻工业学院)、高悟实(山东轻工业学院)共同编写,第4章由倪燃(山东交通学院)、唐为方(山东轻工业学院)共同编写,第5章由郝秉华(内蒙古财经大学)编写,第6章由解洪胜(山东女子学院)、唐为方共同编写,第7章由李秀芳(山东轻工业学院)编写,第8章及课程的习题和附录由唐为方编写。

本书可作为“计算机组成原理”、“计算机组成”、“计算机原理与系统结构”课程或其他类似名称课程的教材,参考授课学时为72学时。本书也可供高等教育自学考试、计算机专业资格和水平考试辅导班作硬件应试辅导教材,以及供从事计算机系统的应用、开发和维护维修的工程技术人员参考。

本书的编写得到了大连理工大学夏尊铨教授、山东科技大学刘法胜教授、山东交通学院肖海荣教授和吴昌平副教授、山东轻工业学院耿玉水和郭爱章教授、内蒙古财经大学王彪教授

的精心指导，并提出了许多宝贵意见，在此谨表深深的谢意。中国水利水电出版社的雷顺加等同志对本书的出版也做了大量的工作，在此对他们表示衷心的感谢！

虽然编者在成书之前对书稿进行了多次修改和校正，但由于编者水平有限，疏忽之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

编 者
2012 年 10 月

目 录

前言

第1章 计算机系统概论	1
1.1 计算机的发展历程	1
1.2 计算机的分类和应用	2
1.2.1 计算机的分类	2
1.2.2 计算机的应用领域	3
1.3 计算机硬件系统	4
1.4 计算机软件系统	7
1.4.1 计算机软件系统的组成与分类	7
1.4.2 计算机软件系统的发展演变	8
1.4.3 计算机软件系统组成的层次结构	9
1.5 计算机系统的工作过程	10
1.5.1 计算机处理问题的步骤	10
1.5.2 计算机的工作过程	11
1.6 计算机的性能指标	11
本章小结	12
习题1	12
第2章 数据的表示与运算	13
2.1 数制与编码	14
2.1.1 数制及数制转换	14
2.1.2 无符号数和带符号数	18
2.1.3 定点数与浮点数	18
2.1.4 真值和机器数	20
2.1.5 BCD 码	22
2.1.6 字符与字符串的表示方法	23
2.1.7 汉字的表示方法	25
2.1.8 数据校验码	26
2.2 定点加法、减法运算	27
2.2.1 原码加/减运算	27
2.2.2 补码加/减运算	28
2.2.3 基本的二进制加法器	31
2.2.4 十进制加法器	31
2.3 定点乘除运算	33
2.3.1 移位运算	33

2.3.2 原码一位乘法	33
2.3.3 补码一位乘法	34
2.3.4 原码除法	36
2.4 定点运算器的组成	37
2.4.1 逻辑运算	37
2.4.2 半加器与全加器	39
2.4.3 串行加法器和并行加法器	40
2.4.4 多功能算术/逻辑运算单元 (ALU)	41
2.4.5 定点运算器的基本结构	43
2.5 浮点表示、浮点运算	45
2.5.1 IEEE754	45
2.5.2 浮点加法、减法运算	46
2.5.3 浮点乘法、除法运算	48
2.6 浮点运算器	49
2.6.1 浮点运算器的结构	49
2.6.2 浮点运算器实例	49
本章小结	52
习题2	52
第3章 存储系统	54
3.1 存储器系统概述	54
3.1.1 存储器分类	54
3.1.2 三级存储体系结构	56
3.1.3 主存储器的基本结构	57
3.1.4 主存储器的主要技术指标	59
3.2 随机存取存储器	59
3.2.1 SRAM	59
3.2.2 动态 RAM 的刷新	61
3.3 半导体只读存储器	63
3.4 存储器的扩充	64
3.4.1 主存储器与 CPU 的连接	64
3.4.2 位扩展	65
3.4.3 字扩展	66
3.4.4 字和位同时扩展	67

