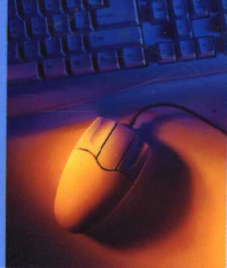




普通高等教育“十五”国家级规划教材



计算机 硬件技术基础

杨根兴 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

计算机硬件技术基础

杨根兴 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,根据教育部高等职业教育计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养指导方案编写。

本书全面系统地介绍了计算机硬件的工作原理,包括组成计算机硬件的各部件的工作原理、结构及采用的技术,特别介绍了PC机中的各种新技术、新器件。全书分为12章,第二至五章介绍了运算器、存储器、控制器的工作原理及采用的硬件技术;第六至九章介绍了总线、外设(含外存)及接口;第十至十二章拓宽了传统硬件部分,介绍了嵌入式系统、网络硬件及微机组装和计算机维修维护常识。本书内容充实,知识面广,体现了当前硬件中的最新技术及发展水平。

本书适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院,也可供示范性软件职业技术学院、继续教育学院、民办高校、技能型紧缺人才培养使用,还可供本科院校、计算机专业人员和爱好者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机硬件技术基础/杨根兴主编. —北京:高等教育出版社,2005.1
ISBN 7-04-015695-4

I. 计... II. 杨... III. 硬件-高等学校:技术学校-教材 IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第123114号

策划编辑 冯 英 责任编辑 彭立辉 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静
版式设计 胡志萍 责任校对 殷 然 责任印制 孔 源

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
排 版	高等教育出版社照排中心		
印 刷	北京铭成印刷有限公司		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2005年1月第1版
印 张	18.75	印 次	2005年1月第1次印刷
字 数	450 000	定 价	23.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号: 15695-00

前 言

计算机硬件技术是计算机技术的一个重要组成部分。不同层次的计算机人才,需拥有不同层次的硬件知识。从某种意义来讲,硬件教学是计算机素质教育的一个重要组成部分。

本教材主要面向高等职业学校的学生。为了适合高职教学,本教材在编写时,注重了以下3个方面:

① 知识面广:使学生能“见多识广”,在将来的工作中对大部分硬件知识有一个起码的了解,需要时可进一步深入学习。

② 知识点新:计算机技术日新月异,硬件技术也发展很快,作者力争在本书中尽可能多地介绍新知识,使学生走上工作岗位时,所学的大多数知识不落后。

③ 难度适当:学生对硬件知识的需求层次,可分为通、懂、知,即掌握(通)最基本的硬件原理知识,基本掌握(懂)一般硬件技术知识,了解(知)一般硬件常识及硬件新技术。因此,为利于学生学习,对一些深奥的原理及理论性问题,只要不是必须掌握的基本原理,均不作介绍,对于必须掌握的基本原理,在阐述时做到深入浅出。

本教材全面系统地介绍计算机硬件的工作原理,包括组成计算机硬件的各部件的工作原理、结构及采用的技术,特别介绍了PC机中的各种新技术、新器件。全书分为12章,第一章介绍硬件技术基本概念及发展;第二章介绍数的表示、基本运算方法及运算器的组成;第三章介绍PC机指令系统及模型机的工作原理;第四章介绍CPU的工作原理及当代CPU采用的先进技术;第五章介绍存储原理、存储系统组织方法以及存储技术的最新发展;第六章介绍总线工作原理及各种总线技术;第七章介绍接口的基本知识及各种外设接口;第八章介绍各种盘(软盘、硬盘、光盘及活动硬盘)及驱动器的结构和采用的新技术;第九章介绍各种常用外设的工作原理及采用的新技术;第十章介绍嵌入式系统的概念以及嵌入式系统的产品、发展与关键技术;第十一章介绍基本网络知识、网络常用的硬件及网络接入技术;第十二章介绍微机组装及硬件维修和软件维护常识。

本书各章都介绍了相关的基本概念、基本原理、基本技术、新技术及其应用,兼顾了理论性及实践性,同时更注重实践性与基本技术。

本书各章均以硬件技术为主题,内容丰富,知识面广,知识点新,不仅可作为高职教材,也可用作本科学生及有关工程技术人员参考书。

本书由杨根兴主编,徐英慧、王小妮、关静丽、杨笠燕参与编写。其中,第二、三章由徐英慧编写,第四、八章由杨笠燕编写,第五、六、七章由关静丽编写,第九、十、十一章由王小妮编写,第一、十二章由杨根兴编写。全书由杨根兴统稿,曹元大教授审阅了全稿。由于编者水平有限,错误及不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2004年8月