3.5 高速存储器	68	第 5 章 中央处理器	102
3.5.1 双端口存储器	68	5.1 CPU 的功能和组成	102
3.5.2 多模块存储器	69	5.1.1 CPU 的功能	102
3.6 高速缓冲存储器 (Cache)	71	5.1.2 CPU 的基本组成	103
3.6.1 Cache 的基本原理	71	5.1.3 CPU 的主要寄存器	103
3.6.2 地址映射	73	5.1.4 操作控制器与时序产生器	105
3.6.3 替换算法	75	5.2 指令周期	105
3.6.4 Cache 的写策略	76	5.3 指令的执行过程	106
3.7 虚拟存储器	76	5.3.1 CLA 指令的执行过程	107
3.7.1 虚拟存储器的基本概念	76	5.3.2 ADD 指令的执行过程	108
3.7.2 页式虚拟存储器	77	5.3.3 STA 指令的执行过程	110
3.7.3 段式虚拟存储器	79	5.3.4 NOP 指令和 JMP 指令的执行过程	112
3.7.4 段页式虚拟存储器	80	5.3.5 指令的执行过程总结	113
本章小结	80	5.4 数据通路的功能和基本结构	114
习题 3	81	5.5 硬布线控制器的工作原理	116
第 4 章 指令系统	82	5.5.1 时序信号的作用和体制	119
4.1 指令系统的基本概念	82	5.5.2 时序信号产生器	119
4.1.1 指令系统的发展	82	5.5.3 控制方式	120
4.1.2 对指令系统性能的要求	83	5.6 微程序控制器的工作原理	122
4.2 指令格式	84	5.6.1 微命令和微操作	124
4.2.1 操作码	84	5.6.2 微指令和微程序	125
4.2.2 地址码	84	5.6.3 CPU 周期与微指令周期的关系	128
4.2.3 指令字长度	85	5.6.4 微指令的编码方式	129
4.2.4 指令助记符	86	5.6.5 微地址的形成方法	131
4.3 指令的寻址方式	86	5.6.6 微指令格式	132
4.4 操作数寻址方式	87	5.7 指令流水线	133
4.5 80X86 操作数的基本寻址方式举例	90	5.7.1 指令流水线的概念	133
4.6 指令格式的设计	91	5.7.2 指令流水线的表示方法及性能指标	135
4.6.1 操作码优化法——霍夫曼		5.7.3 超标量和静态、动态流水线的基	
(Huffman) 编码	91	概念	137
4.6.2 地址码优化设计	92	5.8 多核处理器的基本概念	139
4.7 RISC 与 CISC	93	本章小结	140
4.8 指令系统举例	94	习题 5	141
4.8.1 IBM 370 系列机指令格式	94	第 6 章 总线与接口	145
4.8.2 PDP-11 指令格式	95	6.1 总线概述	145
4.8.3 Pentium 指令系统	96	6.1.1 总线的概念	145
4.8.4 Power PC 指令系统	97	6.1.2 总线分类	146
本章小结	99	6.1.3 总线的连接方式	146
习题 4	100	6.1.4 总线的组成及性能指标	149

6.2 总线接口	149	7.4.2 打印机	182
6.2.1 I/O 接口的功能和基本结构	150	7.4.3 绘图仪	187
6.2.2 I/O 端口及其编址	150	7.5 外存储器	187
6.2.3 I/O 地址空间及其编码	151	7.5.1 磁盘存储器	188
6.3 总线的仲裁	151	7.5.2 光盘存储器	199
6.3.1 集中仲裁方式	151	7.5.3 磁带存储器	200
6.3.2 分布仲裁方式	154	7.5.4 磁盘阵列	201
6.4 总线的定时	154	7.6 I/O 控制方式	204
6.4.1 同步定时方式	154	7.6.1 无条件传送	204
6.4.2 异步定时方式	155	7.6.2 程序查询方式	205
6.5 总线数据传送模式	155	7.6.3 程序中断方式	207
6.6 总线标准	155	7.6.4 DMA 方式	214
6.6.1 ISA 总线	155	7.6.5 通道方式	218
6.6.2 PCI 总线	156	7.6.6 I/O 处理机 (IOP) 方式	222
6.6.3 AGP 总线	156	本章小结	223
6.6.4 其他总线	157	习题 7	223
本章小结	157	第 8 章 实验指导	225
习题 6	158	8.1 JYS-III 型计算机组成实验仪	225
第 7 章 输入输出 (I/O) 系统	159	8.2 实验一 寄存器与数据通路实验	228
7.1 I/O 系统概述	159	8.3 实验二 运算器的组成实验	229
7.1.1 I/O 系统的基本概念	159	8.4 实验三 半导体存储器的组成实验	231
7.1.2 I/O 系统的发展	160	8.5 实验四 寄存器的控制实验	232
7.1.3 I/O 系统的原理	162	8.6 实验五 运算器与存储器组成实验	234
7.1.4 I/O 系统的组成	163	附录 1 2013 年硕士研究生入学考试计算机	
7.1.5 主机和外设的连接	165	学科考试大纲	236
7.2 外围设备概述	168	附录 2 2009~2012 年部分高校计算机组成	
7.2.1 外围设备的一般功能	168	原理考研试题与参考答案	240
7.2.2 外围设备的分类	169	附录 3 美国标准信息交换码 (ASCII) 字符表	254
7.3 输入设备	171	附录 4 74181 逻辑电路	255
7.3.1 键盘	172	附录 5 74182 逻辑电路	256
7.3.2 鼠标	173	附录 6 常用存储芯片与译码器	257
7.3.3 扫描仪	175	附录 7 南桥与北桥	262
7.4 输出设备	176	参考文献	264
7.4.1 显示器	177		

第 1 章 计算机系统概论



内容导读

计算机系统是由硬件系统和软件系统组成的复杂的自动化设备。本章的目的在于帮助读者建立一个计算机系统的整体框架,并初步了解有关计算机系统的基本常识和基本概念。



学习目标

- 掌握存储程序的工作方式、计算机的基本组成与各部件的功能、衡量计算机性能的指标;
- 初步掌握计算机软件系统的主要内容和计算机的工作过程;
- 理解计算机的发展、计算机的特点和计算机的应用领域。

1.1 计算机的发展历程

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。

从 1946 年出现第一台电子计算机起,至今已 60 多年,计算机技术的发展极为迅速,日新月异。这些进展涉及许多方面,例如,硬件方面的逻辑器件和体系结构,软件方面的程序设计语言、操作系统、网络软件和人工智能等,这些方面的发展相辅相成。

由于计算机的发展极为迅速,人们将取得特别重大突破后的计算机称为新一代计算机。

1. 第一代(电子管计算机)

第一代计算机的主要特征是采用电子管构成逻辑电路,运算速度约为每秒几千次到几万次的定点加法运算,生存时期大约是 1946~1957 年。这期间主要使用机器语言或汇编语言编程,后期出现了一些简单的输入/输出管理程序。

2. 第二代(晶体管计算机)

第二代计算机的主要特征是采用晶体管构成逻辑电路,运算速度为每秒几万次到几十万次,生存时期约为 1958~1963 年。软件方面出现了高级程序设计语言 Fortran,相应地出现了编译程序、子程序库和批处理管理程序等系统软件。

3. 第三代(中、小规模集成电路计算机)

第三代计算机的主要特征是采用中、小规模集成电路,开始用半导体存储器作为主存,

生存时期约为 1964~1970 年。硬件方面采用了流水线技术和微程序控制技术,提出了系列机的概念。软件方面操作系统逐渐成熟,出现了虚拟存储技术、信息管理系统和网络通信软件等,并开始出现独立的软件企业。

4. 第四代(大规模、超大规模集成电路计算机)

在集成电路中,每块芯片内含有的门电路数或元件数称为集成度。集成度在几百门至几千门的集成电路称为大规模集成电路(LSI),更高的称为超大规模集成电路(VLSI)。随着 LSI、VLSI 的出现,计算机的发展又出现了一次飞跃,进入了第四代时期。一般认为第四代约从 1971 年开始,直至今日。当前大多数使用的计算机都属于第四代的计算机。

在使用 VLSI 后,一个重大的飞跃是出现了微型计算机,从而打破了原有的计算机体系结构,为以后计算机的应用拓展了极其广阔的空间。

进入第四代后,计算机的发展更为迅速。在计算机的系统结构上发展了并行处理、多机系统、分布式计算机和计算机网络等技术。软件方面提出了软件工程的概念,出现了一些更为完善的高级语言、操作系统、数据库系统和网络软件,近期又出现了多媒体技术等。

1.2 计算机的分类和应用

1.2.1 计算机的分类

随着大规模集成电路的迅速发展,计算机进入大发展时期。根据人类对计算机功能需求的不断细化,巨型机、大型机、小型机、微型机、网络计算机以及工作站都得到了发展。

(1) 巨型机。巨型机运算速度超过一亿次/秒,存储容量大,主存容量甚至超过几千兆字节。其结构复杂,价格昂贵,研制这类巨型机是现代科学技术,尤其是国防尖端技术发展的需要。核武器、反导弹武器、空间技术、大范围天气预报和石油勘探等都要求计算机具有很高的速度、很大的容量,一般的计算机远远不能满足要求。

(2) 大型机。大型机的运算速度一般在一百万次/秒至几千万次/秒,字长 32~64 位,主存容量在几百兆字节以上。它有比较完善的指令系统,丰富的外部设备和功能齐全的软件系统。其特点是通用性好,有极强的综合处理能力,主要应用于银行、政府部门和大型制造厂家等。

(3) 小型机。小型机规模小、结构简单,所以设计试制周期短,便于及时采用先进工艺,生产量大,硬件成本低。同时,由于小型机软件比大型机简单,所以软件成本也低。小型机打开了在控制领域应用计算机的局面,小型机适用于数据的采集、整理、分析和计算等方面。