目 录

第一章 计算机硬件技术概述	1	3.2.4 控制及状态寄存器	42
1.1 计算机系统简介	1	3.3 指令系统	43
1.1.1 计算机系统概述	1	3.3.1 指令的一般格式	43
1.1.2 计算机的应用	2	3.3.2 寻址方式	46
1.2 计算机硬件	3	3.3.3 操作分类	55
1.2.1 数字计算机的硬件组成	3	3.3.4 80x86 新增指令	76
1.2.2 计算机系统结构的发展	7	3.3.5 指令系统概述	78
1.2.3 计算机硬件在计算机中的作用	8	3.4 计算机的工作过程	79
习题	9	3.4.1 一个简单的计算机模型	80
第二章 运算方法及运算器	10	3.4.2 控制器工作原理简述	81
2.1 计算机中的信息表示	10	3.4.3 典型指令的执行过程	82
2.1.1 二进制数	10	习题	87
2.1.2 数的二进制表示	13	第四章 微型机中的中央处理器 CPU	88
2.1.3 字符的二进制表示	15	4.1 CPU 概述	88
2.2 算术及逻辑运算	17	4.2 CPU 的主要技术参数	90
2.2.1 逻辑运算的方法和实现	17	4.2.1 位、字节与字长	90
2.2.2 算术运算的方法和实现	21	4.2.2 时钟频率、主频、外频及倍频	90
2.3 运算器及其组成原理	30	4.2.3 两级高速缓冲存储器的 容量及速率	92
2.3.1 算术逻辑运算单元的逻辑框图	30	4.2.4 一些其他指标	92
2.3.2 运算器的组成	31	4.3 微处理器中的新技术	93
2.4 浮点运算及浮点运算器	32	4.3.1 流水线技术及超标量技术	93
2.4.1 浮点数的表示	32	4.3.2 Cache 在 Pentium 机中的实现	95
2.4.2 浮点运算法则	33	4.3.3 MMX 技术	98
2.4.3 浮点运算器	35	4.4 RISC CPU	100
习题	36	4.4.1 从 CISC 到 RISC	100
第三章 计算机指令系统及工作原理	37	4.4.2 RISC 机器的特点	101
3.1 内存的组成及读写原理	37	4.4.3 ARM 机器	102
3.1.1 内存的组成	37	习题	104
3.1.2 内存的接口	38	第五章 存储器系统	105
3.1.3 内存的读写	38	5.1 从存储器到存储系统	105
3.1.4 典型内存的分类与技术指标	39	5.1.1 存储器的分类	105
3.2 8086/8088 的寄存器组	40	5.1.2 存储器的主要性能指标	106
3.2.1 数据寄存器	40	5.1.3 存储系统	107
3.2.2 段寄存器	41	5.2 半导体存储器的组成及	
3.2.3 指针及变址寄存器	41		

工作原理	108	7.2.1 RS-232C 的电气特性	157
5.2.1 随机存取存储器 RAM	108	7.2.2 RS-232C 的机械特性	157
5.2.2 只读存储器 ROM	112	7.2.3 RS-232C 的信号定义	158
5.3 Cache-主存系统的简单		7.2.4 RS-232C 的应用	159
工作原理	114	7.3 并行接口	160
5.3.1 Cache 的工作原理	114	7.3.1 并行接口引线的定义	160
5.3.2 主存与 Cache 的地址映像	115	7.3.2 PC 机并行接口标准	161
5.3.3 Cache 与主存的存取一致性	117	7.3.3 PC 机并行端口的配置	163
5.3.4 替换算法	118	7.4 USB 接口	163
5.3.5 PC 中 Cache 技术的实现	119	7.4.1 USB 的发展	163
5.4 虚拟存储器的工作原理	119	7.4.2 USB 的特性	164
5.4.1 虚拟存储器的基本概念	119	7.4.3 USB 系统的硬件和软件组成	164
5.4.2 段式虚拟存储器	120	7.4.4 USB 的连接方法和连接器	165
5.4.3 页式虚拟存储器	121	7.4.5 USB 的数据传输方式和帧格式	166
5.4.4 段页式虚拟存储器	121	7.5 IEEE-1394 接口	167
5.4.5 Pentium 机的虚拟存储器	122	7.5.1 IEEE-1394 的配置结构	167
5.5 存储技术的主流技术	122	7.5.2 IEEE-1394 的主要性能特点	167
5.5.1 各种形式的内存	122	7.5.3 IEEE-1394 的协议集	168
5.5.2 存储技术的发展	127	7.5.4 IEEE-1394 与 USB 性能的比较	168
习题	130	7.5.5 IEEE-1394 的发展	169
第六章 总线	132	7.6 IDE 接口	169
6.1 总线系统	132	7.6.1 IDE 接口简介	169
6.1.1 总线的基本概念	132	7.6.2 各种 ATA 标准版本	170
6.1.2 总线的层次结构	134	7.6.3 串行 ATA	171
6.1.3 系统总线的标准化	135	7.7 SCSI 接口	173
6.1.4 ISA 总线	136	7.7.1 SCSI 的系统结构	173
6.1.5 PCI 总线	137	7.7.2 SCSI 接口信号	174
6.1.6 AGP 总线	141	7.7.3 SCSI 接口的特点	174
6.2 主板	143	7.7.4 SCSI 的版本	175
6.2.1 主板上的主流芯片组简介	143	7.8 红外接口	176
6.2.2 主板的主要组成部件	148	7.8.1 红外通信简介	176
6.2.3 主板的新技术	151	7.8.2 红外接口的优缺点	177
习题	153	7.8.3 红外数据协议	177
第七章 外部设备接口	154	7.8.4 主板红外接口	178
7.1 接口的基本知识	154	7.9 无线接口	178
7.1.1 I/O 接口的功能	154	7.9.1 蓝牙的技术特点	178
7.1.2 CPU 与 I/O 接口间的数据		7.9.2 蓝牙体系结构中的协议层	179
传送方式	155	7.9.3 蓝牙技术的应用	180
7.1.3 PC 机的 I/O 端口地址分配	156	习题	181
7.2 串行接口	157	第八章 外部存储器	183

8.1 硬盘	183	9.4.2 音箱	224
8.1.1 硬盘的发展及分类	183	习题	227
8.1.2 硬盘的构成	184	第十章 嵌入式系统及嵌入式产品	228
8.1.3 硬盘的工作原理	186	10.1 嵌入式系统的概念	228
8.1.4 硬盘的技术参数	188	10.1.1 嵌入式系统的基本概念	228
8.1.5 硬盘技术的最新发展	189	10.1.2 嵌入式系统的特点	229
8.2 软盘	190	10.1.3 嵌入式系统的技术特点	230
8.2.1 软盘的发展及分类	190	10.1.4 嵌入式系统的硬件结构	231
8.2.2 软盘的构成	190	10.1.5 嵌入式操作系统简介	232
8.2.3 软盘的工作原理	192	10.2 嵌入式产品及发展	234
8.2.4 软盘技术的最新发展	193	10.2.1 嵌入式产品	234
8.3 光盘	194	10.2.2 嵌入式系统的现状和发展	235
8.3.1 光盘的发展及分类	194	10.3 掌上电脑及笔记本电脑	236
8.3.2 光盘的构成	196	10.3.1 掌上电脑	237
8.3.3 光盘的工作原理	197	10.3.2 笔记本电脑	238
8.3.4 光驱的主要技术指标	198	10.3.3 掌上电脑与笔记本电脑的比较	239
8.3.5 光盘技术的最新发展	199	10.4 PDA	240
8.4 移动硬盘	200	10.4.1 PDA 的基本组件	240
8.4.1 移动硬盘的发展及分类	200	10.4.2 PDA 的功能介绍	240
8.4.2 移动硬盘的构成	201	10.4.3 PDA 与掌上电脑的区别	241
8.4.3 移动硬盘的主要技术指标	202	10.4.4 PDA 的市场前景	241
8.4.4 移动硬盘技术的最新发展	203	10.5 嵌入式关键技术	241
习题	203	10.5.1 嵌入式系统开发的关键技术	241
第九章 常用外部设备	205	10.5.2 开发过程中的软件移植	242
9.1 键盘和鼠标	205	习题	243
9.1.1 认识键盘	205	第十一章 网络技术	244
9.1.2 认识鼠标	209	11.1 网络基本知识	244
9.2 显示系统	211	11.1.1 网络与 Internet	244
9.2.1 分类	211	11.1.2 网络类型及分类方法	244
9.2.2 工作原理	213	11.1.3 网络分层模型	246
9.2.3 显示器的各种技术指标	213	11.1.4 网络的重要特性	248
9.2.4 显示卡	214	11.2 网络硬件技术及设备简介	249
9.3 打印机	214	11.2.1 网卡	250
9.3.1 打印机分类	214	11.2.2 Hub 与交换机	251
9.3.2 针式打印机	215	11.2.3 路由器	255
9.3.3 喷墨打印机	217	11.2.4 防火墙	257
9.3.4 激光打印机	219	11.3 网络接入技术	261
9.3.5 网络打印机	221	11.3.1 连接网络的软、硬件条件	261
9.4 音频设备	221	11.3.2 网络接入方式	261
9.4.1 声卡	221	习题	271

第十二章 微机的组装与维护	272	12.3 微型机系统的故障诊断与分析	283
12.1 微机系统的部件及组装	272	12.3.1 软件故障的分析方法	284
12.1.1 PC 机的部件	272	12.3.2 硬件故障的分析方法	285
12.1.2 PC 机的组装与调试技术	278	12.4 微型机的维护及其常用	
12.2 微型计算机系统维护与维修		软件工具	287
的基本概念	281	习题	288
12.2.1 微型计算机系统维护与维修的		参考文献	289
基本概念	281		
12.2.2 微型计算机系统的工作环境	282		