(4) 微型机。微型机采用微处理器、半导体存储器和输入输出接口等芯片组装而成,使得微型机具有设计先进、软件丰富、功能齐全、价格便宜、可靠性高和使用方便等特点。微型计算机已经极大地普及到家庭,促进着人们的学习、交流和社会的发展。

(5) 工程工作站。工程工作站是 20 世纪 80 年代兴起的面向工程技术人员的计算机系统,其性能介于小型计算机和微型计算机之间。一般具有高分辨率的显示器、交互式的用户界面和功能齐全的图形软件等。

(6) 网络计算机。网络计算机是应用于网络上的计算机。这种机器简化了普通个人计算机中支持计算机独立工作的外部存储器等部件,设计目标是依赖网络服务器提供的各种能力支持,以尽可能地降低制造成本。这种计算机简称为“NC”(Network Computer)。

1.2.2 计算机的应用领域

计算机的应用领域主要包括以下几个方面:

1. 工业应用

(1) 过程控制。在现代化工厂里, 计算机普遍用于生产过程的自动控制。这样可以大大提高产品的产量和质量、提高劳动生产率、改善人们工作条件、节省原材料的消耗、降低生产成本等。用于自动控制的计算机, 一般都是实时控制。它们对计算机的速度要求不高, 但可靠性要求却很高, 否则将生产出不合格的产品, 甚至发生重大设备事故或人身事故。

(2) 计算机辅助设计(CAD)/计算机辅助制造(CAM)。CAD/CAM是借助计算机进行设计/制造的一项实用技术。采用CAD/CAM实现设计/制造过程自动化或半自动化, 不仅可以大大缩短设计/制造周期, 加速产品的更新换代, 降低生产成本, 节省人力物力, 而且对于保证产品的质量有着重要作用。由于计算机具有快速的数值计算、较强的数据处理以及模拟的能力, 因而在船舶、飞机等设计/制造中, CAD/CAM占有越来越高的地位。

(3) 企业管理。现代计算机更加广泛地应用于企业管理。由于计算机强大的存储能力和计算能力, 现代化的企业充分利用计算机的这种能力对生产要素的大量信息进行加工和处理, 进而形成了基于计算机的现代化企业管理的概念。对于生产工艺复杂、产品与原料种类繁多的现代化企业, 计算机辅助管理的意义是与企业激烈的市场竞争中能否生存这个概念紧密相连的。

(4) 辅助决策。计算机辅助决策系统是计算机在人类预先建立的模型基础上, 根据对所采集的大量数据的科学计算而产生出可以帮助人类进行判断的软件系统。计算机辅助决策系统可以节约人类大量的宝贵时间并可以帮助人类进行“知识存储”。

2. 科学计算

科学计算一直是电子计算机的重要应用领域之一。在天文学、核物理学和量子化学等领域中, 都需要依靠计算机进行复杂的运算。

3. 商业应用

用计算机对数据及时地加以记录、整理和运算, 加工成人们所要求的形式, 称为数据处理。数据处理系统具有输入/输出数据量大而计算却很简单的特点。在商业数据处理领域中, 计算机广泛应用于财会统计与经营管理中。

(1) 电子银行。“自助银行”是20世纪产生的电子银行的代表, 完全由计算机控制的“银行自助营业所”可以为用户提供24小时的不间断服务。

(2) 电子交易。“电子交易”是通过计算机和网络进行的商务活动。电子交易是在Internet的广阔联系与传统信息技术系统的丰富资源相结合的背景下, 应运而生的一种网上相互关联的动态商务活动, 是在Internet上展开的。

4. 教育应用

(1) 远程教学。使用计算机的通信功能、利用互联网实现的远程教学是当今教育发展的重要技术手段之一。远程教育可以解决教育资源短缺和知识交流困难等问题。

(2) 模拟教学。对于代价很高的实验教学和现场教学, 可以用计算机的模拟功能在屏幕上展现教学环节, 既达到教学目的, 又节约开支。

(3) 多媒体教学。多媒体技术的应用使得计算机与人类的沟通变得亲切许多。多媒体

教学就是将原本呆板的文稿配上优美的声音、图形、图像和动画等媒体，使教学效果更加生动完美。

(4) 数字图书馆。数字图书馆是将传统意义上的图书“数字化”。经过“数字化”的图书存放在计算机中，通过计算机网络可以同时为更多的读者服务。

5. 生活领域应用

(1) 数字社区。“数字社区”特指现代化的居住社区。连接了高速网络的社区为拥有计算机的住户提供互联网服务，真正实现了“足不出户”就可以漫游网络世界的美好现实。

(2) 信息服务。信息服务行业是 21 世纪的新兴产业，遍布世界的信息服务企业为人们提供着住房、旅游和医疗等诸多方面的信息服务。这些服务都是依靠计算机的存储、计算以及信息交换能力来实现的。