第一章 计算机硬件技术概述

本章首先简单地介绍计算机硬件的组成及计算机硬件的发展过程,然后介绍现代计算机的特点及未来计算机的发展趋势,最后从系统结构的角度来观察计算机硬件。

学习目标:

- 掌握计算机系统的组成。
- 掌握计算机硬件、软件、系统软件、应用软件等基本概念。
- 掌握计算机的硬件组成。
- 了解计算机系统结构的发展。

1.1 计算机系统简介

1.1.1 计算机系统概述

1. 计算机软件与硬件

计算机与传统的机器不同,传统机器仅由设备组成,如汽车、机床等,设备制成后,人直接对设备进行操作。可以认为这些机器仅有硬设备(硬件)。而计算机硬设备的全部功能在于自动、高速执行指令,因此人们要完成的工作必须以程序(指令的集合)的方式告诉计算机,计算机执行了程序就完成了工作。这样,人们使用计算机的主要工作实际上成了编制程序。所以,人们称一个计算机系统由硬件(硬设备)及软件(程序系统)组成。

硬件是计算机工作的基础,没有硬件,计算机的工作就失去了舞台。软件是计算机的灵魂,没有软件,就无法利用计算机完成各种工作。

2. 软件的分类与作用

计算机软件通常分为两大类,即系统软件与应用软件。

系统软件是指管理计算机并充分发挥计算机功能、提高计算机工作效率的软件,它通常有如下几类:

- ① 操作系统类:管理计算机,便于用户使用计算机,使其发挥更高效率。
- ② 各类编译程序、解释程序:可方便用户使用计算机,减少编制程序的工作量。
- ③ 各种服务性程序:如诊断程序及压缩、解压缩等工具程序。
- ④ 实用程序:如数据库管理程序、办公软件(Office)等。

应用软件一般是用户为解决某一类问题而编制的软件,如天气预报软件、情报检索软件、地质数据处理软件、科学计算软件等。

随着计算机的不断发展,无论是系统软件,还是应用软件,都在迅速发展。

1.1.2 计算机的应用

计算机从 20 世纪 40 年代起,以异常迅速的速度不断发展,其主要原因在于需求的扩大及其广泛的应用。目前,很难将各种不同的应用限制在几个领域之内,下面仅介绍它的几个主要应用领域。

1. 科学计算领域

计算机发明的初衷,在于科学计算的需求,因此科学计算是计算机最早的应用领域。如,数学、天文学、化学、原子物理学、生物科学等基础科学研究。各种工程设计领域,如建筑设计、机械设计、飞机设计、桥梁设计、光学设计等,也都需要大量的计算。在许多计算领域中,计算工作量之大,令人工计算望而却步,而使用计算机却可以轻而易举地完成。

2. 工业控制领域

在控制领域中,计算机具有精度高和速度快的优点,使原来难以想像的控制过程可高质量地完成。国内外在各个控制领域中都有很多新的研究成果,如机械领域内的数控车床、柔性加工系统等;石油化工行业的石油裂解及煤气生产控制、水泥全自动生产控制;冶金行业的高炉自动配料及控制系统、电弧炉的自动控制、轧钢机的自动控制系统;轻工纺织中提花织机的自动控制、照相制版的自动控制;交通邮电中的城市交通控制、大型车站自动化调度、邮件自动分拣;水力电力方面的城市供水、供电自动控制系统、电站远程调度控制系统;等等。计算机在自动控制领域中,提高了产品的精度和质量并降低了成本。使用计算机控制,是工业现代化水平的标志。

3. 测量及测试

计算机在测量与测试领域同样大有作为。

在测量领域中,利用计算机速度快、精度高的优点,将传感器采样得到的物理量转换为数字量,并可以用数字显示的方法精确地表示出来。如“非典”期间,我国研究的非接触式自动测试体温计,它以很高的速度,将人流中所有人的体温测试出来,发现体温异常的人即予以报警。

生产线上的自动测试也是十分重要的,如电子器件(如电阻、电容)的生产,要求该生产线既要保障的电阻值、电容值要在一定的误差范围内,又要高速生产,此时计算机测试系统就成了生产线的关键技术之一。

4. 信息处理

信息处理是当前计算机应用的最大领域。信息处理领域相当广泛,特别是网络的推出,大大推动了计算机在信息领域的使用。网络的触角伸到何处,计算机信息处理就延伸到何处,在某种程度上说,网络就是计算机。目前,信息领域中特别活跃的领域有以下几个:

(1) 商务信息处理

电子商务系统正在以越来越快的速度影响着人们的生活。在电子商务系统中,电子货币、电子银行、网上交易是商业交易的关键技术。网络商店、网上支付等新的购物方式,正在被人们所接受。用 POS 机取款已成为人们习惯的取款方式,其他诸如订票系统、税收系统等,也在逐步普及推广。

(2) 电子政务系统

政府部门为了提高办公效率,使政务公开,政策、法律、法规公开,正在积极推行电子政务系统。利用电子政务系统,可使政府与百姓之间的信息渠道畅通并大大提高政府的办事效率,满足

现代化社会的需要。如,工商系统申报一个新办企业,只要将申办材料经计算机网络传送给审批者,审批者即可按规定的程序审批,不仅大大提高了办事效率,而且对廉政建设也大有好处。

(3) 其他管理领域的应用

管理信息系统(MIS)已相当普及,各个领域内的 MIS 系统都经过了正规设计并成为各个管理部门重要的不可脱离的管理工具。

如企业管理、物资管理、物流管理、人事管理等,凡有一定管理规章制度的部门,都可将这些规章制度融入管理信息系统中,以达到高效、省人力、降低管理成本的目的。

5. 教育与卫生事业

现代化的教育与教学手段离不开计算机,计算机辅助教学正逐步被普及。一些抽象的、难于用语言描述的概念,被计算机用图文并茂的形式及动画等多媒体手段展示出来,使受教育者易于接受。

卫星教育、远程终端教育,也在使越来越多的人受益,使人们可以从多种渠道获取知识,降低了教育成本,提高了教育效率。

在医疗卫生领域,计算机也起着十分重要的作用。各种使用计算机的医疗电子设备,如心电图分析仪、CT 图像处理设备、血液分析仪等,不胜枚举,它们为辅助诊断起到了重要的作用。此外,在各种医疗专家系统、微型外科手术系统、远程诊疗系统等,也发挥着重要的作用。

6. 人工智能

目前,在大多数领域中电脑仍无法与人脑相比,例如在图像识别、判断推理、决策、声音识别等方面。归根到底,在于计算机毕竟是机器,它只能按照人们指定的程序工作,而没有所谓的“智能”。除非给予它的程序本身就带有智能,由计算机执行带有智能的程序,计算机才会有智能。

人们可编制下棋程序,在下棋时,首先让机器懂得下棋的规定,其次,让机器根据一次的得失规律予以判断,在走哪一步棋棋局变化将符合得失规律,以决定如何行棋。人们编制的程序所带智能越强,机器下棋的功能也就越强。

人们还用一些专家系统来指导计算机思考问题,如专家诊断系统,可辅助资浅医生应用多个资深医生的看病经验,取得了较好的效果。

人脑之所以有智能,还在于能学习,能不断地使用已有的知识创造新的知识。让计算机也能学习,也能在学习中不断总结经验,是人们正在进行的尝试。

可以预测,随着人工智能的深入研究,计算机技术定会走上一个新的台阶。

1.2 计算机硬件

1.2.1 数字计算机的硬件组成

数字计算机的工作原理,有些类似于打算盘进行计算。例如,求 $Z = X + Y$,一般的解题步骤如下:

行数	步骤	操作	说明
1	1	取数, 将(X)→算盘	从第7行取数据
2	2	求和, 将(Y)→算盘	加上第8行数据
3	3	存数	存至第9行
4	4	输出	将算盘数字写给人看
5	5	停止	运算完毕, 停止
6	6	空	—
7	5		数据 X
8	7		数据 Y
9	—		数据 Z

与人们解题步骤相对应, 计算步骤实际上对应了程序。计算程序在这里是放在纸上, 在电脑是放在存储器中。算盘为运算工具, 在电脑可由运算器解决。人脑相当于电脑的控制单元, 根据预先列好的步骤进行运算, 即可得到结果。

计算机在模仿人脑的运算过程中, 关键在于让计算机按事先规定好的步骤去执行。这些步骤, 为不可再分的小步骤, 在计算机中称之为指令。计算机就是一种执行指令的机器。人们想完成的动作以指令的方式编制为程序后, 通过电脑执行即可完成。