6. 人工智能

人工智能是将人脑中进行演绎推理的思维过程、规则和所采取的策略、技巧等变成计算机程序，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，让计算机具有一定的学习和推理功能，能够自己积累知识，并且独立地按照人类赋予的推理逻辑来解决问题。

综上所述，计算机的应用范围非常广泛。但是我们必须清楚地认识到：计算机本身是人设计制造的，还要靠人来维护，只有提高使用计算机的知识水平，才能充分发挥计算机的作用。

1.3 计算机硬件系统

计算机硬件系统的五大部件中每一个部件都有相对独立的功能，分别完成各自不同的工作。如图 1-1 所示，五大部件实际上是在控制器的控制下协调统一地工作。首先，在控制器输入指令的控制下把表示计算步骤的程序和计算中需要的原始数据，通过输入设备送入计算机的存储器存储。当计算开始时，在取指令作用下把程序指令逐条送入控制器。控制器对指令进行译码，并根据指令的操作要求向存储器和运算器发出存储、取数命令和运算命令，经过运算器计算并把结果存放在存储器内。在控制器的取数和输出命令作用下，通过输出设备输出计算结果。

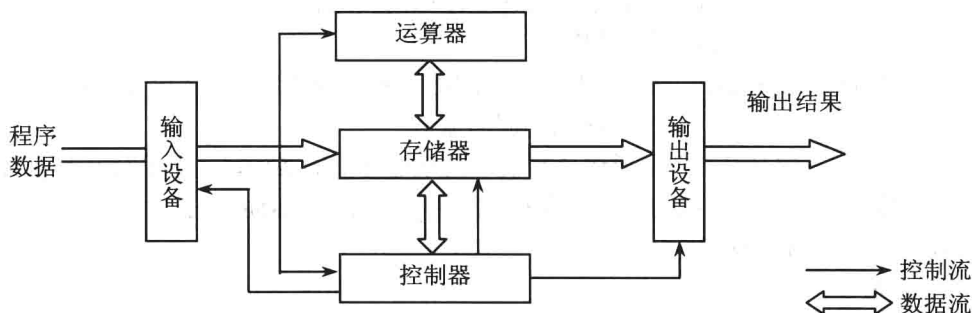


图 1-1 计算机基本硬件组成及简单工作原理

1. 运算器（ALU）

运算器的功能是完成算术运算和逻辑运算。算术运算是指“加”、“减”、“乘”、“除”及它们的复合运算。而逻辑运算是指“与”、“或”、“非”等逻辑比较和逻辑判断。在计算机中，

任何复杂运算都先转化为基本的算术与逻辑运算,然后在运算器中完成。运算器是计算机的核心部件,是对信息进行加工、运算的部件,它的速度几乎决定了计算机的计算速度。

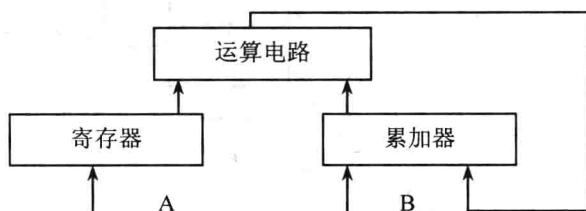


图 1-2 运算器示意图

运算器一般包括算术逻辑运算单元 ALU、一组通用寄存器、专用寄存器及一些控制门,如图 1-2 所示。ALU 进行算术逻辑运算,通用寄存器可提供参与运算的操作数,并存放运算结果。哪些数参与运算,常由输入选择门的控制条件决定。计算机运行时,运算器的操作和操作种类由控制器决定。运算器处理的数据来自存储器,处理后的结果数据通常送回存储器或暂时寄存在运算器中。

2. 存储器

存储器的主要功能是存储程序和各种数据,并能在计算机运行过程中高速、自动地完成程序或数据的存取。

存储器是具有“记忆”功能的设备,它采用具有两种稳定状态的物理器件来存储信息。这些器件也称为记忆元件。在计算机中采用只有两个数码“0”和“1”的二进制数来表示数据。记忆元件的两种稳定状态分别表示为“0”和“1”。

程序和数据在计算机中以二进制的形式存放于存储器中。存储容量的大小以字节为单位来度量。经常使用 KB(千字节)、MB(兆字节)、GB(千兆字节)和 TB(万亿字节)来表示。它们之间的关系是: $1\text{KB}=1024\text{B}=2^{10}\text{B}$, $1\text{MB}=1024\text{KB}=2^{20}\text{B}$, $1\text{GB}=1024\text{MB}=2^{30}\text{B}$, $1\text{TB}=1024\text{GB}=2^{40}\text{B}$,在某些计算中为了计算简便经常把 2^{10} (1024)默认为是 1000。

位(bit):是计算机存储数据的最小单位。机器字中一个单独的符号“0”或“1”被称为一个二进制位,它可存放一位二进制数。8 个二进制位构成一个字节。

字(Word):计算机处理数据时,作为一个整体存入或取出的数据长度称为字。一个字通常由若干个字节组成。

字长(Word Long):中央处理器可以同时处理的数据的长度为字长。字长决定 CPU 的寄存器和总线的数据宽度。现代计算机的字长有 8 位、16 位、32 位、64 位。

为了更好地存放程序和数据,存储器通常被分为许多等长的存储单元,每个单元可以存放一个适当单位的信息。全部存储单元按一定顺序编号,这个编号被称为存储单元的地址,简称地址。存储单元与地址的关系是一一对应的。

对存储器的操作通常称为访问存储器,访问存储器的方法有两种,一种是“写”;另一种为“读”。不论是读还是写,都必须先给出存储单元的地址。来自地址总线的存储器地址由地址译码器译码(转换)后,找到相应的存储单元,由读/写控制电路根据相应的读、写命令来确定对存储器的访问方式,完成读写操作。数据总线则用于传送写入内存或从内存取出的信息。主存储器的结构框图如图 1-3 所示。

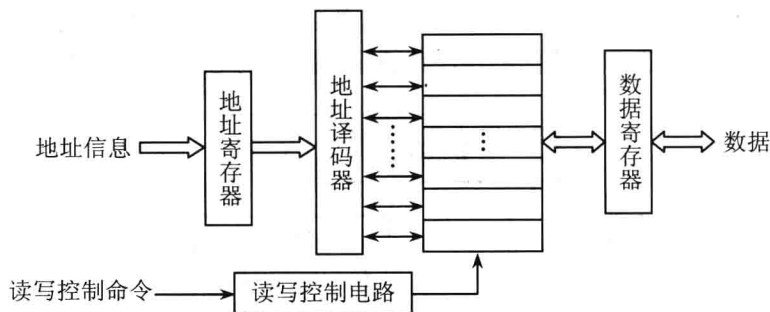


图 1-3 存储器结构图

存储单元：存放一个存储字的若干个记忆单元组成一个存储单元。

存储体：大量存储单元的集合组成存储体。

存储单元地址：存储单元的编号。

字编址：对存储单元按字编址。

字节编址：对存储单元按字节编址。

寻址：由地址寻找数据，从对应地址的存储单元中访存数据。

3. 控制器（CU）

控制器 CU（Controller Unit）是计算机的指挥系统，它的基本功能是从内存取指令和执行指令。指令是指示计算机如何工作的一步操作，由操作码（操作方法）及操作数（操作对象）两部分组成，如图 1-4 所示。

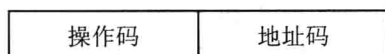


图 1-4 指令格式图

控制器每次从存储器读取一条指令，经过分析译码，产生一串操作命令，发向各个部件，进行相应的操作。接着从存储器取出下一条指令，再执行这条指令，依次类推，通常把取指令的一段时间叫做取指周期，而把执行指令的一段时间叫做执行周期。因此，控制器反复交替地处在取指周期与执行周期之中，直至程序执行完毕，如图 1-5 所示。

计算机使用的信息既有指令又有数据。如果某字代表的要处理的数据，则为数据字；如果某字为一条指令，则为指令字。从形式上看，它们都是二进制数码，似乎很难区分。然而控制器完全可以区分开哪些是指令字，哪些是数据字。一般来讲，取指周期中从内存读出的信息流是指令流，它流向控制器；而在执行器周期中从内存读出的信息流是数据流，它由内存流向运算器。

由于运算器与控制器在逻辑关系和电路结构上联系十分紧密，尤其在大规模集成电路制作工艺出现后，这两大部件往往集成在统一芯片上，即中央处理器 CPU（Central Processing Unit），它是整个计算机的核心部件，是计算机的“大脑”。它控制了计算机的运算、处理、输入和输出等工作。

集成电路技术是制造微型机、小型机、大型机和巨型机的 CPU 的基本技术。它的发展使计算机的速度和能力有了极大的改进。在 1965 年，芯片巨人英特尔公司的创始人戈登·摩尔，给出了著名的摩尔定律：当价格不变时，集成电路上可容纳的晶体管数目，约每隔 18 个月便