计算机的硬件组成如图 1.1 所示。

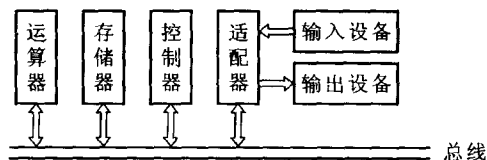


图 1.1 计算机的硬件组成

下面分别进行简单讨论组成计算机硬件的各个部分。

1. 运算器

运算器实质上是由电子器件构成的计算工具, 其功能相当于日常生活中的算盘可完成算术运算(加、减、乘、除)和逻辑运算, 称为算术逻辑单元(ALU)。

在实践中发现, 用二进制进行运算, 比用十进制运算更容易实现, 其原因主要在于: ① 运算量的表示, 十进制时需要 10 个状态, 0, 1, 2, ..., 9, 这样的运算量较难找到; 而二进制仅需要两个状态, 即 0 和 1。自然界中存在的两种对立的状态, 如电位的高与低, 信号的有与无, 都可以用二进制中的数字来表示。② 二进制运算规律简单, 容易用逻辑电路实现。如, 二进制的加法运算, 可有以下 4 种规则:

$$0 + 0 = 0 \quad 0 + 1 = 1 \quad 1 + 0 = 1 \quad 1 + 1 = 10$$

这类运算是很容易用逻辑电路加以实现的。相比之下, 十进制运算则复杂得多, 难以用逻辑电路实现。

二进制数与十进制数一样, 在表示时, 数的位数越多, 其精度越高, 但使用的电子器件也越多。因此, 二进制数的位数, 总是按需要设置的。现代计算机的位长都有固定的长度档次, 如 8

位、16 位、32 位、64 位等。

2. 存储器

存储器的功能是“记忆”解题步骤及数据,包括原始数据、中间结果及最终结果。解题步骤可称之为“程序”,计算机在解题前,一般已将解题步骤和数据保留在存储器中。

实际上,对存储器而言,无论是程序还是数据,都是经过编码的二进制代码。我们将最小的存储信息,即一个二进制位的信息,称为一个存储元。若干个存储元,按一定的规则组成一个存储单元。存储单元可表示为一些简单的信息,如指令、数据等。一个存储器由许多存储单元组成,为了区分这些存储单元,可将这些存储单元编号,把这种编号称为“地址”。地址与存储单元的对应关系,好像旅馆中的房间号与房间的对应关系。房间中有若干个床位,每个房间一定数目的床位可住一定数目的客人,正如每个存储单元中一定的存储单元可存储一定的信息位一样。

当一个存储单元有 8 个二进制位时,称之为一个字节(Byte),用 B 表示。存储器中所有存储单元的总数,称为存储器的存储容量。通常用 KB(2^{10} B),MB(2^{20} B)来表示。存储容量的大小与存储器记忆储存的信息相关。

可以用各种不同的介质组成存储器,如半导体存储器、磁盘存储器、光盘存储器等。半导体存储器的存储速度快,但每位价格高,因而存储容量不能太大,适用于作为与控制器直接打交道的内存储器,而将容量更大的磁盘存储器和光盘存储器作为外存储器。

3. 控制器

控制器控制计算机各个部件有序地进行工作,其主要任务是:从存储器的一边取出计算程序,另一边执行程序。

(1) 指令

由于运算器只能执行加、减、乘、除及其他一些简单操作,对于一些比较复杂的运算,还需要人将其分解为一步步简单的基本运算来进行,人们将这些基本操作称之为指令。将一个复杂的问题化解为一系列基本操作的过程,称为编制程序。

指令使计算机可以完成基本操作,它明确地告诉控制器进行什么操作及与此操作相关的数在何处。这样,指令就分为两部分,前者为操作码,表示进行什么操作;后者为地址码,指出与此相关的操作数在何处。

在上述操作中,还可以为每一个基本操作设计一条与此相对应的指令,如表 1.1 所示。

表 1.1 指令操作码

指令	操作码
加法	001
减法	010
乘法	011
除法	100
取数	101
存数	110
输出	111
(等待)停机	000

操作码用二进制定义,不同的操作用不同的操作码。这样,前面的操作,还可进一步将它的解题步骤用指令来表示。例如,将 $Z = X + Y$ 表示为指令序列,如表 1.2 所示。

表 1.2 计算 $Z = X + Y$ 的指令序列

序号	含义	指令	助记符	说明
1	取数(取 X)	101 0111	LOAD A,X	X 在 0111 单元
2	加法(+Y)	001 1000	ADD A,Y	Y 在 1000 单元
3	存数(将 $X + Y$ 存 Z)	110 1001	STORE A,Z	Z 在 1001 单元
4	等待(停机)	000 0000	HALT	
5		空		
6		空		
7	X 的值 5	0000101	X DB 5	
8	Y 的值 6	0000110	Y DB 6	
9	Z 的值		Z DB ?	