会增加一倍,性能也将提升一倍。让所有人感到惊奇的是,这个定律非常精确地预测了芯片的40多年发展。CPU集成的晶体管数量越大,就意味着更强的芯片计算能力。

4. 输入输出设备与适配器

输入设备接受用户输入的原始数据和程序,并将它们转变为计算机能识别的二进制形式存放到内存中。输入设备主要完成输入数据和操作命令等功能,是进行人机对话的主要部件。常用的输入设备有键盘、鼠标、光笔、图形板、扫描仪、跟踪球和操纵杆等。

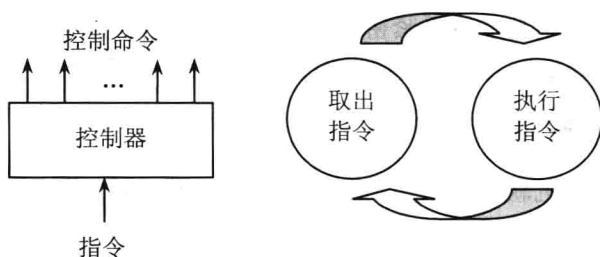


图 1-5 控制器功能示意图

输出设备将存放在内存中由计算机处理的结果转变为人们所能接受的形式。常用的输出设备有显示设备、打印机、音箱和绘图仪等。

计算机的输入/输出设备属于计算机的外围设备。这些外围设备的种类各异而且速度相差很大,因此不能将它们直接与高速工作的主机相连接,而应通过适配器部件与主机相连。适配器相当于一个转换器,可以实现高速 CPU 和低速外设之间工作速度上的匹配和同步,并保证外围设备用计算机系统特性所要求的形式发送和接收信息。

数字计算机是由五大功能部件构成的,这些系统功能部件在一起工作才能形成一个完整的计算机系统。总线是构成计算机系统的互联机构,是多个系统功能部件之间进行数据传送的公共通路。借助于总线连接,计算机在各系统功能部件之间实现地址、数据和控制信息的交换,并在争用资源的基础上进行工作。常见的数据总线有 ISA (Industrial Standard Architecture) 总线、EISA (Extended Industry Standard Architecture) 总线、VESA (Video Electronics Standards Association) 总线和 PCI (Peripheral Component Interconnect) 总线等几种。

1.4 计算机软件系统

1.4.1 计算机软件系统的组成与分类

一个完整的计算机系统包含硬件系统和软件系统两大部分。硬件通常是指一切看得见、摸得到的设备实体,如前面介绍的五大基本部件以及把它们互联成整机的总线。软件是用户与硬件之间的接口界面。用户主要是通过软件与计算机进行交流。计算机软件是指计算机系统内的程序及其文档,程序是计算任务的处理对象和处理规则的描述;文档是为了便于了解程序所需的阐明性资料。程序必须装入机器内部才能工作,文档一般是给人看的,不一定装入机器。

硬件是计算机系统的物质基础,正是在硬件高度发展的基础上,才有了软件赖以生存的空间和活动场所。没有硬件对软件的支持,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”将不能提供给用户使用，犹如一堆废铁。因此，硬件和软件是相辅相成的、不可分割的整体。

计算机软件系统通常分为系统软件和应用软件两部分。

系统软件是指控制和协调计算机及外部设备，支持应用软件开发和运行的系统，是无需用户干预的各种程序的集合。系统软件包括各种操作系统、语言处理程序、数据库管理系统和各种服务性程序等。

应用软件是为了某种特定的用途而被开发的软件。它可以是一个特定的程序，比如一个图像浏览器。也可以是一组功能联系紧密，可以互相协作的程序的集合，比如微软的 Office 软件。还可以是一个由众多独立程序组成的庞大的软件系统，比如数据库管理系统。

1.4.2 计算机软件系统的发展演变

如同硬件一样，计算机软件也是在不断发展的。下面以系统程序为例，简要说明软件的发展演变过程。

早期计算机中，人们直接用机器语言（用 0、1 代码表示的语言）编写程序，这种编写程序的方式称为手编程序。这种用机器语言书写的程序，计算机完全可以“识别”并能执行，所以又叫做目的程序。不同的计算机使用不同的机器语言，程序员必须记住每条及其语言指令的二进制数字组合，因此，只有少数专业人员能够为计算机编写程序，这就大大限制了计算机的推广和使用。用机器语言进行程序设计不仅枯燥费时，而且容易出错。

为了编写程序方便和提高机器的使用效率，人们用一些约定的文字、符号和数字按规定的格式来表示各种不同的指令，然后再用这些特殊符号表示的指令来编写程序，这就是所谓的汇编语言。但计算机只能执行机器语言编写的程序而不能执行汇编语言编写的程序（称为汇编源程序），为此必须借助于一种新程序——汇编程序。借助汇编程序计算机本身自动地把汇编源程序翻译成用机器语言表示的目的程序。

汇编语言与机器语言一一对应，仍然依赖于具体的机型，不能通用，也不能在不同机型之间移植。常说汇编语言是低级语言，并不是说汇编语言要被弃之。相反，汇编语言仍然是计算机（或微机）底层设计程序员必须了解的语言，在某些行业与领域，汇编是必不可少的，非它不可适用。只是，现在计算机最大的领域为 IT 软件，也是我们常说的计算机应用软件编程，在熟练的程序员手里，使用汇编语言编写的程序，运行效率与性能比其他语言写的程序相对提高，但是代价是需要更长的时间来优化。

为由于汇编语言依赖于硬件体系，且助记符量大难记，于是人们又发明了更加易用的所谓算法语言（高级语言）。高级语言主要是相对于汇编语言而言的，它是较接近自然语言和数学公式的编程，基本脱离了机器的硬件系统。高级语言与计算机的硬件结构及指令系统无关，它有更强的表达能力，可方便地表示数据的运算和程序的控制结构，能更好地描述各种算法，而且容易学习掌握。但高级语言编译生成的程序代码一般比用汇编程序语言设计的程序代码要长，执行的速度也慢。所以汇编语言适合编写一些对速度和代码长度要求高的程序和直接控制硬件的程序。高级语言、汇编语言和机器语言都是用于编写计算机程序的语言。

用算法语言编写的程序称为源程序，这种源程序是不能由机器直接识别和执行的，必须给计算机配备一个既懂算法语言又懂机器语言的“翻译”，才能把源程序翻译为机器语言。通常采用下面两种方法：

(1) 计算机配置一套用机器语言写的编译程序，它把源程序翻译成目的程序，然后机器执行目的程序，得出计算结果。但由于目的程序一般不能独立运行，还需要一种叫做运行系统的辅助软件来帮助。通常，把编译程序和运行系统称为编译系统。

(2) 使源程序通过所谓的解释系统进行解释执行，即逐个解释并立即执行源程序的语句，它不是编出目的程序后再执行，而是直接逐一解释语句并得出计算结果。

为了摆脱用户直接使用机器并独占机器这种情况，依靠计算机来管理自己和管理用户，于是人们又创造出一类程序，叫做操作系统。它是随着硬件和软件不断发展而逐渐形成的一套软件系统，用来管理计算机资源（如处理器、内存、外部设备和各种编译、应用程序）和自动调度用户的作业程序，而使多个用户能有效地共用一套计算机系统。

随着计算机在信息处理、情报检索及各种管理系统中应用的发展，要求大量处理某些数据，建立和检索大量的表格。将数据和表格按照一定规律组织起来，使得处理更方便，检索更迅速，用户使用更方便，于是出现了数据库。数据库即为用于数据管理的软件系统，具有信息存储、检索、修改、共享和保护的功能。数据库和数据库管理软件一起，构成了数据库管理系统。

1.4.3 计算机软件系统组成的层次结构

现代计算机系统是一个硬件与软件组成的综合体。由于计算机软件的发展，人们现在可以根据不同的需求利用机器语言、汇编语言和高级语言编写程序；随着计算机硬件的发展，计算机内部向下延伸形成了微程序机器。因此可以把计算机看成是按功能划分的多级层次结构，图 1-6 所示为计算机系统的多级结构。

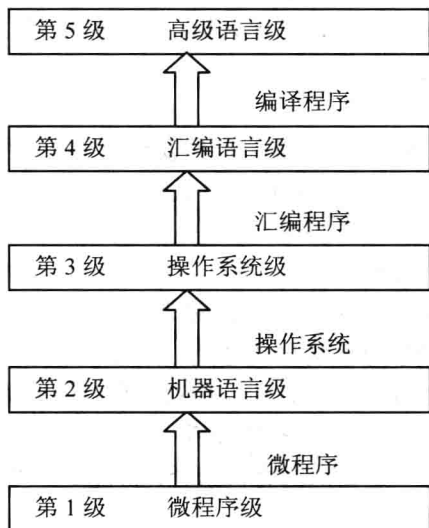


图 1-6 计算机系统层次结构图

第1级是微程序级，这是一个实在的硬件级，它由机器硬件直接执行微指令。

第2级是机器语言级，也是一个硬件级，而且是计算机系统不可缺少的一级，实际上它是 CPU 所配置的机器指令。