在表 1.2 中,第 3 栏为指令(以二进制表示),在指令二进制码中,可将其分为两部分并故意在这两部分中留一个空白,空白前表示操作码,空白后表示地址码。二进制指令是计算机可识别、可执行的指令。第 4 栏为助记符,以人们易于理解的符号来取代枯燥且难以记忆的二进制指令(即机器语言)。助记符不仅可取代二进制操作码,并且可取代二进制地址码。如 7 号单元为 X,在指令中以 X 取代了 0111。第 4 栏所示指令,通常称之为符号指令。它显然比第 3 栏的指令易读、易懂、易修改,但它不能被计算机直接识别和执行,必须“翻译”成第 3 栏的指令方可执行。这种做翻译工作的程序,称为汇编程序。它的功能是将用符号指令(经进一步扩展可成为汇编语言指令)编写的源程序(也可称为汇编语言源程序)翻译为机器指令(也称机器代码)。

(2) 控制器的基本任务

计算机的功能在于顺序地识别及执行指令,而完成识别指令并发布相应控制命令的器件正是控制器。

控制器从内存给定的位置(地址)取出指令,送至译码器中译码,从而识别出操作码(进行什么操作)及地址码(参与该操作的操作数在何处),接着发出完成该操作的各种操作命令,指挥全机完成指令。

可将上述步骤归纳为两步:第 1 步为取出指令,通常将这一阶段称为取指阶段,这一段时间为取指周期;第 2 步为执行指令,这一阶段称为执行阶段,这一段时间称为执行周期。在执行阶段中,已为下一条指令的取出作好了准备(即已准备好下一条指令的地址)。这样,计算机就不断地取出指令,执行指令,通过执行指令完成整个程序。

通常,运算器与控制器合在一起称为中央处理器,简称 CPU。而 CPU 及存储器合在一起,称为主机。

(3) 指令流与数据流

在存储器中,既可存储指令,也可存储数据,即一个存储单元(可称为一个存储字)既可以是

指令字,也可以是数据字。只有处理器可分辨其为指令字还是数据字。一般而言,在取指阶段取出的存储字为指令字,而在执行阶段取出的存储字为数据字。实际上,计算机执行指令的过程可抽象为读出并执行指令流,加工数据流。

4. 适配器及 I/O 设备

理想的计算机应该能看、能听、能说话,但目前计算机系统还达不到如此高的“境界”。人们现在还只能用通常的输入、输出设备工作,如鼠标、键盘、显示器、激光打印机、绘图仪等,这些设备通常称为外围设备。这些外围设备有高速的,也有低速的;有机电为主的,也有全电子的。它们种类繁多且速度各异,很难与高速的计算机主机相匹配。为了使主机可高速地、尽量少地受到干扰而运行,同时使主机可方便地指挥外围设备同时运行,人们借助于适配器,将主机与外设联系在一起。适配器是一种转换器,它在主机与外设间搭起桥梁,将主机对外设的需求、控制信号转达给外设,又将外设的状态、需求报告给主机。适配器要适应各种不同的情况,因此,人们在设计外设时也设计出各种不同的适配器。

5. 总线

总线用来连接计算机系统的各个部件,如图 1.1 所示。

总线在计算机中的地位如同城市中的交通系统一样。城市中的交通系统,是城市活力的需求,对城市各部分的功能起着保障的作用。计算机中的总线连接各个部件(运算器、控制器、存储器及适配器),是各部件之间的信息交换渠道。借助于总线,在各系统部件之间传递地址、数据、控制信号等信息,使整个计算机系统有条不紊地工作。如同现代交通在现代城市中起的作用一样,总线的作用也越来越大,成为提高计算机整体性能的关键部件。

1.2.2 计算机系统结构的发展

计算机硬件也在随着计算机的需求而发展,它的进步主要表现在两方面,一是以集成电路为标记的器件的进步与发展,二是系统结构的进步与发展。前者对计算机硬件发展的作用是显而易见的,后者的作用尽管不明显,但是实际上起的作用更大。如,要花相当多的时间,才能使 CPU 的性能成倍提高,但在引入流水线的设计思想后,可以很快地用同样先进的器件,使计算机的性能提高数倍。又如,要将主存的容量扩大 10 倍,需要 10 倍的价格,但是引入了虚拟存储器的概念和结构后,就可以用较低的价格使主存在使用时的实际解决问题的存储器容量与用硬件扩充 10 倍的存储容量相当。在计算机发展史中,人们经历了以下 5 代变化。

世界上第一台电子数字计算机是 1946 年在美国宾夕法尼亚大学制成的。这台机器用了 18 000 多个电子管,占用长度超过 30 m 的房间,重量达 30 t,而运算速度只有 5 000 次/秒。从今天的眼光看,这台计算机耗费既大又不完善,但却是科学史上一次划时代的创新,它奠定了电子计算机的基础。自从这台计算机问世以来,从使用的器件角度来说,计算机的发展大致经历了 5 代的变化。

第 1 代为 1946 年开始的电子管计算机,计算机运算速度一般为每秒几千次至几万次,体积庞大,成本很高,可靠性较低。在此期间,形成了计算机的基本体系。同时,程序设计也开始起步,计算机在一些科学计算领域的应用得到了长足的发展,(确定了程序设计的基本方法),“数据处理机”开始得到应用。

第 2 代为 1958 年开始的晶体管计算机,运算速度提高到每秒几万次至几十万次,可靠性提

高,体积缩小,成本降低。在此期间,“工业控制机”开始得到应用,应用领域从科学计算扩大到工程领域。

第3代为1965年开始的中小规模集成电路计算机。可靠性进一步提高,体积进一步缩小,成本进一步下降,速度提高到每秒几十万次、几百万次。在此期间形成机种多样化,生产系列化,使用系统化, (“小型计算机”开始出现),应用系统多样化,特别是信息处理领域开始大量使用计算机。

第4代为1971年开始的大规模和超大规模集成电路计算机,可靠性更进一步提高,体积更进一步缩小,成本更进一步降低,速度提高到每秒几百万次至几千万次。由几片大规模集成电路组成的“微型计算机”开始出现。

第5代为1986年开始的巨大规模集成电路计算机,运算速度提高到每秒几亿次至上百亿次。由一片巨大规模集成电路实现的“单片计算机”开始出现。

总之,从1946年计算机诞生以来,大约每隔5年运算速度提高10倍,可靠性提高10倍,成本降低10倍,体积缩小10倍。从20世纪70年代以来,计算机的生产数量每年以25%的速度递增。

正是由于生产、科研、应用的飞速发展,促使计算机的系统结构不断完善,形成了当代计算机的体系结构形式。50多年来计算机体系结构的发展过程,是在冯·诺依曼型结构的基础上,围绕如何提高速度,扩大存储容量,降低成本,提高系统可靠性和方便用户使用为目的,不断采用新的器件和研制新的软件的过程。就系统结构本身来说,主要是指令系统、微程序设计、流水线结构、多级存储器体系结构、输入/输出体系结构、并行体系结构、分布式体系结构、多媒体体系结构、网络体系结构等得到长足的发展,同时在软件领域与系统结构相适应(操作系统和数据库管理系统的形成和发展)。

随着社会需求的不断增长和微电子技术的不断发展,计算机的系统结构仍在继续发展,其发展趋势是:

① 由于计算机网络和分布式计算机系统能为信息处理提供廉价的服务,因此计算机系统的进一步发展,“三网合一”(电信网、电视网、互联网),将进入以通信为中心的体系结构。

② 计算机智能化将进一步发展,各种知识库及人工智能技术将进一步普及,人们将用自然语言和机器对话。计算机从以数值计算为主过渡到以知识推理为主,从而使计算机进入知识处理阶段。

③ 随着大规模集成电路的发展,不仅用多处理机技术来实现并行计算机的功能,而且会出现计算机的动态结构,即所谓模块化计算机系统结构。

④ 多媒体技术将有重大突破和发展并在微处理器、计算机网络与通信等方面引起一次重大变革。

1.2.3 计算机硬件在计算机中的作用

计算机与其他设备不同之处在于它不仅要有硬设备,而且还要有程序,即所谓的软件,才能工作。计算机系统指的就是二者有机的结合。毫无疑问,这两者缺一不可。没有硬件,软件就没有了生存的舞台,无法发挥作用;反之,没有软件,计算机就等于没有灵魂,除了一些简单的应用外,也不能充分发挥其应有的功能。

通用计算机追求的性能,是速度快、容量大、可靠性高和价格低、体积小,为软件提供更好的舞台。

人们在注重通用机的发展过程中,已逐渐将目光扩大到一些专用领域。专用机在近年来也得到飞速的发展,如数据通信领域内的数据通信机,工业控制领域内的工控机,军工领域内的军用机等,这些机器的特点是在某一个领域内发挥作用。如工控机,对它的要求是可靠、实时反应,这样在硬件设计中必须对可靠性、实时性予以足够的重视,而对存储数据等方面,则可降到较一般的位置。

嵌入式系统作为计算机的一个发展分支,近十几年来,异军突起,独树一帜,在计算机产业中占有特殊的地位。

嵌入式系统以计算机技术作为支撑技术,以应用为中心,将一个软、硬件结合的专用产品嵌入到特殊的应用中。从用户观点来看,分不出什么是硬件、软件,甚至不知道里面有计算机,而只是一个产品。嵌入式系统的产品不胜枚举,如手机、呼机、PDA、交换机、路由器、机顶盒等。嵌入式系统的一个显著特点是软、硬件更紧密地联系在一起,软中有硬,硬中有软,以一体化的形式提供给用户。

习 题

1. 计算机硬件由哪些部件组成?
2. 简述计算机发展史及亲身感受计算机及其部件的发展的例子。
3. 什么是指令,指令的格式是什么?
4. 试述控制器的作用及工作原理。
5. 试举出在日常生活中接触到的计算机应用实例。